



Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Pusat Penelitian Limnologi

PROSIDING SEMINAR



**Mitigasi Kerusakan Ekosistem
Perairan Danau Prioritas Nasional
Berdasarkan Tinjauan Limnologis
Untuk Mendukung
Pembangunan Berkelanjutan**

IPB International Convention Center

Bogor | 16 Juli 2012



Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Pusat Penelitian Limnologi

PROSIDING SEMINAR

PENYUNTING :

Dr. Chyntia Henny, M.Sc

Drs. M. Fakhrudin, M.Si

Dr. Ir. Syahroma Husni Nasution, M.Si

Drs. Tjandra Chrismadha, M.Sc



**IPB International Convention Center
Bogor | 16 Juli 2012**

KATALOG DALAM TERBITAN

Seminar Nasional Limnologi VI (2012 Juli 16 : Bogor)

Prosiding. – Bogor : Pusat Penelitian Limnologi
LIPI, 2012.
766 hal.

1. Limnology.- Congresses. 2. National Priority Lakes – Congresses
3. Freshwater Lakes – Congresses 4. Mitigation on Lakes – Congresses
5. Water Resources – Congresses 6. Ecosystem Damage – Congresses
I. Judul II. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Pusat Penelitian Limnologi.

ISBN 978-979-8163-17-3

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya, prosiding Seminar Nasional Limnologi Tahun 2012 dapat diselesaikan dengan baik. Kami menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu proses awal penyusunan prosiding seminar ini hingga terselesaikannya prosiding ini, terutama seluruh sivitas Pusat Penelitian Limnologi LIPI dan tim *reviewer*.

Naskah yang terangkum dalam prosiding ini sebanyak 58 buah. Secara keseluruhan, naskah dengan topik biodiversitas berjumlah 6 naskah, ekologi dan daerah tangkapan air 24 naskah, restorasi 2 naskah, pengelolaan perikanan 13 naskah, mitigasi bencana 8 naskah, dan topik sosial kemasyarakatan sebanyak 5 naskah. Apabila dibagi menurut topik danau prioritas nasional dan non danau prioritas, 71% naskah dalam prosiding mengangkat masalah danau prioritas sebagai obyek tulisan dan 29% naskah mengangkat topik non danau prioritas. Walaupun tema utama dalam seminar nasional limnologi kali ini tertuju pada danau prioritas nasional, pihak panitia memutuskan untuk memberikan kesempatan bagi naskah dengan topik non danau prioritas dimasukkan dalam prosiding ini dengan harapan terdapat suatu adopsi dan manfaat yang dapat diambil untuk pengelolaan danau prioritas di masa datang.

Akhir kata, kami berharap, prosiding Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012 ini dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang limnologi serta bermanfaat untuk pengelolaan danau prioritas demi pembangunan yang berkelanjutan. Tak lupa kami sampaikan mohon maaf apabila dalam proses penyelesaian hingga terselesaikannya prosiding ini masih ditemui berbagai kekurangan dan semoga dapat menjadi bahan evaluasi yang berarti bagi kami di masa datang.

Bogor, Desember 2012

Seksi Makalah

Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Susunan Panitia Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012	viii
Sambutan Ketua Panitia Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012	ix
Sambutan Kepala LIPI	xii
Pembicara Kunci I <i>Prof. Takehiko Fukushima (Tsukuba University, Japan)</i>	xvi
Pembicara Kunci II <i>Ir. Arif Yuwono, M.A (Kementerian Lingkungan Hidup)</i>	xxix
Pembicara Kunci III <i>Ir. Diah Indrajati, M.Sc (Kementerian Dalam Negeri)</i>	xxxv
DAMPAK PENGGUNAAN LAHAN DAERAH TANGKAPAN DAN PEMANFAATAN PERAIRAN DANAU PADA EUTROFIKASI DAN KEBERLANJUTAN DANAU TONDANO, PROVINSI SULAWESI UTARA <i>Sudarmadji, Sofia Wantasen dan Slamet Suprayogi</i>	1
PERAN SUMBER DAYA PERIKANAN DALAM PENGEMBANGAN WILAYAH PERDESAAN DI DANAU SEMAYANG-MELINTANG <i>Tjandra Chrismadha, Lukman, Triyanto, M Fakhruddin</i>	17
MITIGASI DANAU EUTROFIK : STUDI KASUS DANAU RAWAPENING <i>Tri Retnaningsih Soeprubowati</i>	36
PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING ONLINE DAN PERINGATAN DINI BENCANA LINGKUNGAN : (Studi Kasus di Danau Maninjau) <i>M. Fakhruddin, Ika A.S, Tjandra C, A. Hamid, Foni A.S, Endra T, dan Kodarsyah</i>	49
PERTIMBANGAN DALAM PENGEMBANGAN BUDIDAYA IKAN PADA KARAMBA JARING APUNG DI DANAU TOBA <i>Lukman, Iwan Ridwansyah, Sulung Nomosatryo, Muhammad Badjoeri, Syahroma Husni Nasution, Rahmi Dina</i>	65
IDENTIFIKASI SISTEM PENGUASAAN SUMBERDAYA TRADISIONAL GUNA MEMAHAMI KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT SEKITAR DANAU KERINCI <i>Ary Wahyono</i>	79

DINAMIKA SULFIDA DI DANAU MANINJAU : IMPLIKASI TERHADAP PELEPASAN FOSFAT DI LAPISAN HIPOLIMNION <i>Cynthia Henny dan Sulung Nomosatryo</i>	91
PEMILIHAN POTENSI ZONA INTI UNTUK MENYUSUN KONSEP KONSERVASI SUMBERDAYA IKAN ENDEMIK DI DANAU TOWUTI <i>Syahroma Husni Nasution, Iwan Ridwansyah, Sulastri, Siti Aisyah</i>	107
IDENTIFIKASI KERENTANAN LAHAN DI DAERAH TANGKAPAN AIR SEBAGAI DASAR PELESTARIAN DANAU RAWA PENING <i>Paimin, Agus Wuryanta dan Ugro Hari Murtiono</i>	125
ANALISIS KERENTANAN SOSIAL EKONOMI KELEMBAGAAN UNTUK MITIGASI KERUSAKAN EKOSISTEM DANAU BATUR BALI <i>C.Yudilastiantoro dan S. Andy Cahyono</i>	136
STUDI PENGEMBANGAN PEMANFAATAN DANAU RAWADANAU DI PROVINSI BANTEN UNTUK BUDIDAYA PERIKANAN DAN EKOWISATA <i>Rostika, R., Avenzora, R., Masyamsir, Yustiati, A.</i>	151
SUMBER-SUMBER SEDIMENTASI DI DTA WADUK GAJAHMUNGKUR, WONOGIRI <i>Irfan Budi Pramono</i>	162
KARAKTER LIMNOLOGIS PERAIRAN EMBUNG DI LOMBOK TENGAH, NUSA TENGGARA BARAT <i>Fachmijany Sulawesty, Tjandra Chrismadha, Awalina Satya, Gunawan P. Yoga, Yayah Mardiaty, Endang Mulyana dan Mey R. Widoretno</i>	170
KELAYAKAN PERAIRAN WADUK PANGLIMA BESAR SOEDIRMAN BANJARNEGARA BAGI KEGIATAN PERIKANAN <i>Endang Widyastuti, Sukanto, Siti Rukayah</i>	183
KONSEP PENGELOLAAN SUMBERDAYA IKAN DAN LINGKUNGANNYA DI DANAU MANINJAU, SUMATERA BARAT <i>Sulastri</i>	202
KOMPARASI INDEKS KEANEKARAGAMAN DAN INDEKS SAPROBIK PLANKTON UNTUK MENILAI KUALITAS PERAIRAN DANAU TOBA PROPINSI SUMATERA UTARA <i>Effendi Parlindungan Sagala</i>	220
ANALISIS PERUBAHAN PENUTUP LAHAN DI DAERAH TANGKAPAN AIR SUB DAS TONDANO TERHADAP KUALITAS DANAU TONDANO MENGGUNAKAN DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH <i>Tatik Kartika, I Made Parsa, Sri Harini</i>	234

LAJU DEKOMPOSISI PADATAN TERSUSPENSI DI PERAIRAN DANAU TOBA Studi kasus: Di Karamba Jaring Apung <i>Muhammad Badjoeri dan Yayah Mardiaty</i>	245
PEMANFAATAN SEDIMEN KJA DANAU MANINJAU UNTUK MEMPRODUKSI <i>Chlorella</i> sp <i>Elfrida, Lisa Deswati, Bahagia Fitri</i>	256
HASIL TANGKAP IKAN DAN KARAKTERISTIK LINGKUNGAN DANAU SENTARUM DAS KAPUAS KALIMANTAN BARAT <i>Emmy Dharyati</i>	269
FUNGSI STRATEGIS DANAU BATUR, PERUBAHAN EKOSISTEM DAN MASALAH YANG TERJADI <i>Ni Komang Suryati dan Samuel</i>	287
ANALISIS STATUS KEBERLANJUTAN UNTUK PENGEMBANGAN PENGELOLAAN PADA DANAU LIMBOTO PROVINSI GORONTALO <i>Hasim, Asep Sapei, Sugeng Budiharsono dan Yusli Wardiatno</i>	296
INUNDATION AND WATER LEVEL DYNAMICS OF THE MAHAKAM CASCADE LAKES FROM SATELLITE RADAR AND ON-GROUND OBSERVATIONS <i>Hidayat, F. Setiawan, U. Handoko, D.H. Hoekman, M.A.M. Vissers, A.J.F. Hoitink</i> ..	307
AQUATIC MACROPHYTES BIODIVERSITY IN LAKE RAWA PENING, INDONESIA <i>Riky Kurniawan, Jun Nishihiro, Ivana Yuniarti</i>	318
KAJIAN METODE PENENTUAN LUAS PERMUKAAN AIR DANAU DAN SEBARAN VEGETASI AIR BERBASIS DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH <i>Bambang Trisakti</i>	327
PEMANTAUAN PERUBAHAN KUALITAS DANAU SELAMA PERIODE 1990-2011 MENGGUNAKAN CITRA SATELIT MULTI TEMPORAL <i>Bambang Trisakti dan Gagat Nugroho</i>	342
PEMANTAUAN LUAS RAWA PENING PERIODE 1992, 2001 dan 2006 BERBASIS DATA LANDSAT-TM DAN IKONOS <i>Nana Suwargana</i>	352
DAMPAK MUSIM HUJAN TERHADAP POLA SEBARAN TSM (TOTAL SUSPENDED MATTER) DI DANAU LIMBOTO GORONTALO MENGGUNAKAN DATA LANDSAT-TM <i>Nana Suwargana, Susanto</i>	363

LOBSTER AIR TAWAR, <i>Cherax quadricarinatus</i>, JENIS ASING BARU DI PERAIRAN DANAU MANINJAU, SUMATERA BARAT <i>Rahmi Dina, Daisy Wowor dan Agus Hamdani</i>	377
KAJIAN KUALITAS PERAIRAN DAN POTENSI PRODUKSI SUMBER DAYA IKAN DI DANAU BATUR, BALI <i>Danu Wijaya, Agus Arifin Sentosa, Didik Wahyu Hendro Tjahjo</i>	386
KONDISI POPULASI, KONDISI EKOLOGIS, DAN POTENSI UDANG <i>Macrobrachium sintangense</i> STUDI KASUS WILAYAH BOGOR-JAWA BARAT DAN BREBES-JAWA TENGAH <i>Djamhuriyah S.Said, Miratul Maghfiroh, Daisy Wowor dan Triyanto</i>	400
POTENSI PASOKAN AIR KE DANAU RAWA PENING PADA MUSIM KEMARAU <i>Ugro Hari Murtiono dan Paimin</i>	412
EVALUASI KESEIMBANGAN FOSFOR DI DANAU TOBA <i>Lukman</i>	423
POLA PEMANFAATAN PERIKANAN OLEH MASYARAKAT SELINGKAR DANAU TOWUTI <i>Rahmi Dina, Sonny Koeshendrajana, Sulastri, dan Syahroma H. Nasution</i>	433
PREDIKSI ERODIBILITAS DAN PENGARUH PEDOGENESIS TANAH TERHADAP SEDIMENTASI DI DAS LIMBOTO <i>Meti Yulianti dan Dini Daruati</i>	446
PENGUKURAN DAN EVALUASI KUALITAS AIR DALAM RANGKA Mendukung Pengelolaan Perikanan di Danau Limboto <i>Siti Aisyah & Luki Subehi</i>	457
KAJIAN GARIS SEMPADAN DANAU SEMAYANG-MELINTANG UNTUK ANTISIPASI PENERAPAN PP NO. 38 TAHUN 2011 TENTANG SUNGAI <i>M. Fakhrudin, Tjandra Chrismadha dan Iwan Ridwansyah</i>	467
PRELIMINARY STUDY ON REMOTE SENSING TECHNIQUES TO ESTIMATE WATER QUALITY PARAMETERS AT LAKE MANINJAU AND SINGKARAK <i>Fajar Setiawan, Luki subehi, Hendro Wibowo, Bunkei Matsushita, Takehiko Fukushima</i>	480
FRAKSINASI FOSFORUS PADA SEDIMEN DI BAGIAN LITORAL DANAU MATANO, SULAWESI SELATAN <i>Sulung Nomosatryo, Cinthya Henny, Eti Rohaeti, dan Irmanida Batubara</i>	493

VIABILITAS <i>AEROMONAS HYDROPHILA</i> DALAM MEDIUM AIR DANAU MANINJAU PADA SUHU INKUBASI YANG BERBEDA <i>Nina H. Sadi, Tri Widiyanto, Miratul Maghfiroh, Livia R. Tanjung, Djamhuriyah S. Said</i>	511
ANALISIS SEDIMENTASI DANAU RAWAPENING DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS <i>Agus Wuryanta dan Paimin</i>	523
KONDISI LIMNOLOGI DANAU TOLIRE, PULAU TERNATE <i>Fajar Setiawan, Hendro Wibowo, Arianto Budi Santoso, Sulung Nomosatryo, Ivana Yuniarti</i>	535
PENGEMBANGAN KONSEP <i>SCREENING LEVEL CONCENTRATION (SLC)</i> SEBAGAI DASAR PENYUSUNAN <i>GUIDELINE</i> KUALITAS SEDIMEN : STUDI KASUS PERAIRAN TERGENANG DI JAWA BARAT <i>Tri Suryono, Yoyok Sudarso, Gunawan Pratama Yoga, Ivana Yuniarti, Rosidah, Supranoto, dan Bambang Teguh Sudyana</i>	548
KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI DARI SEDIMEN SITU SEBAGAI <i>AQUATIC BIOREMOVAL AGENT</i> ION LOGAM TIMBAL (Pb) <i>Awalina Satya dan Sekar Larashati</i>	563
PERUBAHAN LINGKUNGAN DI DANAU SENTARUM KALIMANTAN BARAT : SINYAL DARI MINERALOGI LEMPUNG <i>W.S. Hantoro</i>	575
PHYTOPLANTON OF RAWA PENING LAKE AND GAJAHMUNGKUR REVERVOIR OF CENTRAL JAVA <i>Sulastri, Noriko Takamura and Ivana Yuniarti</i>	598
KAJIAN LOGAM Fe, Al, Cu DAN Zn PADA PERAIRAN KOLONG PASKA PENAMBANGAN TIMAH DI PULAU BANGKA <i>Rosidah dan Cynthia Henny</i>	611
BUDIDAYA SEMI INTENSIF IKAN RAINBOW KUROMOI (<i>Melanotaenia parva</i>) DENGAN PADAT TEBAR BERBEDA <i>Tutik Kadarini</i>	620
LAJU PEMANGSAAN FITOPLANKTON OLEH <i>Daphnia magna</i> <i>Tjandra Christmadha, Fachmijani Sulawesti, Awalina, Mey R. Widoretno, Yayah Mardiaty, Dian Oktaviani, Deni Hadiansyah</i>	629
POTENSI PENGEMBANGAN UDANG HIAS ASAL DANAU MALILI, SULAWESI SELATAN <i>I Wayan Subamia, Yogi Himawan</i>	637

EKOSISTEM DAN LINGKUNGAN SANGAT BERPENGARUH TERHADAP HASIL TANGKAPAN IKAN DIWADUK KOTOPANJANG KABUPATEN KAMPAR RIAU

Emmy Dharyati dan Elva Dwi Harmilia648

KOMPOSISI JENIS DAN VARIASI UKURAN HASIL TANGKAPAN *GILL NET* DI SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR

Eko Prianto dan Danu Wijaya661

GLOBAL NEWS MODEL FOR CALCULATION OF NITROGEN AND PHOSPHORUS WASTE IN THE COASTAL WATERS OF JAVA

Djoko Suwarno, Budi Widianarko, Ansje Löhr, Carolien Kroeze675

KUALITAS BIOLOGI PERAIRAN SITU CILEUNCA KABUPATEN BANDUNG JAWA BARAT BERDASARKAN BIOINDIKATOR PLANKTON

Arip Rahman, Sri Endah Purnamaningtyas687

PRAKIRAAN DISTRIBUSI TOTAL SEDIMEN TERSUSPENSISI DAN BESAR BUTIR PARTIKEL SEDIMEN DASAR PADA DAERAH TANGKAPAN AIR WADUK CIRATA

Moelyadi Moelyo, Januar dan Irfan Sudono697

APLIKASI TRIX INDEX DALAM PENENTUAN STATUS TROFIK DI DANAU LAUT TAWAR, KABUPATEN ACEH TENGAH, PROVINSI ACEH

Husnah.....711

STUDI ASPEK FISIKA, KIMIA, DAN BIOLOGI KUALITAS AIR MEDIA PEMELIHARAAN KRABLET KEPITING BAKAU (*Scylla olivacea*) MELALUI PERCOBAAN DENGAN PENAMBAHAN SERASAH DAUN MANGROVE (*Rhizophora mucronata*)

Early Septiningsih, dan Herlinah Jompa720

PENGEMBANGAN *SILVOFISHERY* KEPITING BAKAU (*Scylla serrata*) DALAM PEMANFAATAN KAWASAN MANGROVE DI KABUPATEN BERAU KALIMANTAN TIMUR

Triyanto, Nirmalasari Idha Wijaya, Tri Widiyanto, Ivana Yuniarti, Fajar Setiawan, Fajar Sumi Lestari739

Lampiran- Lampiran

Gunting Berita752

Press Release Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012758

Daftar Hadir Pemakalah Seminar Nasional Limnologi VI Tahun 2012765

**SUSUNAN PANITIA
SEMINAR NASIONAL LIMNOLOGI VI TAHUN 2012**

Panitia Pengarah:

Dr. Tri Widiyanto, M.Si
Ir. Fachmijani Sulawesty
Hendro Wibowo, M.Si
Ir. Lukman, M.Si
Bambang Suhermanto, SE

Panitia Pelaksana :

Ketua : Dr. Luki Subehi, M.Sc.
Wakil Ketua : Dr. Ir. Syahroma Husni Nasution, M.Si
Sekertaris : Dra. Awalina, M.Si
Kesekretariatan : Miratul Maghfiroh, S.TP
Bendahara : Yovita Lambang Isti, S.S
Acara : Reliana Lumban Toruan, M.WRM
: Sulung Nomosatryo, M.Si
Seksi Makalah : Dr. Chyntia Henny, M.Sc
: Drs. M. Fakhruddin, M.Si
: Dr. Ir. Syahroma Husni Nasution, M.Si
: Drs. Tjandra Chrismadha, M.Sc

**SAMBUTAN KETUA PANITIA
SEMINAR NASIONAL LIMNOLOGI VI TAHUN 2012**

Yang terhormat:

- Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, yang pada kesempatan ini diwakili oleh Deputi Bidang Ilmu Pengetahuan Kebumian LIPI, Dr. Ir. Iskandar Zulkarnain
- Kepala Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Dr. Tri Widiyanto
- Senior Researcher from Institute of Geoscience, University of Tsukuba, Japan, Prof. Fukushima Takehiko and Prof. Matsushita Bunkei.
- Deputi III, Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim – Kementerian Lingkungan Hidup, Ir, Arif Yuwono, M.A
- Direktorat Fasilitas Penataan Ruang dan Lingkungan Hidup – Ditjen Bina Bangda, Kementerian Dalam Negeri, Ir. Diah Indrajati, M.Sc
- Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Limnologi Pertama Prof. Dr. Anugerah Nontji
- Para Kepala Satker di lingkungan LIPI dan yang mewakili
- Bapak/Ibu tamu undangan
- Bapak Ibu dari Mass Media
- Para Pemakalah dan Hadirin Sekalian

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Selamat Pagi dan Salam Sejahtera bagi kita semua

Pertama-tama, perkenankanlah Panitia memanjatkan puji dan syukur ke-hadlirat Allah S.W.T., berkat rahmat dan ridho-Nya kita dapat berkumpul bersama disini dalam rangka Seminar Nasional Limnologi yang ke VI tahun 2012, dan tak lupa pula Panitia Seminar mengucapkan selamat datang kepada para pemakalah dan peserta, terima kasih untuk kehadirannya.

To Prof. Fukushima and Prof Matsuhita, Youkoso National Seminar Limnology *ni irasshaimashita, hounto ni arigatou gozaimasu.*

Para Pemakalah, Undangan dan Hadirin yang berbahagia.

Penyelenggaraan Seminar Nasional Limnologi VI tahun 2012 yang mengangkat tema **“Mitigasi Kerusakan Ekosistem Perairan Danau Prioritas Nasional Berbasis Tinjauan Limnologis Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan”** merupakan salah satu sarana pertemuan ilmiah dua tahunan Pusat Penelitian Limnologi LIPI. Pemilihan tema ini berdasarkan pertimbangan bahwa danau prioritas nasional merupakan aset bangsa yang memerlukan upaya pengelolaan dan kearifan dalam pemanfaatannya. Oleh karena itu, landasan dan kajian-kajian ilmiah secara komprehensif perlu senantiasa dikembangkan.

Tujuan penyelenggaraan seminar ini adalah :

1. Mendiskusikan hasil-hasil penelitian limnologi terkini di Indonesia.
2. Media tukar informasi dan ilmu pengetahuan limnologi terkini diantara peneliti, pengambil kebijakan serta masyarakat, khususnya stakeholder yang berkepentingan dengan kondisi danau Indonesia.
3. Menghasilkan model konseptual dan timbangan ilmiah dalam pengelolaan danau prioritas nasional yang berkelanjutan berbasis tinjauan limnologis.

Seminar ini diikuti oleh mahasiswa, peneliti, pengambil kebijakan serta masyarakat yang peduli terhadap perairan danau Indonesia. Dalam acara seminar ini, sekaligus akan dilaksanakan juga peluncuran Sistem Informasi Danau Indonesia (SIDI) serta peresmian organisasi profesi “Masyarakat Limnologi Indonesia” (MLI).

Para Pemakalah, Undangan dan Hadirin yang berbahagia.

Seminar Nasional Limnologi VI tahun 2012 telah menerima 101 judul abstrak dari seluruh Indonesia. Dari jumlah tersebut, 49 judul yang langsung berhubungan dengan danau prioritas. Selebihnya merupakan kegiatan penelitian atau kajian yang dilakukan di luar danau prioritas.

Adapun hasil seleksi berdasarkan kesesuaian topik, sebanyak 66 judul abstrak telah terseleksi yang terdiri dari 6 abstrak terpilih untuk presentasi oral, 10 abstrak untuk presentasi singkat (flash poster presentation) dan 50 abstrak untuk poster. Topik abstrak terdiri dari topik biodiversitas (9 naskah), ekologi dan daerah tangkapan air (28 naskah), restorasi (2 naskah), pengelolaan perikanan (14 naskah), mitigasi (8 naskah), dan topik sosial kemasyarakatan (5 naskah).

Kontribusi pemakalah pada seminar kali ini meliputi: Lembaga Pemerintah Non Departemen, Perguruan Tinggi, Departemen, dan organisasi masyarakat pemerhati danau. Sebagai informasi, rangkaian kegiatan seminar ini, akan diikuti pula oleh kegiatan *Round Table Meeting* (RTM), pada tanggal 17 Juli 2012 di Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Cibinong dengan topik **“Kondisi Aktual dan Mitigasi Kerusakan Ekosistem Danau Prioritas Nasional”**.

Para Pemakalah, Undangan dan Hadirin yang berbahagia

Dalam kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati atas nama Panitia Seminar Nasional Limnologi VI, mengucapkan permohonan maaf yang sedalam-dalamnya atas segala kekurangan selama penyelenggaraan seminar. Hal ini semata-mata keterbatasan kemampuan selaku insan manusia biasa. Tidak lupa, Kami mengucapkan terima kasih atas dukungan dalam persiapan kegiatan ini. Akhir kata, Panitia mengucapkan selamat mengikuti seminar, semoga seminar ini dapat melahirkan dan menghasilkan hal-hal yang berguna dan berfaedah untuk kepentingan masyarakat Indonesia tercinta. Amien.

Terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Bogor, 16 Juli 2012

Dr. Luki Subehi, M.Sc

**SAMBUTAN KEPALA LIPI
SEMINAR NASIONAL LIMNOLOGI VI TAHUN 2012**

Yth, Deputi Bidang IPK, Dr. Iskandar Zukarnain

Kepala Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Dr. Tri Widiyanto

Yth. Pembicara kunci:

- Prof. Fukushima Takehiko, Universitas Tsukuba – Jepang
- Ir. Arief Yuwono, M.A., Deputi III Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim – Kementerian Lingkungan Hidup
- Ir. Diah Indrajati, M.Sc. (Kasubdit Konservasi dan Rehabilitasi, Dit. Fasilitasi Penataan Ruang dan Lingkungan Hidup – Ditjen Bina Bangda, Kemendagri)
- Para Hadirin dan Undangan sekalian yang saya hormati,

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua,

Pada kesempatan ini, marilah kita memanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan ridlo-Nya untuk bersama-sama hadir pada acara Seminar Limnologi ke VI tahun 2012 dengan tema ***“Mitigasi Kerusakan Ekosistem Perairan Danau Prioritas Nasional Berbasis Tinjauan Limnologis Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan”***.

Bapak/Ibu para peserta seminar yang saya hormati,

Dalam Konferensi Nasional Danau Indonesia II (KNDI II), 13-14 Oktober 2011 di Semarang, Kementerian Lingkungan Hidup menegaskan kembali 15 danau sebagai salah satu prioritas penanganan permasalahan lingkungan hidup. Konferensi ini merupakan tindak lanjut dari Konferensi Nasional Danau Indonesia I yang melahirkan Kesepakatan Bali tentang Pengelolaan Danau Berkelanjutan pada tanggal 13 Agustus 2009. Tujuan Kesepakatan Bali tersebut adalah untuk mewujudkan pengelolaan danau berkelanjutan serta mengantisipasi perubahan iklim global, maka kita perlu mempertahankan, melestarikan dan memulihkan fungsi danau berdasarkan prinsip keseimbangan ekosistem dan daya dukungnya.

Danau-danau yang menjadi prioritas diantaranya Danau Toba (Sumatera Utara), Danau Maninjau dan Danau Singkarak (Sumatera Barat), Danau Kerinci (Jambi), Rawa Danau (Banten), Danau Rawapening (Jawa Tengah), Danau Batur (Bali), Danau Tempe dan Danau Matano (Sulawesi Selatan), Danau Poso (Sulawesi Tengah), Danau Tondano (Sulawesi Utara), Danau Limboto (Gorontalo), Danau Sentarum (Kalimantan Barat), Danau Cascade Mahakam - Semayang, Melintang, Jempang (Kalimantan Timur), dan Danau Sentani (Papua).

Perhatian pemerintah terhadap terjaganya kelestarian danau, juga diikuti oleh pihak legislatif. Saat ini, Komisi VII DPR RI telah membentuk Panitia Kerja (Panja) Danau, yang menitikberatkan perhatiannya kepada kawasan 15 Danau Prioritas. Diharapkan pembentukan Panja ini dapat memberikan dorongan dan dukungan positif bagi berbagai pihak untuk melakukan gerakan nyata dalam upaya penyelamatan danau di Indonesia.

Pengelolaan perairan danau yang tidak berkelanjutan terkait nyata dengan berbagai persoalan, seperti bencana kematian masal ikan, pencemaran, banjir, dan kekeringan. Hal ini akan memicu konflik sosial dalam masyarakat, yang pada akhirnya ini akan mengancam kelestarian ekosistem perairan danau. Oleh karena itu dalam pengelolaan dan pemanfaatannya diperlukan kearifan dari seluruh pemangku kepentingan. Diharapkan dalam aktivitas tersebut dilandasi dengan kajian-kajian ilmiah secara komprehensif, termasuk didalamnya mitigasi bencana dan peran serta masyarakat dalam menjaga pelestarian perairan danau di Indonesia.

Bapak Ibu peserta seminar yang berbahagia.

Lembaga Ilmu Pengetahuan (LIPI), salah satunya melalui Pusat Penelitian Limnologi sebagai lembaga nasional yang mempunyai peran dan fungsi dalam pengelolaan perairan darat, sudah melakukan banyak kajian/penelitian terutama danau-danau yang ada di Indonesia. Setiap danau memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga perlu penanganan yang spesifik untuk setiap tipe danau. Cakupan bidang Limnologi dalam perkembangannya telah diperluas dari pemahaman tradisional sebagai ilmu yang mempelajari badan air yang berukuran relatif kecil (danau) menjadi suatu kesatuan ekosistem perairan yang mencakup danau dan daerah tangkapan airnya, waduk, sungai, dan berbagai jenis ekosistem lahan basah. Kajian-kajian dalam

mengungkap struktur dan fungsi ekosistem perairan darat di Indonesia hingga kini masih terus dilakukan dan sangat dibutuhkan untuk memahami dan menjaga kesetimbangan ekologis ekosistem perairan darat yang mengalami tekanan yang semakin tinggi.

Perkembangan jumlah penduduk yang terus meningkat akan sangat berpengaruh terhadap kebutuhan sandang pangan dan papan. Hal ini akan sangat berhubungan dengan kebutuhan akan sumberdaya air untuk memenuhi kehidupannya. Air, energi dan makanan menjadi issue dunia yang sampai saat ini masih banyak dibicarakan. Janji Indonesia dalam Milenium Development Goals (MDGs), bahwa diharapkan pada tahun 2015 jumlah penduduk yang belum mendapatkan layanan air bersih dan sanitasi akan berkurang setengahnya. Jadi diharapkan sebanyak 60 juta penduduk Indonesia akan mendapatkan layanan air bersih. Akan tetapi, pada kenyataannya sampai saat ini pelayanan masyarakat tentang air bersih masih relatif rendah. Dari sekitar 324 PDAM di Indonesia, yang kondisinya sehat tidak lebih dari 140. Hal ini masih menjadi pekerjaan rumah bagi kita semua.

Dengan melihat pentingnya kebutuhan air, Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) menetapkan bahwa air menjadi salah satu parameter untuk mengukur Nilai Indeks Pembangunan Manusia. Selain itu banyak organisasi tingkat dunia yang sangat konsern dan aktif bergerak dibidang perairan, seperti : International Hidrology Program (IHP), International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM) di Jepang, Institute for Water Education, di Belanda, dan kita mempunyai organisasi katagoty 2 UNESCO bidang air yaitu Asia Pacific Centre for Ecohydrology (APCE). Diharapkan dengan adanya pusat lembaga ini, kita akan dapat mengambil manfaatnya dengan baik.

Bapak Ibu peserta seminar yang berbahagia.

Kita perlu bersyukur bahwa baru baru ini sistem pengelolaan air irigasi untuk pertanian di Bali, yang terkenal dengan sebutan SUBAK., telah diakui oleh UNESCO menjadi salah satu kearifan budaya bangsa Indonesia dalam pengelolaan dan konservasi sumber daya air. Hal ini semoga menjadi pendorong untuk lebih meningkatkan lagi perhatian dunia akan pentingnya pengelolaan sumberdaya perairan, termasuk perairan Danau.

Dalam rangka mendukung dan mengimplementasikan program penyelamatan danau serta menyebarkan informasi tentang pentingnya pengelolaan dan

pemanfaatan danau nasional, maka Puslit Limnologi berinisiatif mengadakan Seminar Nasional Limnologi VI ini yang merupakan salah satu sarana pertemuan ilmiah dalam diskusi keilmuan bidang Limnologi.

Maka dengan mengucapkan *Bismillaahi rohmaanirrohiim*, Seminar Nasional Limnologi VI dengan tema “*Mitigasi Kerusakan Ekosistem Perairan Danau Prioritas Nasional Berbasis Tinjauan Limnologis Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*“, sekaligus peluncuran Sistem Informasi Danau Indonesia (SIDI) serta peresmian organisasi profesi “Masyarakat Limnologi Indonesia” (MLI) dengan ini, resmi saya buka. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa selalu melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amin.

Wassalamu’alaikum Wr.Wb.

Bogor, 16 Juli 2012

Prof. Dr. Lukman Hakim

PEMBICARA KUNCI I

Prof. Takehiko Fukushima (Tsukuba University, Japan)

Factors threatening the sustainable lake uses and basin management

Takehiko Fukushima
(University of Tsukuba, Japan)

Factor 1 (within the basin)

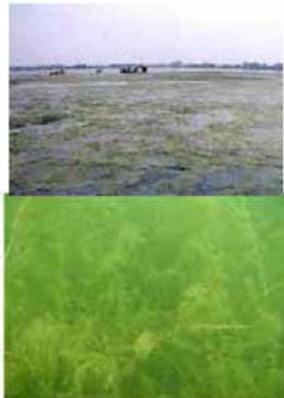
Urbanization (Increase in ISA)



Increase in point and non-point sources



Overgrowth of macrophyte



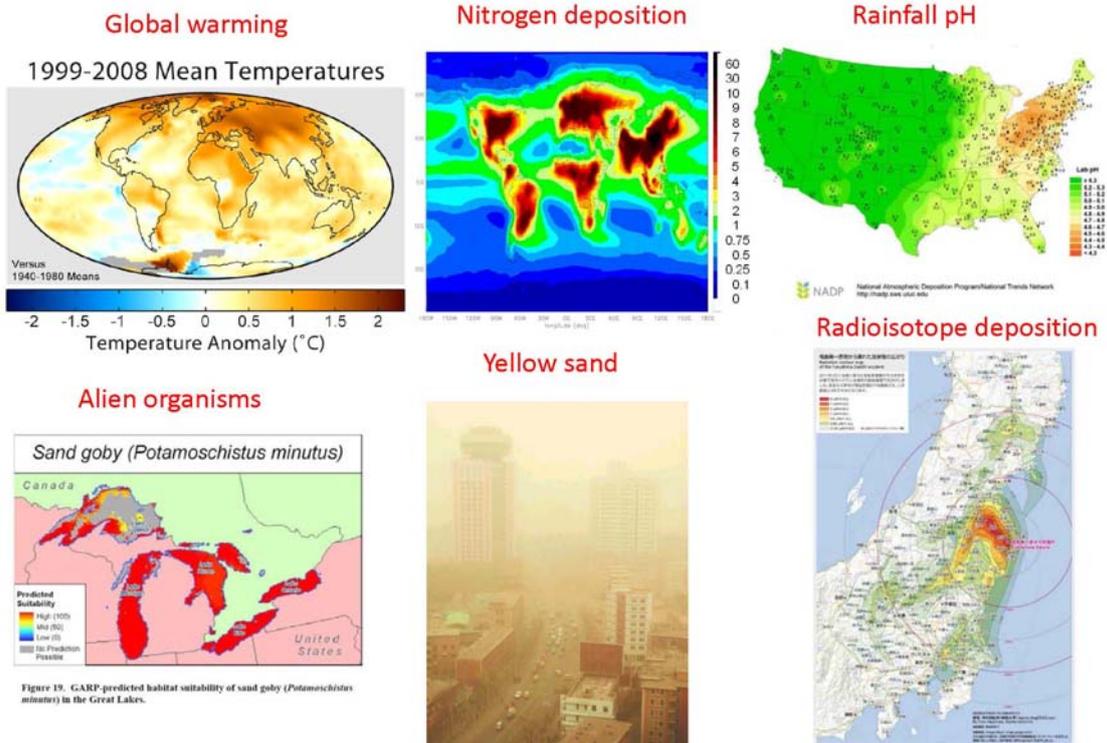
Water storage and embankment



Leisure activities

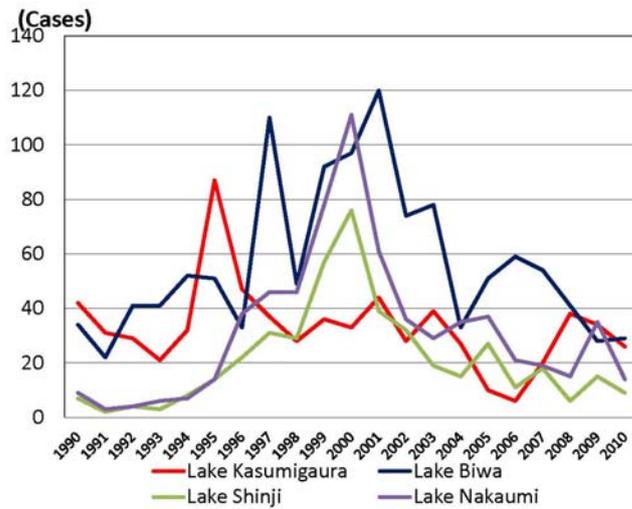


Factor 2 (outside of the basin)

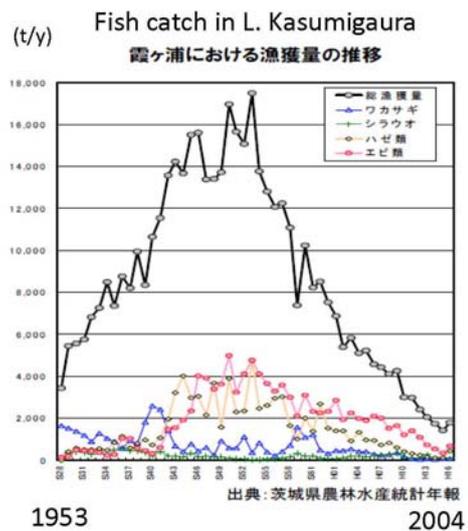


Factor 3 (relation to lakes)

Interest in lake environment
Historical change in article number with both lake name and "water quality" in Asahi Shimbun



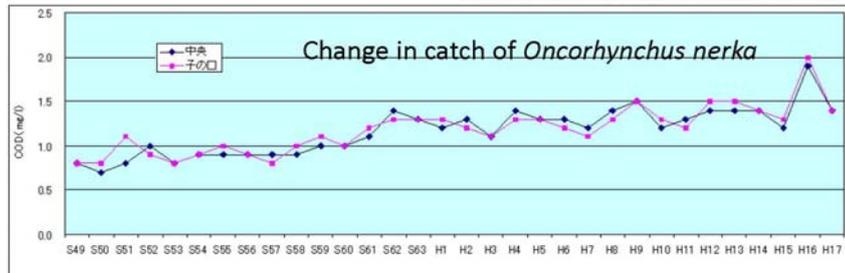
Underutilization of lake resources



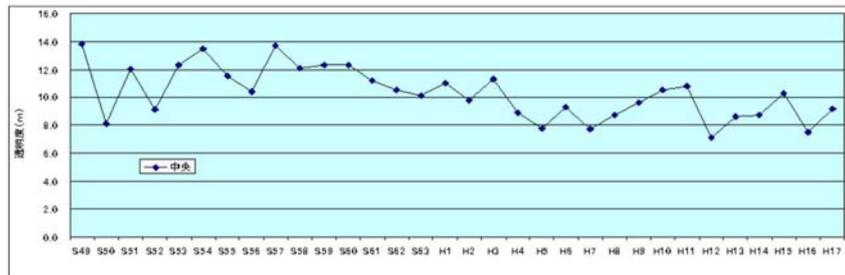
L. Towada (Area: 61 km², Mean depth: 71 m)



COD-Mn (mg/l)



Secchi depth (m)



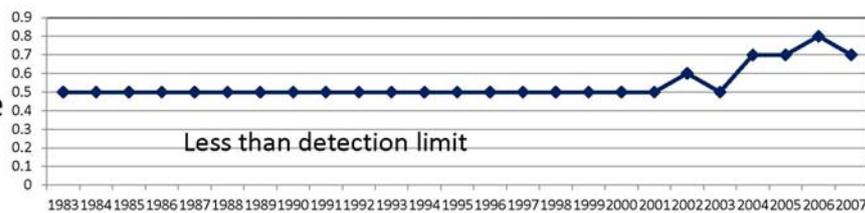
1974

2005

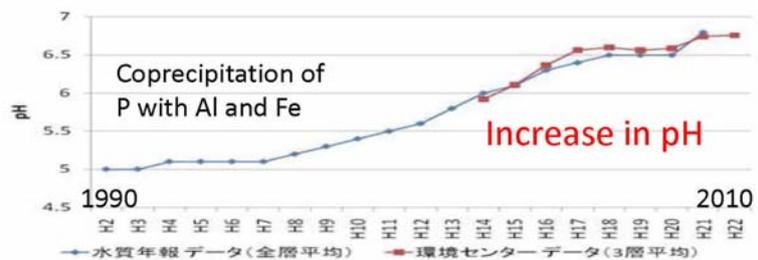
L. Inawashiro (Area: 103.3 km², Mean depth: 51.5 m)



COD-Mn 75percentile (mg/l)



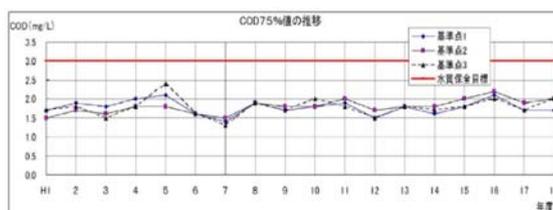
pH



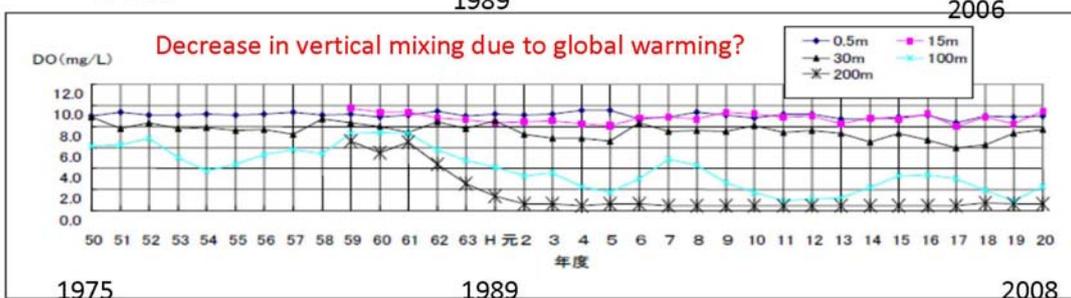
L. Ikeda (Area : 10.9 km²,
Mean depth: 125.5 m)



COD-Mn
75percentile
(mg/l)



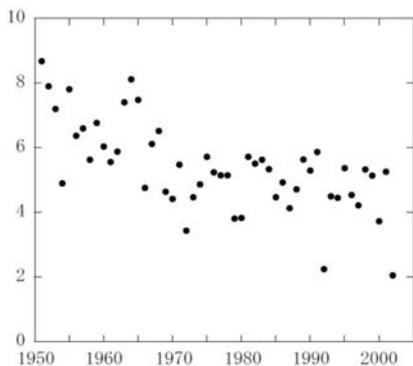
DO (mg/l)



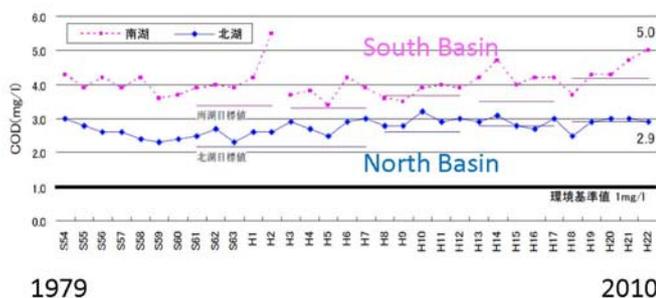
L. Biwa (Area : 670 km²,
Mean depth: 41.2 m)



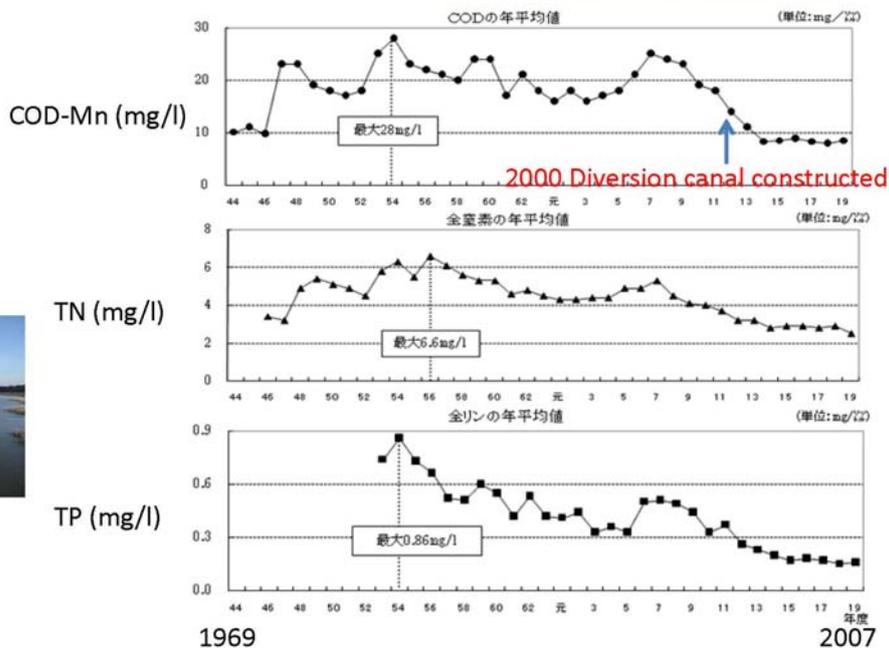
DO (mg/l) just above the bottom



COD-Mn 75percentile (mg/l)

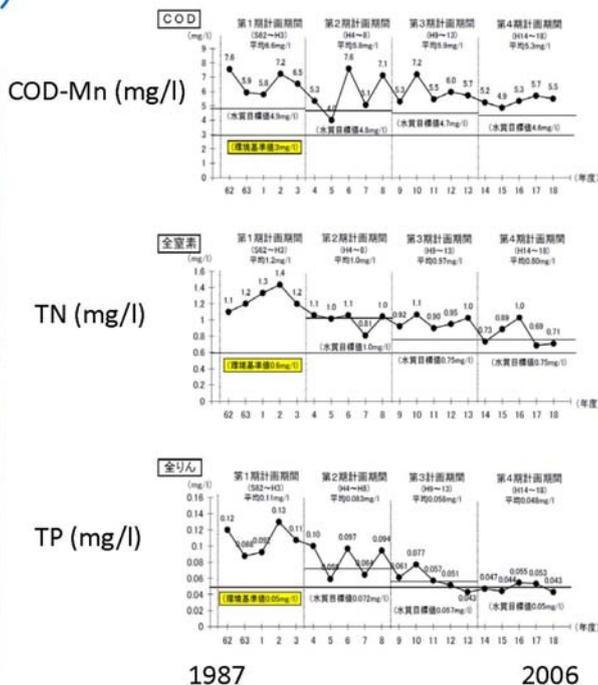


Lake Tega (Area 4.1 km², Mean depth 0.9 m)

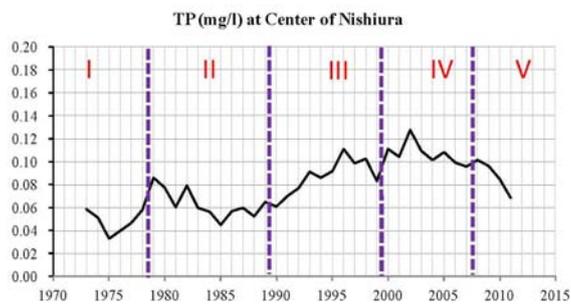
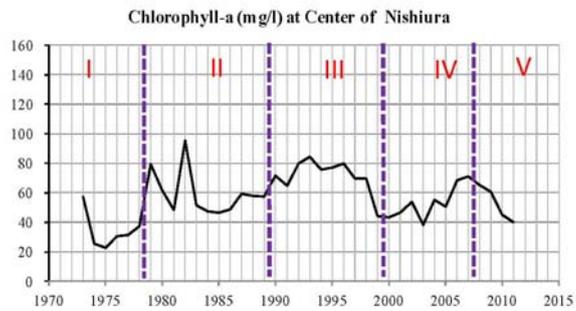


L. Suwa (Area: 12.9 km², mean depth: 4.6 m)

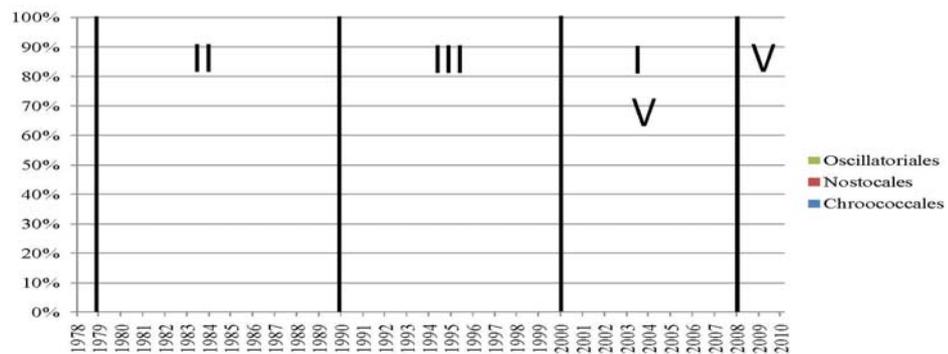
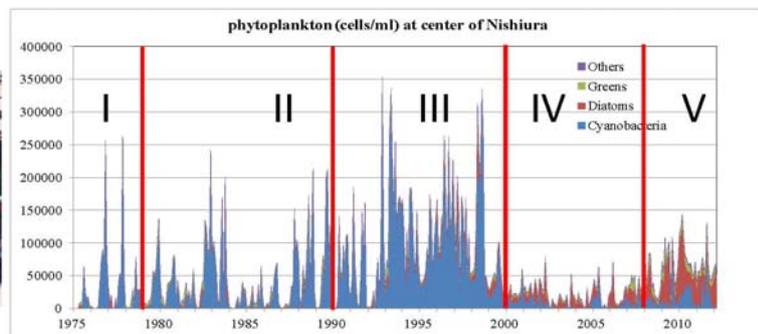
2001 Sewage coverage 91%
 Effluent from STP goes into downstream river



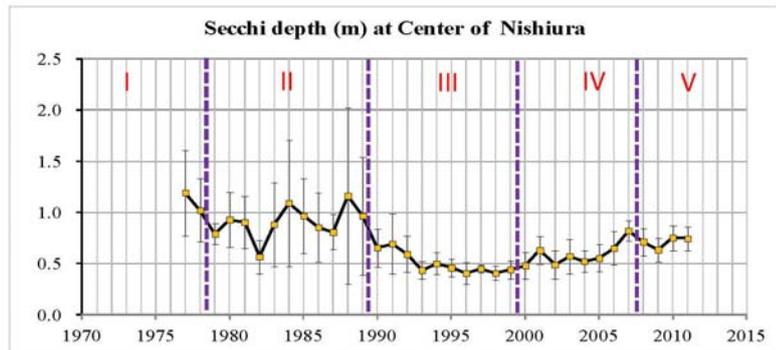
L. Kasumigaura (Area : 172 km², mean depth : 4.0 m)



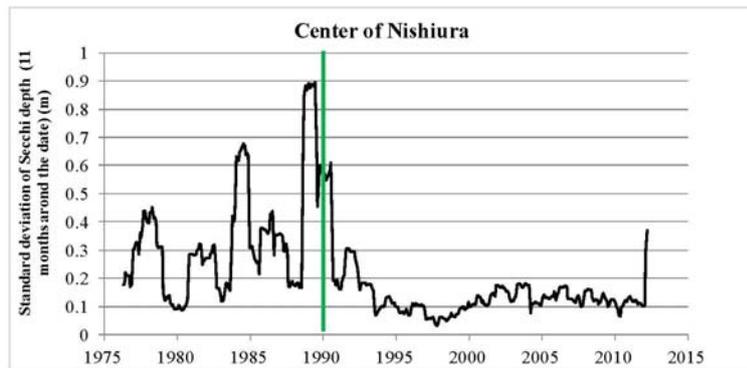
Phytoplankton composition



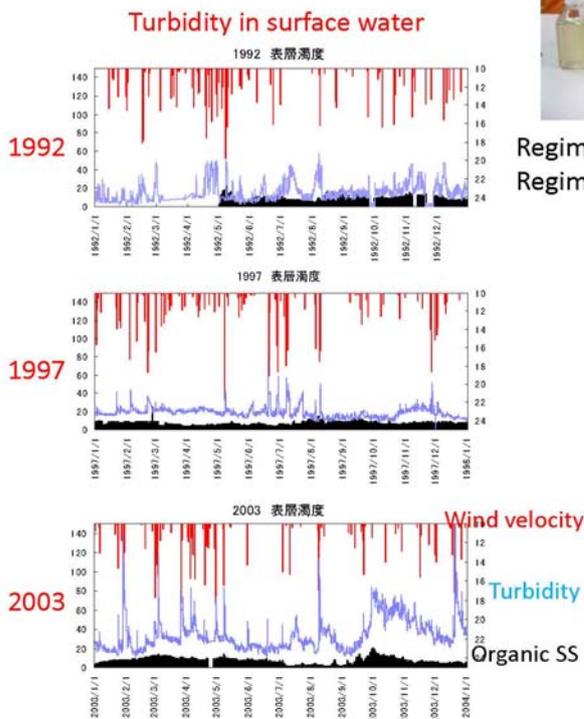
Change in Secchi depth



Regime shift
 Regime II → Regime III
 Zooplankton, NH₄-N,
 Low water temperature,.....

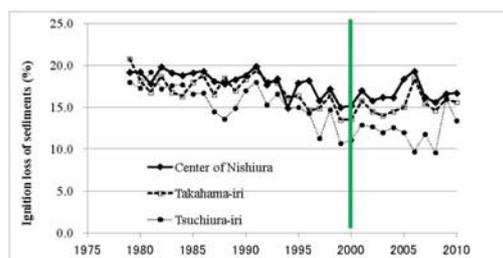
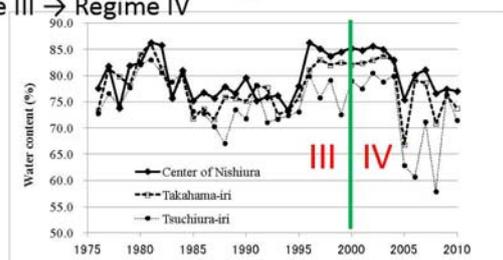


Turbidity increase



Regime shift
 Regime III → Regime IV

Properties of sediments



Indices for lake sustainable use

Carrying capacity and vulnerability: basin scale

Fukushima & Harasawa (1993)

Table 9. Maximum population density and T-N concentration

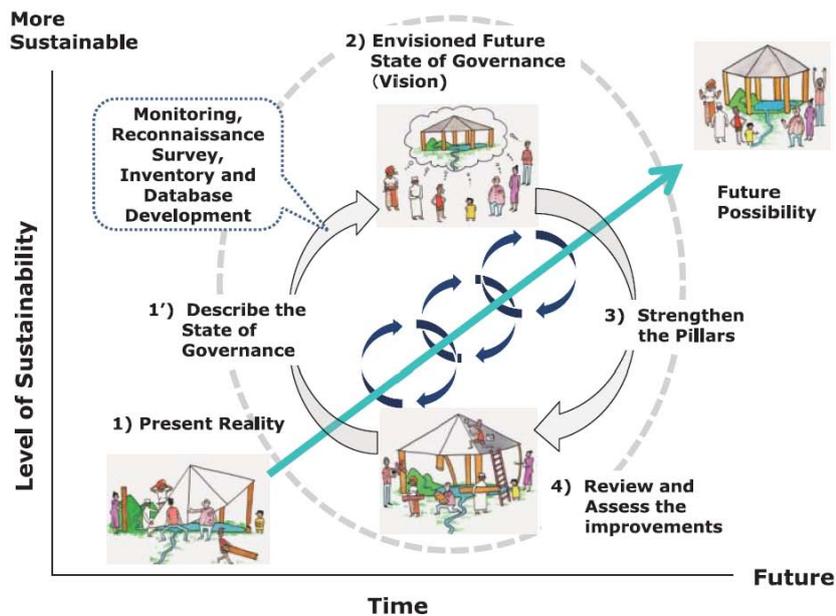
		L. Kasumigaura	L. Laguna	L. Songkhla	L. Dianchi
Required area per person (m²/capita)					
Agriculture ¹ , A	Required food, space, water →	450	1130	1130	646
Settlement ² , B	Required area → Population	250	250	250	250
Forest ³ , C	density	280	560	848	700
Total, (A + B + C)		980	1940	2280	1596
population density (/km ²) maximum, 1/ (A + B + C)		1020	515	449	627
T-N loadings (kg/capita/yr)					
Agricultural ⁴ , D		0.81	0.80	0.80	0.97
Domestic ⁵ , E	TN loadings / Runoff	1.53	0.59	1.16	1.53
Natural ⁶ , F	water → TN concentrations	0.35	0.22	0.17	0.28
Total (D + E + F)		2.7	1.6	2.13	2.8
Runoff water ⁷ (10 ³ m ³ /capita/yr), G		0.52	1.84	1.80	0.33
Concentration (mg/l), (D + E + F) /G		5.2	0.88	1.18	8.5
R₁₀⁸					
Domestic water ⁹ (l/capita/day)	Drought years → less water	235	202	212	224
T-N concentration ¹⁰ (mg/l)	amount → less water	6.6	1.4	1.4	11.1
R₂₀¹¹					
Domestic water ⁹ (l/capita/day)	supply & higher TN	221	178	189	205
T-N concentration ¹⁰ (mg/l)		7.1	1.5	1.5	12.0

¹ rice for one person: 113 kg/capita/yr; rice yield: 502, 200, 200, 350 t/km²/yr, respectively; other agriculture area = area of paddy field; ² 4000 persons/km²; ³ required domestic water: 280 l/capita/day; base flow: 1, 0.5, 0.33, 0.40 mm/day; ⁴ export coeff: 18.0, 7.1, 7.1 15 kg/ha/yr; ⁵ per capita value: 1.53, 0.59, 1.16, 1.53 kg/capita/yr; ⁶ 12.7, 4, 2, 4 kg/ha/yr; ⁷ (A + B + C) × (annual precipitation – annual evaporation); ⁸ droughts of 10 yr return period; ⁹ domestic water supply rate considering the decrease in base flow rate which is assumed to be proportional to annual precipitation; ¹⁰ T-N concentration calculated from the runoff water which is assumed to be proportional to (annual precipitation – annual evaporation); ¹¹ droughts of 20 yr return period.

Population density around 1990 436 815 171 439

Schematic Illustration of a Cyclic ILBM Platform Process

ILBM: Integrated Lake Basin Management proposed by ILEC (Int. Lake Environ. Committee)
 Lake basin management is not a project nor a plan. It is a governance challenge. "Governance" is "the interaction of laws and other norms, institutions, and processes through which a society exercises powers and responsibilities to make and implement decisions and to hold decision makers and implementers accountable".



City Scale: Sustainable Seattle

(1993, 1995, 1998, and 2005)

Natural Environment
 Built Environment
 Social Environment
 Personal Environment

Example of Natural Environment

1. Neighborhood scale as well as regional scale
2. Actionable at the personal and policy level

Goal: Preservation of Habitat & Biodiversity		
Why is This Happening? : Upstream Indicators	What is Happening? : Status Indicators	Why is It Important? : Downstream Indicators
<input checked="" type="checkbox"/> Funding for Habitat Protection and Restoration <input checked="" type="checkbox"/> Planned Density <input checked="" type="checkbox"/> Shoreline Armoring <input checked="" type="checkbox"/> Urbanization and Impervious Surface Changes <input checked="" type="checkbox"/> Resource Land Best Management Practices	<input checked="" type="checkbox"/> Acres of Protected Land and Water <input checked="" type="checkbox"/> Habitat Fragmentation <input checked="" type="checkbox"/> Acres of Priority Habitat	<input checked="" type="checkbox"/> Threatened and Endangered Species <input checked="" type="checkbox"/> Stream Health <input checked="" type="checkbox"/> Wild Salmon

Goal: Clean and Sufficient Water		
Why is This Happening? : Upstream Indicators	What is Happening? : Status Indicators	Why is It Important? : Downstream Indicators
<input checked="" type="checkbox"/> Annual Spring Snowpack <input checked="" type="checkbox"/> Urbanization and Impervious Surface Changes <input checked="" type="checkbox"/> Water Consumption	<input checked="" type="checkbox"/> Snow Water Equivalents <input checked="" type="checkbox"/> Snow-Water Equivalents <input checked="" type="checkbox"/> Stream and River Flows <input checked="" type="checkbox"/> 303d Listed Watercourses <input checked="" type="checkbox"/> Freshwater Habitat Index	<input checked="" type="checkbox"/> Drinking Water Quality <input checked="" type="checkbox"/> Fecal Coliform at Swimming Beaches <input checked="" type="checkbox"/> Safe, Edible Shellfish <input checked="" type="checkbox"/> Wild Salmon

Recover from eutrophication Fukushima (2004) Shallow or deep: mean depth 15 m Small or large: area 50 km²

Group name	Group by Area	Group by depth	Lake name	Area km ²	Mean depth m	P load before-max/ load after-min
Group A	Small	Shallow	L. Norrviken (SWE)	2.7	5.4	9.6
			L. G unso (DEN)	0.27	1.8	3.8
			L. Hylke (DEN)	3.2	7.1	2.5
			L. Sobygard (DEN)	0.50	1.0	6.9
			L. Veluwe (NET)	32.4	1.3	2.6
			L. Schlachten (GER)	0.42	4.6	17.3
			Cockshoot Broad (GB)	0.033	1.0	
			Al derfen Broad (GB)	0.047	0.8	26.7
			L. Finjasjon (SWE) ⁷⁾	11.0	3.0	13.0
Group B	Small	Deep	L. Gersjoeen (NOR)	2.7	23	4.4
			Wahnbach R. (GER)	1.3	16	5.0
			L. Fuschl (Austria)	2.7	38	1.6
			L. Osslach (AUS)	10.8	20	2.0
			L. Wälen (SWI)	24.2	100	1.2
Group C	Large	Shallow	Lough Neagh (GB)	387	8.9	1.6
			L. Balaton (HUN) ⁸⁾	596	3.2	2.0
			L. Hjälmaren (SWE) ^{7), 8)}	402	6.9	2.0
Group D	Large	Deep	L. Constance (GER/AUS/SWI)	475	100	1.3
			L. Geneva (FRA/SWI)	503	172	2.4
			L. Zurich (Switzerland)	65.1	51	1.5
			L. Maggiore (ITA/SWI)	213	177	2.0
			L. Malaren (SWE) ^{7), 8)}	591	16	2.0
			L. Vattern (SWE) ^{7), 8)}	1890	39	2.5
L. Vanern (SWE) ^{7), 8)}	5650	25	2.0			

L. Teganuma
 L. Inba
 L. Suwa
 L. Kojima
 L. Hachiro
 L. Kamafusa
 L. Chuzenji
 L. Ikeda
 L. Kasumigaura
 L. Shinji
 L. Nakaumi
 L. Biwa
 L. Towada
 L. Inawashiro

High: easy to recover
 low: difficult to recover

Water & sediments interactions

Carey & Rydin (2011)

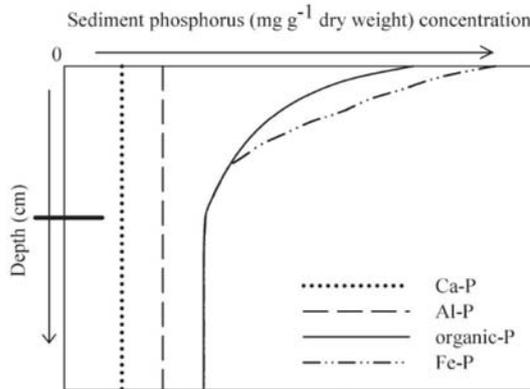


Fig. 1. Illustration of the classic hypothetical sediment phosphorus profile (modified from Boström et al. 1982), with calcium (Ca-P), aluminum (Al-P), organic (organic-P), and iron (Fe-P) fractions. The sum of these fractions at any given depth represents the sediment total phosphorus concentration. The tick line on the y-axis represents the stabilization depth, or the depth at which all phosphorus diagenesis processes have stabilized.

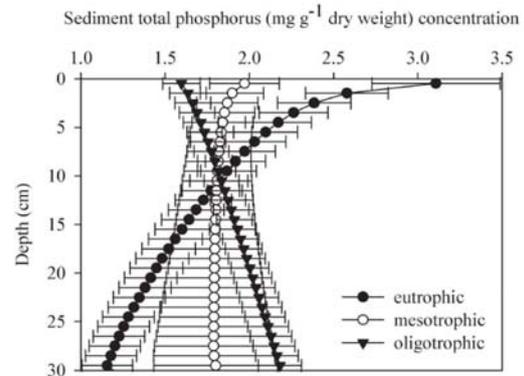


Fig. 2. Mean sediment total phosphorus concentrations, with 1 standard error, observed in sediment cores from the eutrophic (water column TP $\geq 30 \mu\text{g L}^{-1}$), mesotrophic (water column TP 10 to $30 \mu\text{g L}^{-1}$), and oligotrophic (water column TP $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$) lakes in our dataset.

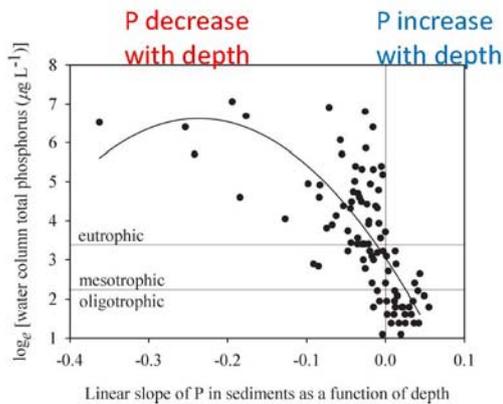


Fig. 3. The relationship between the linear slope of the function of sediment phosphorus with depth in a sediment P profile and \log_e -transformed water column total phosphorus (TP) for each of the 94 lakes in our dataset (equation provided in text). The transition between positive and negative linear slopes is denoted by the vertical line in the figure, and the threshold between eutrophic and mesotrophic water column TP concentrations ($30 \mu\text{g}$ water column TP L^{-1}) and mesotrophic and oligotrophic lakes ($10 \mu\text{g}$ water column TP L^{-1}) are denoted by the horizontal lines. Eutrophic lakes generally have negative linear slopes, oligotrophic lakes generally have positive linear slopes, and mesotrophic lakes are intermediate.

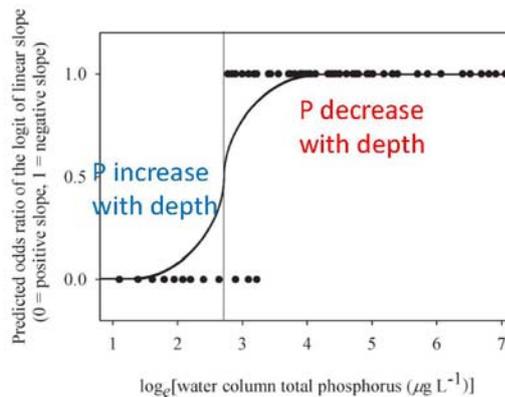


Fig. 4. The logistic relationship of the linear slope of the function of sediment total phosphorus (TP) with depth in a sediment profile (0 = positive slope, or P increasing with depth, and 1 = negative slope, or P decreasing with depth) and \log_e (water column TP); equation provided in text. In this logistic regression model, the transition between lakes with positive and negative slopes (denoted by the vertical line) occurs when the predicted odds ratio of the logit of linear slope = 0.5, at $15.3 \pm 4.1 \mu\text{g}$ water column TP L^{-1} , or $2.73 \pm 1.40 \mu\text{g}$ water column TP L^{-1} on a \log_e scale.

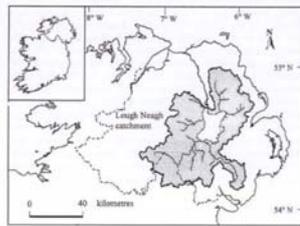


Fig. 1. Lough Neagh catchment (shaded area) showing the six inflowing major rivers. Dashed line shows border between Northern Ireland and Republic of Ireland.

Diffuse P export and P concentration

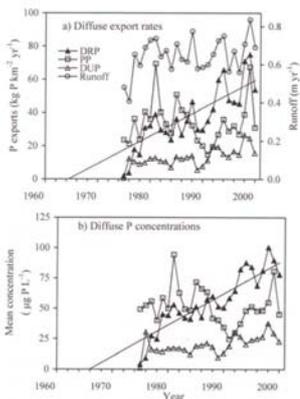


Fig. 3. Time series of diffuse source phosphorus fractions (a) export rates and catchment runoff and (b) annual flow-weighted mean concentrations. Trend lines are for export rate and mean concentration of DRP under conditions of average runoff and calculated from regression equations in Table 3.

Nutrient Accumulation in Watershed Foy & Lennox (2006)

Lough Neagh: Lake area 338 km²,
watershed area 4450 km²

Land use change and P application

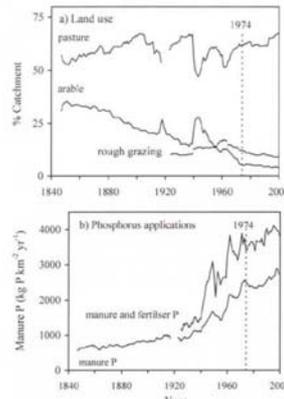


Fig. 5. Lough Neagh catchment statistics for (a) land use and (b) inputs of phosphorus to land as manures and as manures plus chemical fertilizers. Phosphorus input rates calculated per unit area of grass and crops.

P balance and P surplus

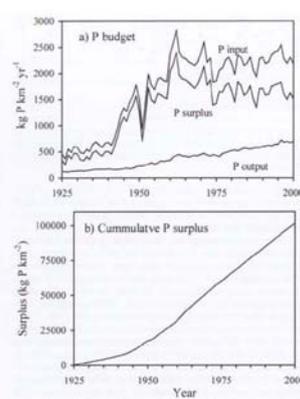


Fig. 6. Agricultural phosphorus (P) budget for Northern Ireland. (a) Inputs are sum of imported P in fertilizers and animal feeds, outputs are P in agricultural products, and surplus = inputs less outputs. (b) Accumulated P surplus since 1925. Values expressed per unit area of grass and crops.

Catastrophic shifts in ecosystem (Scheffer et al. 2001)

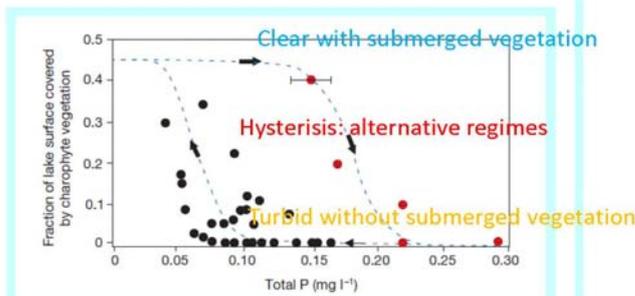


Figure 4 Hysteresis in the response of charophyte vegetation in the shallow Lake Veluwe to increase and subsequent decrease of the phosphorus concentration. Red dots represent years of the forward switch in the late 1960s and early 1970s. Black dots show the effect of gradual reduction of the nutrient loading leading eventually to the backward switch in the 1990s. From ref. 59.

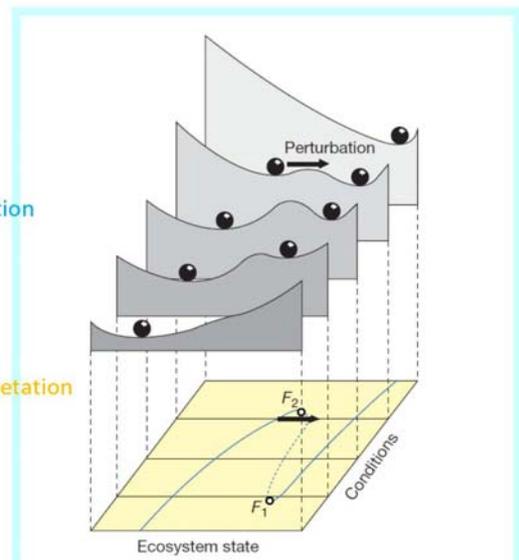
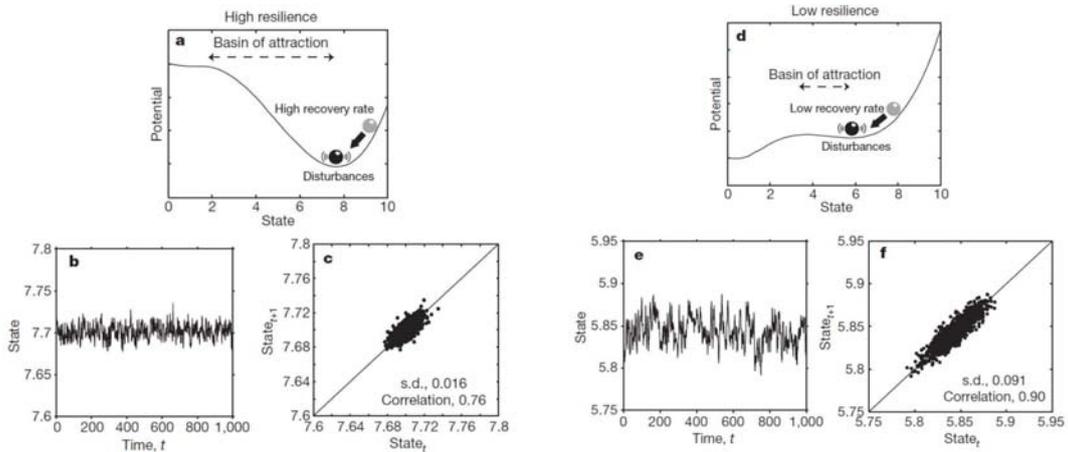


Figure 3 External conditions affect the resilience of multi-stable ecosystems to perturbation. The bottom plane shows the equilibrium curve as in Fig. 2. The stability landscapes depict the equilibria and their basins of attraction at five different conditions. Stable equilibria correspond to valleys; the unstable middle section of the folded equilibrium curve corresponds to a hill. If the size of the attraction basin is small, resilience is small and even a moderate perturbation may bring the system into the alternative basin of attraction.

Early-warming signals for critical transition (Scheffer et al. 2009)

Figure 1 | Some characteristic changes in non-equilibrium dynamics as a system approaches a catastrophic bifurcation (such as F_1 or F_2 , Box 1). **a, b, c,** Far from the bifurcation point (**a**), resilience is large in two respects: the basin of attraction is large and the rate of recovery from perturbations is relatively high. If such a system is stochastically forced, the resulting dynamics are characterized by low correlation between the states at subsequent time intervals (**b, c**). **d-f,** When the system is closer to the transition point (**d**), resilience decreases in two senses: the basin of attraction shrinks and the rate of recovery from small perturbations is lower. As a consequence of this slowing down, the system has a longer memory for perturbations, and its dynamics in a stochastic environment are characterized by a larger s.d. and a stronger correlation between subsequent states (**e, f**). Plots produced from a stochastically forced differential equation¹³ representing a harvested population: $dX/dt = X(1 - X/K) - c(X^2/(X^2 + 1))$, where X is population density, K is the carrying capacity (set to 10) and c is the maximum harvest rate (set to 1 for high resilience and 2.6 for low resilience).



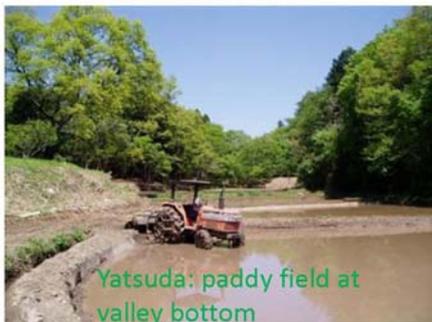
Use and intensification of natural purification ability



Sedimentation area



Vegetative purification



Purification in downstream paddy field



Purification through groundwater flow

Enhancement of peoples' interest and participation of people for lake purification

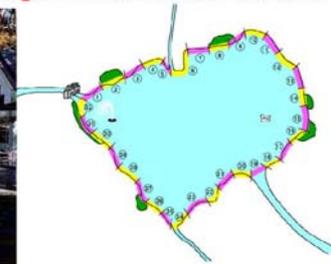
Asaza project: Recovery to original ecosystem and environmental education



Citizen's participation: Salvage of harmful macrophyte



Adopt program: Clean-up campaign of area around the lake



PEMBICARA KUNCI II

Ir. Arief Yuwono, MA

*Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan Dan Perubahan Iklim
Kementerian Lingkungan Hidup – Republik Indonesia*

Yang terhormat,

Deputi Kementerian Riset dan Teknologi;

Kepala Limnologi LIPI;

Para Pembicara Kunci;

Para Hadirin dan Undangan yang yang berbahagia,

Assalaamu 'alaikum warohmatullaahi wabaroqaatuh

Salam Sejahtera bagi kita semua,

Puji syukur patut kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena kita dapat bertemu, berkumpul mencari solusi terbaik terkait limnologi danau khususnya penyelamatan 15 danau prioritas tahun 2010 – 2014.

Pada kesempatan ini saya akan memaparkan secara garis besar mengenai Pengelolaan Berkelanjutan 15 Danau Prioritas Tahun 2010 - 2014 sesuai Kesepakatan Bali.

Para undangan yang saya hormati,

Hasil dari Konferensi Nasional Danau Indonesia I (KNDI I) yang dilaksanakan pada tanggal 13 Agustus 2009 telah ditandatangani Kesepakatan Bali tentang Pengelolaan Danau Berkelanjutan oleh 9 menteri (MENLH, MENHUT, MENDAGRI, MENPU, MENTAN, MENESDM, MENRISTEK, MENKP, dan MENBUDPAR) berisi :

1. Pengelolaan Ekosistem Danau
2. Pemanfaatan Sumber Daya Air Danau
3. Pengembangan Sistem Monitoring, Evaluasi dan Informasi
4. Penyiapan langkah-langkah Adaptasi dan Mitigasi
5. Pengembangan Kapasitas, Kelembagaan dan Koordinasi
6. Peningkatan Peran Masyarakat
7. Pendanaan Berkelanjutan

Pada kesepakatan Bali tersebut para menteri sepakat untuk mempertahankan, melestarikan dan memulihkan fungsi danau berdasarkan prinsip keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungan, serta bersedia untuk bekerjasama dengan semua pihak melalui sinkronisasi dan sinergitas Program/Kegiatan Pengelolaan Danau Berkelanjutan pada danau prioritas dan menerapkannya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Para hadirin yang berbahagia,

Adapun Program Pengelolaan Danau Prioritas Tahun 2010-2014 terdiri dari :

1. Danau Toba di Sumatera Utara
2. Danau Maninjau di Sumatera Barat
3. Danau Singkarak di Sumatera Barat
4. Danau Krisnci di Jambi
5. Danau Tondano di Sulawesi Utara
6. Danau Limboto di Gorontalo
7. Danau Poso di Sulawesi Tengah
8. Danau Tempe di Sulawesi Selatan
9. Danau Matano di Sulawesi Selatan
10. Danau Semayang, Melintang, Jempang di Kalimantan Timur
11. Danau Sentarum di Kalimantan Barat
12. Danau Sentani di Papua
13. Rawa Danau di Banten
14. Danau Batur di Bali
15. Danau Rawa Pening di Jawa Tengah

Berbagai masalah dihadapi di masing – masing danau dengan dimensi yang berbeda. Pada umumnya permasalahan danau di Indonesia terjadi pada :

1. Di Daerah Tangkapan Air (DTA), yang terdiri dari :
 - Erosi, sedimentasi dan pendangkalan akibat kerusakan lahan (Alih fungsi, tutupan vegetasi berkurang, penambangan)

- Pencemaran air akibat limbah domestik, dan pertanian maupun pertambangan
2. Di Perairan danau, terdiri dari :
- Kerusakan sumber daya ikan endemik akibat penangkapan (*overfishing*) maupun budidaya Keramba jaring Apung (KJA) yang merusak
 - Pertumbuhan gulma air (eceng gondok, hidrilla dsb)
 - Bencana banjir dan kekeringan
 - Bencana arus balik gas sulfida terangkat
 - Banyak program / kegiatan Kementerian / Lembaga, daerah dan masyarakat masih dilaksanakan sendiri-sendiri dan belum terintegrasi serta bersinergi satu sama lain sehingga perlindungan dan pengelolaan ekosistem danau belum optimal
 - Tingkat kerusakan ekosistem danau > upaya perlindungan dan pengelolaan.

Para hadirin yang saya hormati,

Memperhatikan kondisi dan status ekosistem 15 danau prioritas ini sungguh sangat memprihatikan, walaupun masih ada danau yang kondisinya masih cukup baik. Kondisi Terrestrial / daratan Daerah Tangkapan Air maupun Sempadannya berkisar antara terancam rusak dan rusak. Sedangkan status perairan danau pada umumnya eutrof, bahkan ada yang sudah sampai hypereutrof, namun ada juga yang masih oligotrofik yaitu danau Matano. Berikut gambaran status ekosistem 15 danau prioritas :

No.	Nama Danau	Status Ekosistem		
		Terrestrial Daerah Tangkapan Air	Sempadan Danau	Status Trofik (Perairan Danau)
1.	Toba	Terancam	Terancam	Eutrof
2.	Singkarak	Terancam	Terancam	Eutrof

3.	Maninjau	Rusak	Rusak	Hypereutrof
4.	Kerinci	Terancam	Terancam	Eutrof
5.	Rawa Danau	Terancam	Terancam	Eutrof
6.	Rawapening	Rusak	Rusak	Hypereutrof
7.	Batur	Terancam	Terancam	Eutrof
8.	Tempe	Rusak	Rusak	Eutrof
9.	Matano	Terancam	Terancam	Oligotrofik
10.	Poso	Terancam	Terancam	Eutrof
11.	Tondano	Rusak	Rusak	Eutrof
12.	Limboto	Rusak	Rusak	Eutrof
13.	Mahakam (Semayang, Melintang, Jempang)	Terancam	Terancam	Eutrof
14.	Sentarum	Rusak	Terancam	Eutrof
15.	Sentani	Terancam	Terancam	Eutrof

Para hadirin yang berbahagia,

Kondisi dan status ekosistem danau – danau tersebut maka perlu disusun kebijakan dan strategi serta rencana aksi yang dapat mewujudkan Pengelolaan Danau Berkelanjutan. Rencana Aksi Nasional Terpadu Pengelolaan Ekosistem 15 danau prioritas disusun berdasarkan sifat dan karakteristik masing – masing danau namun secara umum dapat diuraikan mulai dari permasalahan hingga sasaran yang ingin dicapai yaitu :

1. Permasalahan, yang mencakup :

- tata ruang
- daerah tangkapan air (DTA)
- sempadan danau
- badan air/ perairan danau

2. Kegiatan :

- Pelestarian fungsi DTA danau sebagai kawasan lindung
- Pelestarian fungsi sempadan danau sebagai kawasan lindung

- Penurunan tingkat pencemaran air danau
3. Sasaran :
- Tersusunnya penataan ruang lingkungan danau (penataan ruang di DTA maupun perairan dananya)
 - Terpulihkannya lahan kritis
 - Mempertahankan luas wilayah hutan min. 30%
 - Pengendalian pencemaran air domestik dan industri
 - Pengendalian kegiatan penambangan galian C atau penambangan lainnya
 - Peningkatan kualitas air danau sesuai peruntukannya
 - Berkurangnya sedimentasi
 - Terkendalinya keseimbangan hidrologi dan tata air danau
 - Meningkatnya jumlah wisatawan
 - Tersedianya zona lindung ikan endemik

Para hadirin yang saya hormati,

Pada Konferensi Nasional Danau Indonesia ke 2 pada 13 - 14 Oktober 2011 di Semarang lalu telah diluncurkan *Gerakan Penyelamatan Danau (GERMADAN)* dengan memulai *Gerakan Penyelamatan Danau Rawa Pening*. KLH memandang perlu untuk segera menyelamatkan Danau Rawa Pening karena jika pemerintah tidak melakukan program/ kegiatan cepat untuk menangani Danau Rawa Pening, maka pada tahun 2020 Danau Rawa Pening akan menjadi daratan.

Untuk itu dukungan penuh dari semua kementerian (9 Menteri sesuai Kesepakatan Bali 2009) termasuk LIPI, dalam sinkronisasi program/kegiatan penyelamatan 15 danau prioritas menjadi sangat penting dan mendesak. Untuk mewujudkan hal tersebut, maka KLH saat ini sedang menyusun *Grand Design Penyelamatan 15 Danau Prioritas*. Hal ini sebagai tindak lanjut Kesimpulan Rapat Kerja dengan anggota Panitia Kerja Kawasan 15 Danau Komisi VII DPR RI 6 Pebruari 2012 lalu. Diharapkan *Grand Design* ini dapat menjadi acuan bersama 9 Menteri dan para pemangku kepentingan lainnya dalam melaksanakan upaya penyelamatan 15 danau prioritas.

Dari uraian singkat tersebut diatas, maka dalam rangka penyelamatan danau sangat penting untuk :

1. Memperkuat komitmen politik;
2. Menata kembali kebijakan dan strategi berdasarkan Kesepakatan 9 Menteri;
3. Menyusun program dan rencana aksi yang disepakati;
4. Membangun dan memperkuat sumber daya manusia dan kelembagaan serta memperkuat partisipasi masyarakat;
5. Mendorong pengaturan pengelolaan melalui peraturan perundangan;
6. Dukungan pendanaan yang memadai;

Disamping itu penyelamatan danau memerlukan gerakan semua pemangku lingkungan berdasarkan perlindungan dan pengelolaan yang holistik dan Penyelamatan Danau (GERMADAN) Rawapening merupakan contoh pengalaman berharga yang perlu didukung semua pihak dan direplikasi untuk 14 danau prioritas lainnya.

Para hadirin yang berbahagia,

Demikian yang dapat saya sampaikan sebagai pengantar dalam Seminar Nasional Limnologi – LIPI ke VI Tahun 2012 ini. Tema Mitigasi Kerusakan Ekosistem Danau Prioritas Nasional Berbasis Tinjauan Limnologis Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan sangat selaras dengan permasalahan danau yang perlu upaya segera dan mendesak penyelamatannya. Semoga hal – hal yang disampaikan dapat memberikan gagasan dan sekaligus tindakan nyata yang dapat dilaksanakan dan dipertanggung jawabkan ke masyarakat.

Terima kasih atas waktu yang disediakan.

Wassalamu alaikum warohmatullaahi wabaroqaatuh.

Jakarta, 16 Juli 2012

Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan Dan Perubahan Iklim,

Ir. Arief Yuwono, MA

PEMBICARA KUNCI III

Ir. Diah Indrajati, M.Sc

*Kasubdit Konservasi dan Rehabilitasi –Ditjen. Bina Pembangunan Daerah
Kementerian Dalam Negeri – Republik Indonesia*

PERAN PEMERINTAH DAERAH

DALAM PENGELOLAAN DANAU PRIORITAS

(Dalam Koridor UU 32/2004 ttg Pemerintahan Daerah)

Yth. Bapak Ir. Arief Yuwono, M.A. Deputy Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim – KLH

Yth. Bapak Dr. Tri Widiyanto, Kepala Pusat Penelitian Limnologi – LIPI

Yth. Prof. Fukushima Takehiko, Universitas Tsukuba – Jepang

Bapak-ibu peserta Seminar Nasional Limnologi VI yang kami muliakan

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji syukur kehadiran Allah swt, atas berkah rahmat dan sehat, sehingga kita dapat berkumpul di ruangan yg megah ini dalam keadaan sehat wal'afiat.

Kedua, ijinkan kami menyampaikan penghargaan dan terimakasih kami, bahwa kami diberikan kesempatan untuk dapat menyampaikan *keynote* di dalam acara yang sangat penting ini. Semoga apa yang kami sampaikan, dapat bermanfaat bagi pengembangan program penyelamatan danau ke depan.

Bapak-ibu yang kami hormati,

Sejak usainya Perang Dunia ke dua hingga sekarang, negara-negara di dunia melakukan pembangunan. Namun demikitan, pembangunan sering diidentikkan dengan pembangunan ekonomi yang diukur dengan laju pertumbuhan ekonomi dan indikator-indikator ekonomi lainnya. Padahal, pembangunan ekonomi yang tidak mempertimbangkan kepentingan sosial-budaya dan lingkungan hidup tidak akan dapat berkelanjutan dalam jangka panjang, dan justru dapat menimbulkan biaya yang sangat mahal yang harus dibayar berupa rusaknya tatanan sosial-budaya dan hancurnya sumber daya alam dan lingkungan hidup. Dan ternyata di banyak negara hal ini sudah terjadi. Di

satu sisi, mereka memperoleh manfaat ekonomi tetapi disisi lain mereka harus menanggung biaya kerusakan sumber daya alam dan lingkungan hidup serta luntarnya budaya dan kearifan lokal.

Dalam semangat dan upaya untuk mengatasi masalah tersebut di atas, maka pada tahun 1987 *United Nations* (Perserikatan Bangsa-Bangsa - PBB) mengadopsi *Report of the World Commission on Environment and Development (Brundtland Report)* menjadi Resolusi PBB No. 42/187 tertanggal 11 Desember 1987. Resolusi tersebut memuat konsep pembangunan berkelanjutan yang menganut prinsip "memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan pemenuhan kebutuhan generasi masa depan." Pembangunan berkelanjutan ditopang oleh keseimbangan tiga pilar utama (ekonomi, sosial-budaya, dan lingkungan hidup) yang saling bergantung dan memperkuat. Pembangunan berkelanjutan mempunyai tiga tujuan utama, yaitu: tujuan ekonomi, tujuan ekologi dan tujuan sosial (Munasinghe 1993). Tujuan ekonomi terkait dengan masalah efisiensi dan pertumbuhan; tujuan ekologi terkait dengan masalah konservasi sumberdaya alam; dan tujuan sosial terkait dengan masalah pengurangan kemiskinan dan pemerataan hasil pembangunan.

Untuk kondisi kita di Indonesia, 3 tantangan utama terwujudnya pembangunan berkelanjutan di daerah adalah : 1). Tidak sinkronnya antara perencanaan pembangunan yang tertuang dalam RPJPD/RPJMD dengan perencanaan ruang dalam RTRW beserta rencana rincinya; 2). Tidak sinerginya antara perencanaan dimaksud antara perencanaan tingkat nasional, provinsi, dan kab/kota; kemudian yang ke 3). Belum diintegrasikannya prinsip pembangunan berkelanjutan sebagai arus utama proses perencanaan pembangunan.

Ibu-bapak peserta workshop yang berbahagia,

Prinsip pembangunan berkelanjutan sebenarnya sudah ada diadopsi dalam beberapa undang-undang (UU) di Indonesia. Di antara UU dimaksud antara lain adalah UU No. 25 Tahun 2004 tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional (SPPN), UU No. 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN), UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, UU No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, dan UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH). Dari telaah

ketentuan-ketentuan tentang prinsip pembangunan berkelanjutan yang termuat dalam beberapa UU tersebut dapat ditarik kesimpulan atau sintesis sebagai berikut.

Pertama, UU memuat ketentuan bahwa pembangunan berkelanjutan memiliki dua tujuan utama, yaitu: (a) menjamin keutuhan lingkungan hidup – lingkungan hidup yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan berlandaskan Wawasan Nusantara dan Ketahanan Nasional; dan (b) menjamin keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup manusia/bangsa Indonesia. Kedua, tujuan pembangunan berkelanjutan tersebut harus dicapai dengan cara: (a) memanfaatkan sumber daya hayati dengan tidak melebihi kemampuan regenerasinya, dan/atau memanfaatkan sumberdaya non hayati dengan tidak melebihi atau seiring dengan laju inovasi substitusinya (b) memanfaatkan sumber daya alam saat ini dengan tidak mengorbankan kebutuhan generasi yang akan datang; dan (c) memanfaatkan sumber daya yang belum diketahui dampaknya secara hati-hati dan didukung oleh penelitian ilmiah yang memadai.

Ibu-bapak peserta seminar yg berbahagia,

Perencanaan pembangunan daerah harus mempedomani Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 2008 tentang Tahapan, Tata Cara Penyusunan, Pengendalian dan Evaluasi Pelaksanaan Rencana Pembangunan Daerah dan aturan turunannya. Pasal 3 PP No. 8/2008 memuat ketentuan bahwa perencanaan pembangunan daerah harus berlandaskan pada beberapa prinsip, salah satunya adalah prinsip keberlanjutan. Oleh karena itu, tidak ada pilihan bagi Pemerintah Daerah, Provinsi maupun Kabupaten/Kota, kecuali untuk menyelenggarakan pembangunan dengan menganut dan menerapkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan. Sudahkah pembangunan daerah di Indonesia menerapkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan?

Memang tidak mudah untuk menerapkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan baik di tingkat nasional maupun daerah karena dua alasan. Pertama, pada tataran konseptual konsep pembangunan berkelanjutan masih terus berkembang. Emil Salim (2007) sebagai contoh berpendapat bahwa konstruksi paradigma pembangunan berkelanjutan meliputi: (a) pola-pikir jangka-panjang; (b) keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan; (c) penempatan kepentingan publik di atas kepentingan individu; (d) koreksi kegagalan pasar dan internalisasi biaya eksternal yang berkaitan dengan pembangunan sosial dan lingkungan; dan (e) peran pemerintah untuk

mengoreksi kegagalan pasar lewat kebijakan yang tepat. Konsep pembangunan berkelanjutan terus dikembangkan dan diperdebatkan di antara para pakar di dunia.

Kedua, walaupun sudah banyak UU yang mengamanatkan diterapkannya prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan, namun di tingkat operasional belum ada peraturan pemerintah dan/atau peraturan menteri yang mengatur dan memandu penerapan pembangunan berkelanjutan di Indonesia, baik di tingkat nasional maupun daerah. Selain itu, kalau pun sudah ada petunjuk operasional penerapan konsep pembangunan berkelanjutan harus berhadapan dengan banyak tantangan besar karena harus merombak habis paradigma pembangunan konvensional, merubah nilai dan orientasi, membangun sistem insentif dan disinsentif, menciptakan tekanan sosial dan kelompok, dan tantangan-tantangan lain (Emil Salim, 2007).

Ibu-Bapak yang berbahagia,

Terkait dengan pengelolaan danau prioritas, tentu tdk akan terlepas dari upaya pelaksanaan pembangunan berkelanjutan di daerah. Merujuk pada hasil kesepakatan Bali bulan Agustus 2011 tentang Kesepakatan Pengelolaan 15 Danau Prioritas yang telah menyepakati untuk melakukan langkah-langkah :

1. pengelolaan ekosistem danau;
2. pemanfaatan sumber daya air danau;
3. pengembangan sistem monev dan informasi danau;
4. penyiapan langkah-langkah adaptasi & mitigasi perubahan iklim thd danau;
5. pengembangan kapasitas, kelembagaan, dan koordinasi pengelolaan danau;
6. peningkatan peran masyarakat; dan
7. pendanaan berkelanjutan

masing-masing Kementerian/Lembaga mempunyai tugas sesuai dengan mandat masing-masing. Menteri Dalam Negeri, berkewajiban melakukan :

1. Koordinasi bersama instansi terkait dalam pengelolaan danau di daerah;
2. Pembinaan dan fasilitasi pemerintah provinsi/kab./kota untuk mendorong partisipasi lembaga dan organisasi kemasyarakatan, dunia usaha dan masyarakat dlm menjaga pengelolaan danau;
3. Pembinaan kepada PEMDA dalam melaksanakan GNKPA dan RHL pada kawasan danau dan sekitarnya;
4. Pengawasan pemanfaatan tata ruang di daerah;

5. Memfasilitasi pemda dalam rangka kerjasama hulu-hilir;

Sehingga, dari langkah-langkah kesepakatan dimaksud, serta tugas yang diberikan kepada Kementerian Dalam Negeri, maka dapat dikatakan bahwa daerah mempunyai tugas sesuai dengan kewenangan yang dimilikinya adalah :

1. Pengaturan terhadap partisipasi lembaga dan organisasi kemasyarakatan, dunia usaha dan masyarakat dlm menjaga pengelolaan danau;
2. Pelaksanaan GNKPA dan RHL pada kawasan danau dan sekitarnya;
3. Pemanfaatan tata ruang di daerah;
4. Kerjasama hulu-hilir dalam pengelolaan danau;

Ibu-bapak yang berbahagia,

Dengan demikian, beberapa langkah ke depan harus segera dilaksanakan pemerintah bersama-sama dengan daerah. Saat ini banyak sekali danau-danau di Indonesia yang kondisinya sudah sangat rusak, bukan saja yang 15 danau dicanangkan Pemerintah sangat prioritas. Karena langkah-langkah nyata juga tidak banyak dilakukan, maka percepatan kerusakannya jauh melebihi upaya pelestariannya. Upaya –upaya pelesatrian danau ini harus sudah menjadi suatu Gerakan Nasional, apabila kita tidak ingin kondisi danau kita semakin menurun bahkan, bukan tidak mungkin lama-lama akan hilang.

Daerah yang diwilayahnya memiliki danau, agar benar-benar melakukan langkah-langkah pengelolaannya, dari mulai penertiban terhadap masyarakat atau terhadap para “operator” yang memanfaatkan danau, kepada para pemasok pakan ikan, melakukan penanaman pohon di wilayah hulu, melakukan kerjasama hulu hilir dengan daerah lain yang berada pada DAS (catchment) yang sama dimana danau itu berada, mengendalikan pemanfaatan ruang, membuat zonasi pemanfaatan danau, menggalang dana untuk pengelolaan danau misalnya melalui dana CSR, dll.

Grand design pengelolaan danau prioritas telah disusun oleh Kementrian LH. Mari kita cermati bersama, bahas bersama agar dapat menjadi pegangan bagi kita bersama dalam mewujudkan danau yg layak untuk menjadi modal pembangunan ekonomi untuk mensejahterakan rakyat, namun keberadaan dan fungsinya bisa tetap terjaga.

Kemudian, mari kita cermati bersama seluruh kebijakan, rencana dan program yang ada di dalam RTRW maupun RPJMD dari wilayah yang terkait dengan ekosistem danau,

baik di hulu maupun di hilir...apakah sudah berpihak terhadap pelestarian ekosistem danau.

Harapan kami, kebijakan, rencana dan program yang ada di dalam grand design itu kemudian dapat disinergikan dengan indikasi program 5 tahunan yang ada di RTRW dan yang ada di RPJMD serta Renstra SKPD, agar kemudian setiap tahun dapat dialokasikan dana untuk pengelolaan danau yang bersangkutan.

Bapak-ibu peserta seminar yang berbahagia,

Sebagai penutup, ijin saya mengusulkan bahwa kita tahu saat ini Kementerian LH sudah menyelesaikan rancangan *grand design* pengelolaan danau prioritas. Kita perlu sinergikan *grand design* ini dengan RTRW dan RPJPD maupun RPJMD daerah. Kami mengusulkan agar kita bisa memiliki *road map* atau peta jalan yang disepakati bersama terhadap rencana pengelolaan danau prioritas ini. Kemudian kita lakukan uji coba pengelolaan danau sesuai dengan grand design dan roadmap dimaksud, setelah itu dievaluasi, dan pembelajarannya bisa kita gunakan untuk penyempurnaan rancangan grand design kemudian dapat di-replikasi ke danau-danau yang lain.

Demikian yang dapat kami sampaikan.

Selamat melakukan Seminar hari ini dan round table discussion besok, dengan harapan dapat dihasilkan pokok-pokok pikiran dan rencana aksi yang lebih konkrit terkait penyelamatan danau prioritas.

Assalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh.

DIAH INDRAJATI

DAMPAK PENGGUNAAN LAHAN DAERAH TANGKAPAN DAN PEMANFAATAN PERAIRAN DANAU PADA EUTROFIKASI DAN KEBERLANJUTAN DANAU TONDANO, PROVINSI SULAWESI UTARA

Sudarmadji,¹ Sofia Wantasen² dan Slamet Suprayogi¹

*¹Fakultas Geografi UGM, ²Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi
sudarmadji@geo.ugm.ac.id*

ABSTRAK

Danau Tondano merupakan salah satu dari 15 danau yang menjadi prioritas dalam pengelolaan. Penggunaan lahan daerah tangkapannya untuk pertanian serta pemanfaatan perairan danau Tondano untuk perikanan, obyek wisata, pembangkit tenaga listrik menimbulkan permasalahan terhadap keberlanjutan danau tersebut. Di satu sisi pembangkit tenaga listrik membutuhkan debit yang tinggi di sisi lain kegiatan yang lain dalam jangka panjang menimbulkan pendangkalan sehingga danau tersebut menurun kapasitasnya. Daerah tangkapan danau yang digunakan untuk kegiatan pertanian menyebabkan transport nutrien ke dalam tinggi, menimbulkan masalah terhadap pemanfaatan air danau sebagai sumber baku air minum. Penelitian ini mengkaji distribusi spasial nutrien yang terdapat di dalam danau tersebut serta mengkaji aspek pemanfaatan danau ke depan terkait dengan kelestarian danau tersebut. Contoh air dari berbagai kedalaman dan secara horisontal, dan dikaji dengan kegiatan yang terjadi di dalam danau. Analisis spasial ekologi digunakan di dalam penelitian tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keruangan terjadi persebaran tidak merata terhadap kadar nutren. Di daerah hulu kadar nutrien lebih tinggi daripada di daerah hilir. Hal ini menandakan bahwa terjadi penimbunan unsur nutrien di dalam danau yang dapat mengarah ke proses eutrofikasi. Sumbangan kadar nutrien dapat berasal dari kegiatan pertanian di daerah tangkapannya dan kegiatan perikanan yang bersumber dari pakan ikan. Diperlukan adanya zonasi untuk kegiatan pariwisata, perikanan serta kegiatan lain agar fungsi danau untuk kegiatan pariwisata, perikanan, pembangkit tenaga listrik dan bahan baku air minum tetap dapat berlangsung, tetapi fungsi ekologis danau tetap terjaga.

Kata kunci; Fungsi danau, nutrien, eutrofikasi, sebaran spasial, ekologi.

ABSTRACT

Tondano is one among 15 lakes which considered as a priority in lake management. The use of lake water body and land use of the catchment area contributes environment problem to the lake. The use of Tondano lake for fisheries, tourism, power plants cause problems to the sustainability of the lake. On one side the power plan requires a high discharge, but on the other side other activities in the long run lead to siltation which cause the lake capacity to decrease. In addition, the lake catchment area is used for agricultural causing nutrient transport into the lake. It causes other problem as lake water is used as a raw drinking water source. This study examines the spatial distribution of nutrient concentration in the lake and some aspects of using lake water body to the sustainability of the lake. In this study water samples were collected from different depths and horizontal locations, and correlated those to the human activities in the lake. Ecological spatial analysis used in the study. The result shows that the spatial distribution of the nutrient level is uneven. The nutrient level in the upper parts of the lake are higher than those in the lower parts. This indicates that the accumulation of nutrient elements in the lake which can lead to eutrophication processes. Contribution of the nutrient can be originated from the agricultural activities in the catchment area and fishing activity in fish feeding. In managing the lake ecosystem some of zonation of the lake is needed, including zoning for tourism, fishing and other activities so that the function of the lake for tourism, fisheries, power generation and raw drinking water can still safely take place, but the ecological functions of the lake is still reasonably maintained.

Keywords: Functions of the lake, nutrients, eutrophication, spatial distribution, ecology

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Danau Tondano terletak di bagian tengah DAS Tondano, secara administrasi berada di Kabupaten Minahasa. Danau Tondano adalah termasuk danau alami/ danau vulkanik yang terbentuk dari akibat bencana alam (Hehanussa dan Haryani, 2009). Danau ini terkenal dengan obyek Wisata Remboken dengan nama *Sumaru Endo*, dalam Bahasa Tombulu (Minahasa), artinya: menghadap terbitnya mentari, karena dari sini wisatawan dapat menikmati matahari terbit di cakrawala hamparan air. Saat ini ekosistemnya terancam, akibat dari aktivitas manusia yang terdapat di hulu Daerah Aliran Sungai ini yaitu antara lain kegiatan permukiman, pariwisata, penggunaan pupuk kimia di lahan pertanian sekitarnya yang kurang terkendali serta aktivitas di danau itu sendiri.

Danau Tondano yang memiliki sekitar 34 inlet yang berasal dari sungai dan saluran irigasi/drainase, baik yang berasal dari persawahan dan tegalan maupun dari permukiman, dan satu outlet mempunyai potensi terjadi penyebaran nitrogen dan transformasi dari nitrogen menjadi senyawa nitrat, nitrit dan ammonia serta akumulasi senyawa-senyawa tersebut di Danau Tondano. Apalagi dikaitkan dengan intensifikasi pertanian lahan basah yang tinggi dalam penggunaan pupuk nitrogen (Urea: NH_2CONH_2).

Nitrogen tersebut menjadi residu yang terbawa air irigasi masuk ke saluran drainase/sungai kemudian ke danau selanjutnya akan mempengaruhi aspek spasial dan ekologis dalam hal ini adalah agihannya dan karakteristik lingkungan abiotik dan lingkungan biotik. Terhadap lingkungan abiotik yaitu pada penurunan kualitas air dan pencemaran air; lingkungan biotik yaitu dampak negatif pada flora akuatik di Danau Tondano yang diindikasikan dengan meningkatnya konsentrasi khlorofil-a. Hal tersebut berdampak negatif pada Danau Tondano karena dengan konsentrasi khlorofil-a tinggi menandakan perairan subur dan terjadi pengayaan danau.

Saluran-saluran irigasi akan membawa sisa-sisa unsur hara dari aktivitas pemupukan, terutama penggunaan pupuk Urea. Urea: NH_2CONH_2 akan terhidrolisis menghasilkan ammonium nitrat, dan tanaman menyerap unsur hara tersebut dalam bentuk ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Kehilangan nitrogen terutama disebabkan oleh adanya penguapan (*volatilization*), denitrifikasi (*denitrification*), pelindian

(*leaching*), atau menjadi tidak tersedia karena immobilisasi (*immobilization*). Cara pemberian pupuk dengan menabur di atas permukaan tanah dapat menyebabkan kehilangan nitrogen melalui proses pencucian, penguapan dan aliran drainase.

Masuknya nitrogen melalui sungai, saluran irigasi (*inlet* danau) ke Danau Tondano dan masuknya nitrogen yang langsung dari kegiatan yang terdapat di Danau Tondano akan mempengaruhi konsentrasi nitrogen dan transformasi nitrogen di *inlet* Danau Tondano, dan *outlet* danau yang digambarkan dalam bentuk neraca nitrogen di Danau Tondano.

Berbagai proses juga akan terjadi di dalam Danau Tondano, sehingga masukan (*inlet*) yang berupa aliran air tadi dapat diubah menjadi keluaran (*outlet*). *Inlet* dan *outlet* nitrogen di Danau Tondano dapat digambarkan dalam bentuk neraca nitrogen menggunakan analisis keseimbangan massa (*material/mass balance*).

Penelitian ini bertujuan untuk: 1). Mempelajari pengaruh penggunaan lahan di daerah tangkapan danau dan pemanfaatan danau terhadap eutrofikasi. 2). Mengkaji dampak eutrofikasi terhadap lingkungan hidup yaitu kualitas air (lingkungan abiotik) serta flora akuatik (lingkungan biotik) dan 3). Mendapatkan gambaran sebaran spasial total nitrogen dan transformasinya (Nitrat, Nitrit, Ammonia) di Danau Tondano.

BAHAN DAN METODE

1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang diperlukan adalah Peta Rupa Bumi skala 1: 25.000 lembar Langowan (2417 – 21) dan lembar Manado (2417 – 23) yang diterbitkan Bakosurtanal Tahun 1991, dan Citra Satelit. Peta Topografi skala 1 : 10.000 (JICA, 2001), Peta Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai Tondano skala 1: 50.000, Peta Sub Daerah Aliran Sungai Tondano skala 1: 50.000, Peta Batimetri Danau Tondano skala 1: 50.000, Peta Geologi Lembar Manado Tahun 1997, skala 1: 250.000 Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.

2. Alat Penelitian

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a) untuk pengambilan sampel air digunakan: *water sampler* b). Peralatan yang digunakan untuk pengukuran kualitas air fisik dan kimia yaitu: alat ukur temperatur air (*thermometer*), pH-meter, DO-meter, EC-meter, *turbidimeter*, *current meter*,

spectrophotometer. c). Perangkat analisis kualitas air dan khlorofil-a adalah *spectrophotometer*. Peralatan yang dipergunakan untuk melakukan analisis Klorofil-a adalah *spectrophotometer* dengan panjang gelombang 750 dan 664 nm, d). Alat untuk mengukur kecerahan: *Secchi Disk/cakram Secchi*, e). Peralatan lainnya yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah *ice box*, GPS, kamera, dan angket untuk memperoleh data sosial ekonomi dan budaya

3. Teknik Pengumpulan Data

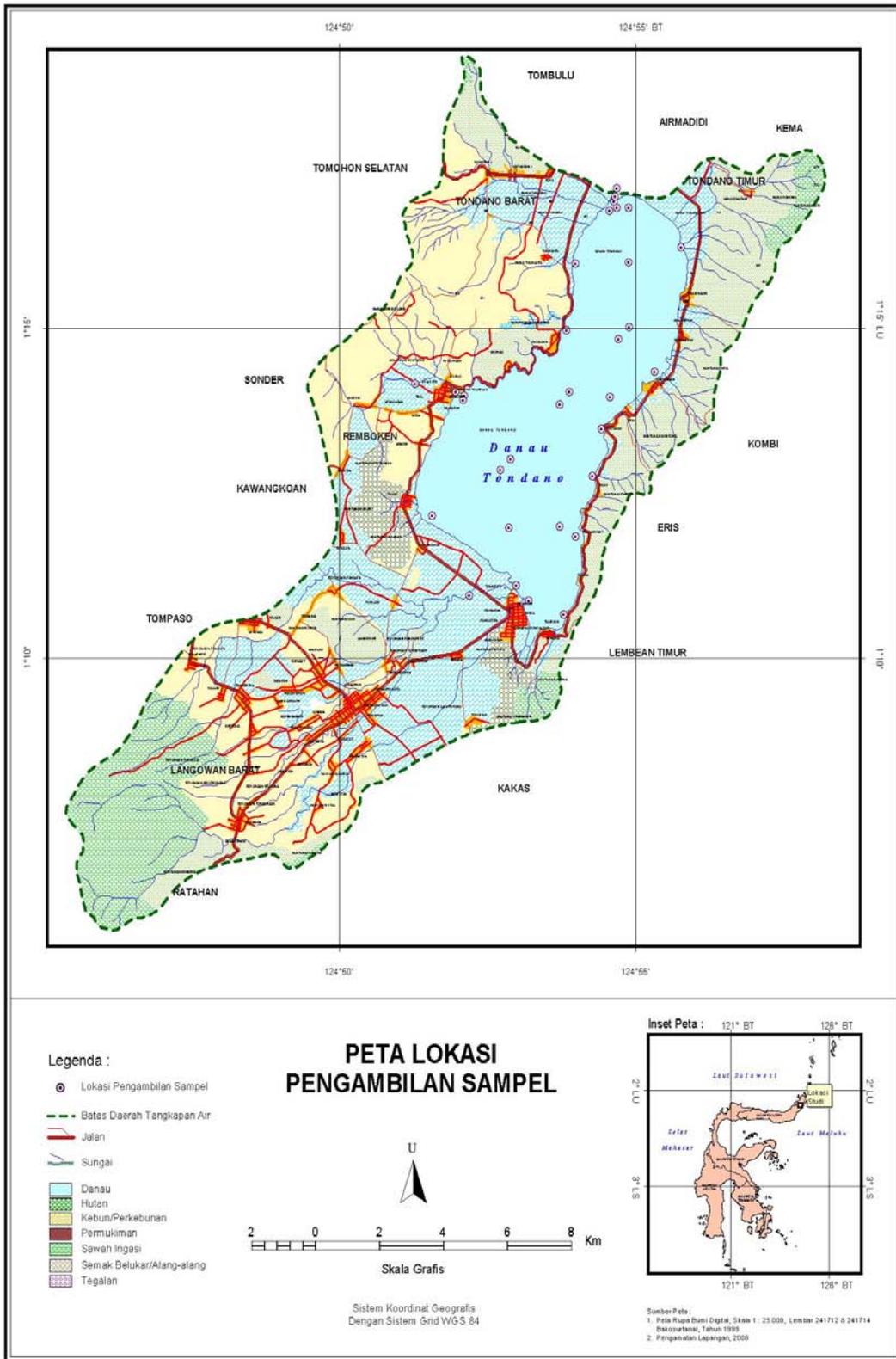
Data primer diperoleh dengan mengambil data langsung di lapangan yaitu untuk data kualitas air parameter nitrat, nitrit, ammonia sebagai parameter utama dan parameter penunjang kualitas air yaitu pH air, suhu, DO, kekeruhan, kecerahan, dan data debit badan air *inlet* dan *outlet* danau. Pengambilan air Danau Tondano mengacu AWWA (2005). Pemeriksaan parameter pH, suhu, DO dengan alat buatan APHA, kecerahan air danau dengan *Seichi Disk* diameter 16 cm. Analisis nitrat, nitrit dan ammonia mengacu metode AWWA (2005). Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan metode *composite sampling* yaitu di *inlet* danau, di dalam danau dan di *outlet* danau. Pada sampel air dilakukan preparasi di lapangan, pengukuran *insitu* dan selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk analisis kualitas air. Lokasi pengambilan sampel kualitas air dan khlorofi-a di dalam danau dan di *inlet* danau ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2).

Pengambilan sampel dilakukan pada dua dan tiga kedalaman yaitu pada lokasi yang memiliki kedalaman rerata lebih kecil sepuluh meter maka sampel diambil di dua titik yaitu 0,2 dan 0,8 kedalaman air (SNI 06-2421-1991). Pada lokasi yang memiliki kedalaman > 10 m, sampel air diambil di kedalaman 10 meter.

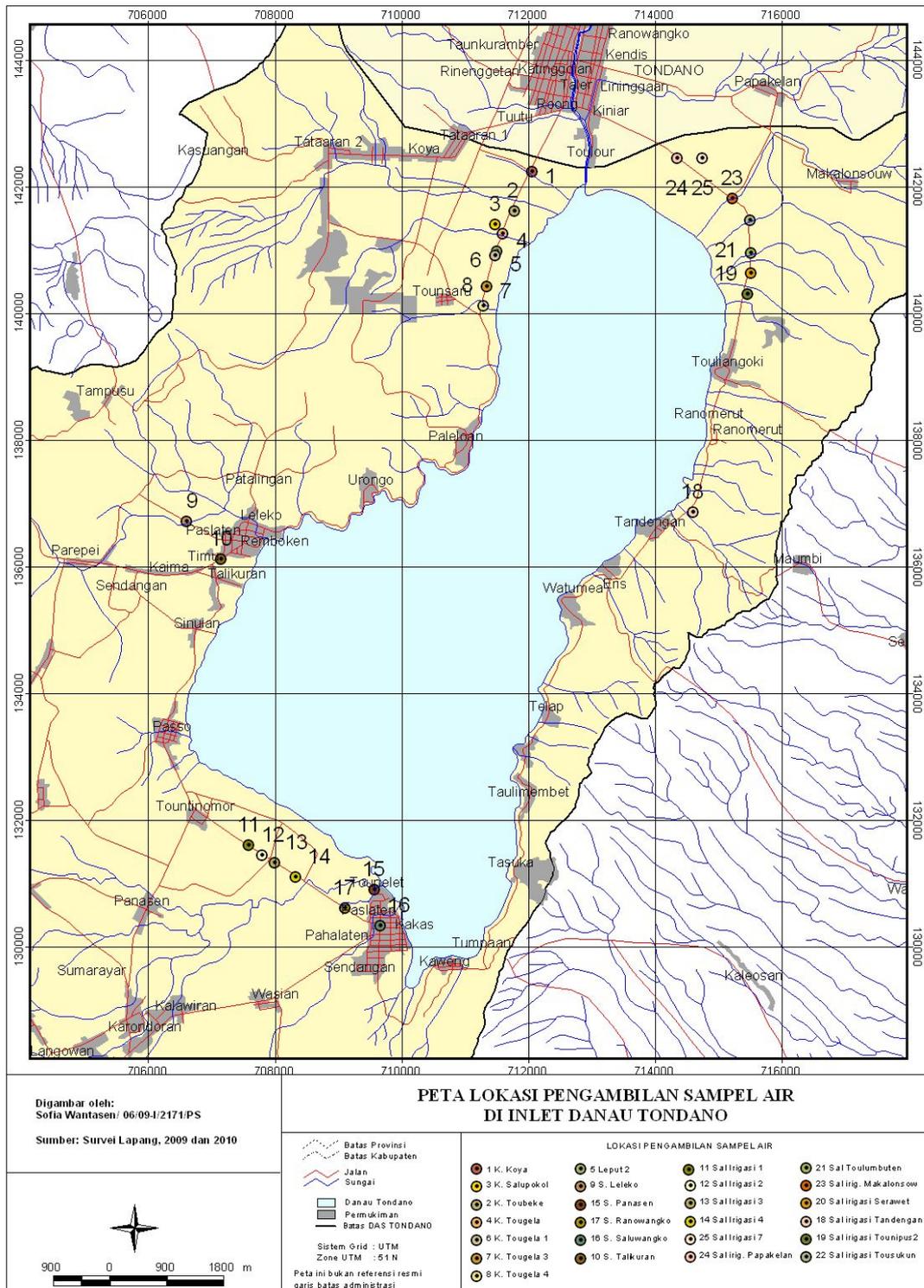
4. Analisis data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini, dianalisis menggunakan Metode Keseimbangan Massa (*material/mass balance*, Analisis Grafik dan Statistik, dan Analisis Spasial dan Kelingungan).

Analisis keseimbangan massa. Dimaksudkan untuk mengkaji konsentrasi nitrogen di *inlet* dan *outlet* Danau Tondano serta di Danau Tondano.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Air di Danau Tondano



Gambar 2. Lokasi Pengukuran Nitrogen di *Inlet* Danau Tondano

Analisis grafik dan statistik. Analisis grafik dimaksudkan untuk dapat mengetahui secara cepat parameter kualitas air yaitu nitrat, nitrit, ammonia, pH, DO, kekeruhan, suhu air danau. Untuk mengkaji pengaruh lingkungan abiotik (pH, suhu air, DO, kekeruhan) terhadap transformasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia) di permukaan Danau Tondano, di kedalaman 5 meter dan kedalaman 10 meter dilakukan analisis dengan menggunakan Analisis Korelasi.

Analisis spasial dan ekologi. Analisis Spasial ekologi ditujukan untuk mengetahui sebaran spasial Nitrogen total dan transformasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia) di Danau Tondano, juga dilakukan analisis sebaran spasial Nitrogen total dan transformasi Nitrogen menjadi Nitrat, Nitrit, Ammonia dengan cara interpolasi menggunakan Sistem Informasi Geografis *PC Arc info* dan *Arcview GIS software* versi 3.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Ekosistem Danau Tondano

Perubahan ekosistem danau tidak terlepas dari perubahan lingkungan yang terjadi di daerah Daerah Aliran Sungai tangkapannya. Danau mendapatkan masukan berupa air sungai, sedimen dan unsur hara melalui sungai, saluran irigasi yang masuk ke dalamnya. Untuk mempertahankan lingkungan, danau tidak terlepas dari penataan terhadap Daerah Aliran Sungai tangkapannya, terutama adalah penggunaan lahan Daerah Aliran Sungai yang bersangkutan, termasuk mengatur aktivitas masyarakat yang tinggal di dalamnya (Sudarmadji, 2009).

Luas perairan Danau Tondano bervariasi antara 46 km² pada musim kemarau dan 51 km² pada musim penghujan (BPDAS, 2003). Danau Tondano berada pada ketinggian sekitar 675 m di atas permukaan laut yang memiliki luas sekitar 4.638 Ha (JICA, 2001) dan jika mengacu pada data Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa tahun 2008, luas Danau Tondano adalah sekitar 4950 ha, dan data tahun 2009 dari Dirjen Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia luas Danau Tondano adalah 4.650 ha.

2. Pemanfaatan danau Tondano

Perikanan tangkap. Ikan-ikan yang potensial terdapat di Danau Tondano adalah Ikan betutu, nike, mujair dan payangka. Ikan Payangka adalah termasuk ikan endemik danau

Tondano. Data Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa, 2009 menunjukkan bahwa capaian produksi penangkapan ikan-ikan tersebut adalah 400 ton/tahun.

Perikanan budidaya. Danau Tondano ini dimanfaatkan juga untuk perikanan budidaya sistem karamba jaring apung dengan *floating net* (Gambar 3). Data dari Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa Tahun 2009, menunjukkan bahwa terdapat sekitar 8.500–10.000 unit jaring apung yang terdapat di Danau Tondano. Capaian produksi Kegiatan budidaya: 5100 ton/tahun. (Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Minahasa, 2009).



Gambar 3. Perikanan Budidaya Jaring Apung di Danau Tondano

Sarana dan prasarana pariwisata.

Sistem pariwisata, tinjauannya mencakup sisi pasokan atau produk pariwisata maupun sisi kebutuhan atau pasar pariwisata. Sisi produk dapat dipilah atas atraksi atau daya tarik wisata dan aktivitas wisata, akomodasi, fasilitas, aksesibilitas, transportasi, prasarana pendukung, serta organisasi. Produksi pariwisata untuk wilayah Kabupaten Minahasa yang berada di dalam lingkup Kawasan DAS Tondano, atraksi terbesar adalah di Danau Tondano. Sejumlah titik atraksi yang menjadi kunjungan wisatawan terdapat di Danau Tondano (Gambar 4)



Gambar 4. Sarana Wisata Sekitar Danau Tondano

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Sungai Tondano dengan debit yang cukup besar dan kelerengan yang cukup curam berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Saat ini Sungai Tondano telah dimanfaatkan untuk mengoperasikan tiga buah pembangkit listrik: PLTA Tonsea Lama, PLTA Tanggari I, dan PLTA Tanggari II.

2. Eutrofikasi

Eutrofikasi ditunjukkan dengan kadar Nitrogen dan bentuk transformasinya, yaitu dari nitrogen menjadi nitrat, nitrit dan ammonia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi nitrogen di *inlet* Danau Tondano adalah 96% nitrat, 2% nitrit, 2% ammonia. Hal ini menandakan bahwa sungai, saluran irigasi yang menjadi *inlet* Danau Tondano membawa hara nitrogen dan pada kondisi tertentu mengalami transformasi dari nitrogen menjadi nitrat, nitrit dan ammonia. Sumber-sumber nitrat pada umumnya berasal dari kegiatan pertanian lahan basah. Bush (2000) mengemukakan bahwa Pupuk Urea (NH_2CONH_2) dapat mengalami proses *mineralization* yaitu proses pelapukan/penguraian protein menjadi ammonia (NH_3) dan amonium (NH_4).

Transformasi nitrogen di permukaan danau Tondano didominasi oleh ammonia sebesar 73%, nitrat 26% dan nitrit 1%. Hal ini diduga berasal dari limbah yang berasal dari sungai-sungai yang bermuara ke Danau Tondano dan saluran irigasi. Transformasi nitrogen di perairan Danau Tondano pada kedalaman lima meter diperoleh data bahwa senyawa yang terbesar adalah ammonia yaitu sebesar 40%, diikuti oleh senyawa nitrat sebesar 59% dan senyawa nitrit sebesar 1%.

Transformasi nitrogen di perairan danau Tondano pada kedalaman sepuluh meter diperoleh data bahwa senyawa yang terbesar adalah ammonia yaitu sebesar 52%,

diikuti oleh senyawa nitrat sebesar 44% dan senyawa nitrit sebesar 4%., yang diduga berasal dari limbah yang dibawa sungai-sungai yang bermuara ke danau Tondano dan saluran irigasi, sisa pakan ikan yang tidak dikonsumsi, feses ikan, dan disamping itu juga diduga berasal dari tumbuhan air yang mati (*decay*) seperti *Eichhornia crassipes*, *Hydrilla verticillata*, *Ceratophyllum demersu*.

Limbah tersebut merupakan komponen potensial sumber ammonia. Nitrit terbentuk oleh adanya proses nitrifikasi yaitu ammonia menjadi nitrit, yang sebetulnya dikendalikan oleh dua kelompok bakteri yaitu Nitrosomonas dan Nitrobacter (Manahan, 2005). Ammonia menjadi nitrit dikendalikan oleh bakteri Nitrosomonas dan nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri Nitrobacter. Proses nitrifikasi adalah proses transformasi nitrogen yaitu perubahan dari ammonium (NH_4^+) \rightarrow nitrit (NO_2^-) \rightarrow nitrat (NO_3^-). Keseimbangan nitrogen di lingkungan, nitrit hanyalah merupakan keadaan yang sementara. Hill (2004) mengemukakan bahwa waktu tinggal (*lifetime* NO_2^-) di danau adalah sekitar 14 hari. Konsentrasi NO_2^- meningkat pada hari kelima dan bertahan selama beberapa hari, kemudian hilang atau menguap ke atmosfer. Ammonia (NH_3) dikonversi menjadi nitrit (NO_2^-) oleh adanya metabolisme *Cyanobacterial* atau *heterotrophic bacterial*.

Konsentrasi Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia di *inlet* Danau Tondano tinggi sedangkan keluaran (*outlet*) rendah (Tabel 1, Tabel 2).

Tabel 1. Konsentrasi Nitrogen di *Inlet* dan *Outlet* Danau Tondano

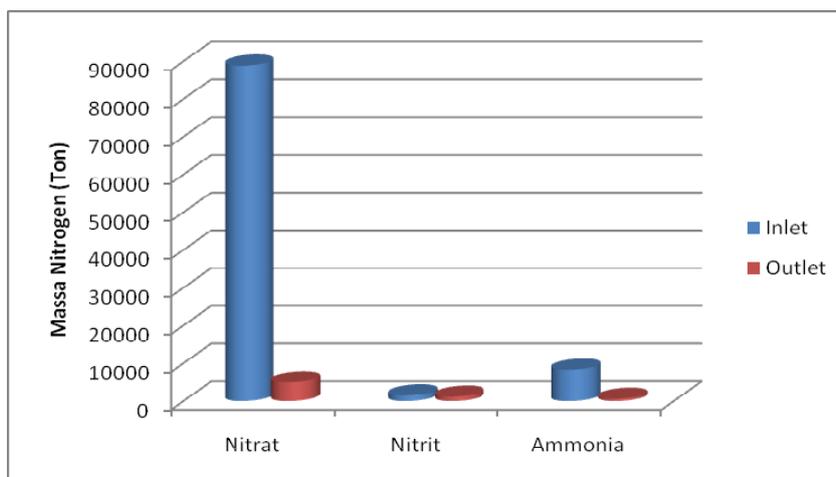
No.	Parameter	Konsentrasi di <i>inlet</i> (mg/L)	Konsentrasi di <i>outlet</i> (mg/L)
1.	NO_3^-	13,291	0,743
2.	NO_2^-	0,226	0,049
3.	NH_3	1,242	0,092

Sumber: Hasil Analisis, 2011

Tabel 2. Neraca Massa Nitrogen di *Inlet* dan *Outlet* Danau Tondano

No.	Parameter	Massa N di <i>Inlet</i> (ton)	Massa N di <i>Outlet</i> (ton)	Massa N tertinggal di danau (ton)
1.	NO ₃ ⁻	88.861,637	4.969,630	83.892,007
2.	NO ₂ ⁻	1.509,112	331,865	1.177,246
3.	NH ₃ ⁻	8.300,514	617,723	7.682,790

Sumber: Hasil Analisis, 2011



Gambar 5. Neraca Massa Nitrogen di Danau Tondano

Gambar 5 menunjukkan bahwa Massa Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia di *inlet* Danau Tondano (*input*) lebih tinggi dibandingkan dengan massa Nitrogen (Nitrat, Nitrit, Ammonia di *outlet* Danau Tondano (*output*)). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar nutrisi tertinggal di dalam Danau yang menyebabkan terjadinya pengayaan (*enrichment*) yang dinamakan eutrofikasi (Gambar 6).



Gambar 6. Eutrofikasi di Danau Tondano
(ditunjukkan oleh melimpahnya Eceng Gondok)

3. Dampak Eutrofikasi terhadap lingkungan

Kekeruhan meningkat di muara-muara sungai yang menjadi *inlet* danau, di bagian timur danau. Peningkatan kekeruhan menyebabkan ketersediaan oksigen terlarut (DO) menurun. ketersediaan oksigen di kedalaman 10 meter terendah terdapat di lokasi bagian timur Danau Tondano yaitu $DO = 2 \text{ mg/l}$. Kekeruhan pada perairan danau lebih banyak disebabkan oleh bahan tersuspensi yang berupa koloid dan partikel-partikel halus. Kekeruhan yang tinggi dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam air.

pH air danau pada kedalaman 5 meter lebih rendah di lokasi yang merupakan *outlet* sungai yaitu *outlet* Sungai Panasen (pH 7,25), *outlet* Sungai Ranoweleng (pH 7,77) dan *outlet* Sungai Leleko (pH 7,53) dibandingkan dengan pH di Danau Tondano yang pada umumnya berada pada kisaran > 7 . Hasil pengukuran pH air di permukaan adalah berkisar antara 7,11-8,86; pH di Danau Tondano pada kedalaman 5 meter adalah memiliki kisaran 7,11 – 8,83; pH di kedalaman 10 meter adalah berkisar antara 7,00-8,45.

Terdapat korelasi yang negatif konsentrasi Ammonia dan pH karena kesetimbangan Ammonia tergantung pada pH. Terdapat korelasi negatif konsentrasi Nitrat dan DO; konsentrasi Nitrat meningkat, menyebabkan DO menurun karena oksidasi $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ memerlukan oksigen terlarut. Terdapat korelasi negatif antara Nitrat dan pH, peningkatan pH mendorong terbentuknya gas NH_3 dan NO_2 serta penurunan konsentrasi Nitrat (NO_3). Proses Nitrifikasi berlangsung pada pH

basa. Korelasi antara kekeruhan dan ketersediaan oksigen (DO), yaitu kekeruhan tinggi menghambat penetrasi cahaya sehingga konsentrasi DO menurun.

Status trofik Danau Tondano apabila dilihat dari konsentrasi khlorofil-a secara *absolute* adalah pada taraf *eutrof* bahkan sudah mengarah ke *Hipereutrof* konsentrasi khlorofil-a 0,93-27,01 µg/l, kecerahan 2-2,5 m. Konsentrasi rata-rata Total-N: 1,11-3,81(mg/l), Konsentrasi Total-P: 0,66-3,99 (mg/l). Konsentrasi khlorofil-a tertinggi terdapat di kedalaman 3 meter, dibandingkan dengan konsentrasi khlorofil-a yang terdapat di permukaan danau. Hal tersebut disebabkan oleh faktor cahaya dan nutrien. Tingkat kecerahan Danau Tondano sekitar 2,0-3 meter dengan demikian radiasi matahari bisa sampai pada kedalaman 3 meter dan didukung oleh ketersediaan nutrien (Nitrogen) menyebabkan fotosintesis berlangsung baik sehingga pertumbuhan phytoplankton meningkat pada kedalaman 3 meter. Nitrogen yang dapat dimanfaatkan phytoplankton adalah NO_3^- dan NH_3^- (Sulawesty dan Sumarni, 2004).

4. Sebaran spasial nitrogen total nitrat, nitrit dan ammonia

Konsentrasi nitrogen dan transformasinya dikelompokkan menjadi beberapa kelompok agar mudah menganalisisnya secara spasial. Dalam uraian selanjutnya, sebaran spasial nitrogen dan transformasinya diutamakan pada lokasi yang mempunyai konsentrasinya tinggi bagi setiap kedalaman air danau.

Nitrogen Total

Konsentrasi total nitrogen di Danau Tondano berkisar antara 1,11 mg/l-3,77 mg/l. Sebaran total nitrogen di Danau Tondano tertinggi terdapat di bagian selatan, barat dan timur Danau Tondano yang pada umumnya terdapat di pinggiran danau. Sebaran spasial nitrogen total konsentrasi tinggi terdapat di *outlet* saluran irigasi dan *outlet* sungai yang menjadi *inlet* Danau Tondano. Hal ini menandakan bahwa sumber nitrogen adalah dari kegiatan pertanian (pemupukan).

Nitrat

Konsentrasi nitrat di permukaan yang termasuk menengah sampai tinggi, yaitu konsentrasi 0,544-0,655 mg/l, konsentrasi 0,655-0,766 mg/l, konsentrasi 0,766-0,877 mg/l, konsentrasi 0,877-0,988 mg/l, dan konsentrasi 0,988- 1,100 mg/l terdapat di dekat *outlet* danau, menandakan bahwa senyawa nitrat larut dan hanyut terbawa arus. Di kedalaman 5 meter lokasi yang memiliki konsentrasi antara 0,367-0,433 mg/l,

konsentrasi 0,433-0,500 mg/l, konsentrasi 0,500-0,567 mg/l, konsentrasi 0,567-0,633 mg/l, dan konsentrasi 0,633- 0,700 mg/l, terkonsentrasi di bagian selatan dan bagian tengah Danau Tondano, dipengaruhi oleh buangan dari kegiatan di Danau Tondano yaitu oleh makanan ikan (*pellet*) yang terlarut di kedalaman 5 meter. Pada kedalaman 10 meter dengan konsentrasi nitrat antara 0,367-0,411 mg/l, 0,411-0,456 mg/l, dan konsentrasi 0,456-0,500 mg/l. terakumulasi di bagian selatan, dan timur Danau Tondano. Hal ini terjadi antara lain oleh proses pembusukan bahan organik dari limbah sisa makan ikan (*pellet*) dan pmbusukan tumbuhan air di dnau.

Nitrit

Tempat-tempat di permukaan danau yang memiliki konsentrasi nitrit antara 0,066-0,079 mg/l, konsentrasi 0,079-0,092 mg/l, konsentrasi 0,092-0,105 mg/l, dan konsentrasi 0,105-0,118 mg/l. Terdapat menyebar dan terkonsentrasi pada bagian selatan, timur dan ke arah utara. Di kedalaman 5 meter tempat-tempat yang memiliki konsentrasi 0,057-0,068 mg/l, konsentrasi 0,068-0,080 mg/l, konsentrasi 0,080-0,091 mg/l, dan konsentrasi 0,091-0,102 mg/l, terakumulasi di bagian selatan danau dan di wilayah timur, utara Danau Tondano. Pada kedalaman 10 meter yang memiliki nitrit dengan konsentrasi antara 0,057-0,068 mg/l, konsentrasi 0,068-0,080 mg/l, konsentrasi 0,080-0,091 mg/l, dan konsentrasi 0,091-0,102 mg/l, terakumulasi di bagian selatan danau dan di *outlet* Danau Tondano. Hal ini diduga oleh adanya muara-muara sungai yang menjadi *inlet* danau terdapat di bagian selatan danau yaitu Sungai Panasen (Sungai Saluwangko bergabung dengan Sungai Panasen), dan Sungai Ranoweleng menyebar mengikuti arus air ke bagain utara (*outlet* danau).

Amonia

Ammonia di permukaan danau dengan konsentrasi antara 0,322-0,387 mg/l, konsentrasi 0,387-0,451 mg/l, konsentrasi 0,451-0,516 mg/l, dan konsentrasi 0,516-0,580 mg/l, menyebar secara merata. Sumber ammonia berupa urine dan feses, akan terbawa air masuk ke saluran drainase, ke sungai dan selanjutnya masuk ke danau. Pada kedalaman 5 meter lokasi dengan konsentrasi 0,393-0,440 mg/l, konsentrasi 0,440-0,487 mg/l, konsentrasi 0,487-0,533 mg/l, dan konsentrasi 0,533-0,580 mg/l, terakumulasi tinggi di bagian selatan danau dan menyebar. Hal ini dikaitkan dengan kondisi lingkungan yaitu pH basa menyebabkan transformasi nitrogen ke bentuk ammonia, juga ditentukan oleh sumber ammonia: Urine dan feses (di bagian selatan

danau terdapat aktivitas ternak itik dan terdapat 3 sungai yang menjadi *inlet* danau (Sungai Saluwangko yang bergabung dengan Sungai Panasen, dan Sungai Ranoweleng). Pada kedalaman 10 meter konsentrasi amonia antara 0,393-0,440 mg/l, konsentrasi 0,440-0,487 mg/l, konsentrasi 0,487-0,533 mg/l, konsentrasi 0,533-0,580 mg/l, menyebar secara merata dan lebih banyak terkonsentrasi di *outlet* sungai yang menjadi *inlet* danau (*outlet* Sungai Panasen, *outlet* Sungai Saluwangko, *outlet* Sungai Ranoweleng) di bagian selatan danau.

Pola penyebaran nitrat di permukaan danau adalah terakumulasi di *outlet* danau, hal ini menandakan nitrat terlarut dan terbawa arus. Pola penyebaran nitrit di permukaan danau menyebar dan terkonsentrasi pada bagian selatan, timur dan ke arah utara danau. Pola penyebaran ammonia di permukaan Danau Tondano adalah menyebar secara merata dan lebih banyak terkonsentrasi muara sungai yang menjadi *inlet* danau.

KESIMPULAN

1. Transformasi nitrogen menjadi nitrat, nitrit, ammonia, konsentrasinya terdapat lebih tinggi di daerah masukan (*inlet*) dibandingkan dengan di daerah keluaran (*outlet*), karena *inlet* Danau Tondano adalah *outlet* dari saluran irigasi, tiga sungai yang melewati areal pertanian lahan basah dan lahan kering, permukiman, membawa nutrisi masuk ke Danau Tondano. Danau Tondano menunjukkan bahwa massa N yang tertinggal di Danau Tondano adalah $\text{NO}_3^- = 83.892$ ton; $\text{NO}_2^- = 1177$ ton; $\text{NH}_3^- = 7683$ ton. Dilihat dari kandungan Chlorofil-a Danau Tondano sudah berstatus *eutrof* bahkan sudah mengarah ke *Hipereutrof*.
2. Dampak terhadap lingkungan biotik telah menyebabkan pertumbuhan flora akuatik dengan komposisi yang didominasi oleh *Eichhornia crassipes* dan *Hydrilla verticillata* sehingga indeks dominansi tinggi oleh tutupan *Eichhornia crassipes* dan *Hydrilla verticillata* yaitu terdapat di semua wilayah pesisir Danau Tondano.
3. Sebaran spasial Nitrogen total konsentrasi tinggi terdapat di *outlet* sungai dan *outlet* saluran irigasi, menandakan bahwa daerah tangkapan danau memberikan kontribusi yang besar terhadap proses eutrofikasi danau.
4. Selain daerah tangkapan danau, pemanfaatan perairan danau untuk budidaya perikanan memberi sumbangan terhadap eutrofikasi di sebagian danau.

SARAN

- 1). Sebaiknya dibuat zona pemanfaatan di Danau Tondano dalam rangka untuk pengelolaan dan pemantauan Danau Tondano yang berkelanjutan. Bagian barat Danau Tondano adalah untuk kegiatan pariwisata dan bagian timur Danau Tondano adalah untuk perikanan budidaya dengan mempertimbangkan daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.
- 2). Diupayakan untuk mencegah nutrisi masuk ke Danau Tondano yaitu dari aktivitas pertanian dengan menggunakan pupuk organik, aktivitas perikanan budidaya (KJA) dengan menggunakan *pellet* secara optimal

DAFTAR PUSTAKA

- Ahalya, N and Ramachandra T.V. 2001. Wetlands Restoration and Conservation – What, How and Why? *Proceedings of National Conference on Control of Industrial Pollution and Environmental Degradation*. September 14-15, 2001. PSG College of Engineering, Coimbatore : 560-564.
- Bush, M.B., 2000. *Ecology of a Changing Planet*. Prentice Hall, New Jersey.
- Goldman, C. R. and A. J. Horne. 1983. *Limnology*. International Student Edition. Mc. Graw Hill. Int. Book. Co. Tokyo.
- Hehanussa , P dan Haryani,G., 2009. Klasifikasi Morfogenesis Danau di Indonesia untuk Dampak Perubahan Iklim, *Makalah: Konferensi Nasional Danau di Indonesia I di Bali 13-15 Agustus 2009*
- JICA, 2001. The Study on Critical Land and Protection Forest Rehabilitation at Tondano Watershed in Republic of Indonesia. Vol I, *Main Report*, Nippon Koei Co. Ltd and Kokusai Kogyo Co. Ltd.
- Rapaglia, John P., and Henry J. Bokuniewicz. 2009. The effect of groundwater advection on salinity in pore waters of permeable sediments. *Limnology and Oceanography*. Vol. 54(2) : 630-643.
- Sudarmadji, 2009. Perubahan Ekosistem danau sebagai Dampak Kerusakan Daerah Aliran Sungai dan Pengelolaannya. *Makalah Konferensi danau Indonesia I di bali 13-15 Agustus 2009*.
- Wantasen, S., 2012. Sebaran Spasial Ekologi Nitrogen di Danau Tondano. Provinsi Sulawesi Utara. *Disertasi*. Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.

PERAN SUMBER DAYA PERIKANAN DALAM PENGEMBANGAN WILAYAH PERDESAAN DI DANAU SEMAYANG-MELINTANG

Tjandra Chrismadha, Lukman, Triyanto, M Fakhruddin

Pusat Penelitian Limnologi LIPI

Kompleks LIPI Cibinong, Jl. Raya Bogor Km 46, Cibinong 16911

Telpon 021 8757071, Faksimili 021 8757076, email tjandra@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Danau Semayang-Melintang merupakan tipologi danau paparan banjir yang menjadi bagian dari Sistem Sungai Mahakam di Propinsi Kalimantan Timur. Perairan paparan banjir dikenal sebagai kawasan dengan produktivitas perikanan tinggi. Dominasi sektor perikanan dalam kehidupan masyarakat di sekitar danau tampak secara kasat mata, dan hal ini dikonfirmasi dengan hasil analisis Location Quotation (LQ) sector ini di lima kecamatan sekitar danau terhadap kawasan Kutai Kartanegara secara keseluruhan, dimana nilai LQ untuk sektor perikanan berkisar 7,7 – 8,8, dimana tingkat produksi perikanan mencapai 42.037,4 Ton/tahun, dengan nilai ekonomi Rp. 846,9 milyar per tahun, terdiri dari produksi perikanan umum 61,24% dan perikanan budidaya 38,76%. Dilihat dari aspek tata ruang, kawasan sekitar danau sangat berpotensi untuk dijadikan kawasan pengembangan wilayah berbasis sumber daya perikanan (minapolitan), dimana pusat pertumbuhan idealnya di Kecamatan Kota Bangun, sementara desa-desa yang berada di kawasan danau berfungsi sebagai sentra-sentra produksi perikanan. Langkah-langkah strategis yang perlu dilakukan untuk membangun kawasan pengembangan berbasis sumber daya perikanan ini meliputi penguatan kelembagaan, infrastruktur daerah, serta pengelolaan lingkungan yang dapat menjamin kesinambungan produktivitas perikanan di perairan danau dan sekitarnya.

Kata Kunci: *Perikanan, danau paparan banjir, perdesaan, Semayang-Melintang*

PENDAHULUAN

Danau Semayang (13.000 ha) dan Danau Melintang (11.000 ha) merupakan danau paparan banjir di DAS Mahakam yang berlokasi di Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. FAO (1999) menyebutkan perairan paparan banjir pada umumnya merupakan tipe perairan yang berpotensi tinggi namun sangat rawan. Tingkat keragaman hayati disertai produktivitas biologis yang tinggi, serta kemampuan pemulihan diri (resillience) yang besar terhadap tingkat eksploitasi yang intensif merupakan potensi sumber daya yang sangat besar untuk menopang berbagai alternatif kehidupan di dalamnya. Namun perairan paparan banjir juga dianggap sangat rentan karena lingkungan perairan tersebut secara langsung maupun tak langsung bersentuhan dengan beragam pemangku kepentingan, mulai dari perikanan, pertanian, transportasi, kehutanan hingga air baku industri, sehingga di dalamnya sering terjadi konflik

kepentingan yang bersifat sektoral. Demikian juga perairan paparan banjir sangat rawan terhadap pengaruh negatif berbagai aktivitas dan perubahan tata guna lahan di daerah tangkap airnya, terutama pada kondisi Danau Semayang-Melintang yang memiliki daerah tangkap air yang sangat luas. Karena hal-hal tersebut lingkungan perairan paparan banjir memerlukan sistem pengelolaan yang lebih kompleks dibandingkan dengan tipe lingkungan perairan lainnya.

Area genangan Danau Semayang-Melintang membentang di 5 desa di dalam wilayah 4 Kecamatan (Tabel 1), keseluruhannya berada di dalam wilayah administrasi Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur.

Tabel 1. Desa-desa wilayah Danau Semayang-Melintang

Desa	Kecamatan	Luas Desa	Luas Kecamatan	% Luas
Semayang	Kenohan	188	1151	16,30
Pela	Kotabangun	53	1038	5,15
Melintang	Muara Wis	138	1078	12,78
M Enggelam	Muara Wis	264	1078	24,51
T Batuq Harapan	Muara Muntai	75	817	9,15

Kepadatan penduduk di wilayah kecamatan sekitar Danau Semayang-Melintang relatif masih rendah, yaitu berkisar antara 8 - 25 jiwa / km² (Kukar dalam Angka, 2008), sementara kepadatan penduduk di wilayah perdesaan dalam kawasan danau berkisar 3 – 26 jiwa/km², tertinggi di Desa Pela 26 jiwa/km² dan terendah di Desa Muara Enggelam 3 jiwa/km². Dilihat dari aspek kewilayahan dan tata ruang kawasan Danau Semayang-Melintang merupakan kawasan perdesaan, karena sifat masyarakat yang hidup di kawasan itu masih bertumbu pada eksploitasi sumber daya alam di sektor hulunya, yaitu menangkap dan budidaya perikanan (Tabel 2). Kegiatan proses produksi yang merupakan ciri utama masyarakat perdesaan ini tersebar di lima desa yang berlokasi di pinggir perairan, yaitu Desa Pela di Kecamatan Kotabangun, Desa Melintang dan Desa Muara Enggelam di Kecamatan Muara Wis, Desa Semayang di Kecamatan Kenohan, dan Desa Tanjung Batuq Harapan di Kecamatan Muara Muntai.

Tabel 2. Karakteristik masyarakat wilayah desa-desa sekitar Danau Semayang-Melintang

Faktor	Karakteristik Masyarakat
Lokasional / Lingkungan Hidup	Masyarakat desa pesisir, terutama dicirikan oleh sistem pemukiman yang beradaptasi dengan pola lingkungan paparan banjir
Proses produksi	Mayoritas masyarakatnya nelayan pencari dan pembudidaya ikan; beberapa bidang profesi lain adalah petani, peternak, pedagang dan pegawai negeri
Sosial budaya	Masyarakat desa tradisional yang dipengaruhi kuat oleh budaya kota → industrial, mobilitas, komunikasi dan perdagangan Struktur kesukuan : Dayak, Banjar, dan Kutai Agama : mayoritas Muslim
Politik ekonomi	Ketergantungan pasar produk perikanan pada perkotaan (P Jawa) meskipun saat ini sisi permintaan masih lebih tinggi Ketergantungan suplai produk non perikanan / pertanian dari luar Struktur kelembagaan yang masih lemah

Sumber: Data survey 2010

Dilihat dari aspek kebijakan pembangunan, khususnya dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten kutai Kartanegara kawasan Danau Semayang-Melintang merupakan bagian dari dua Wilayah Pengembangan Terpadu. Seperti diketahui, dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Panjang 2005-2025, Kabupaten Kutai Kartanegara telah menetapkan pembagian tiga Wilayah Pengembangan Terpadu (WPT), yaitu WPT I, WPT II, dan WPT III. WTP III melingkupi wilayah bagian hilir Kabupaten Kukar, yaitu meliputi 6 (enam) kecamatan yaitu Tabang, Kembang Janggut, Kenohan, Muara Muntai, Muara Wis dan Kota Bangun sebagai Pusat Pelayanan Wilayah. Wilayah ini mempunyai bidang unggulan perikanan air tawar, kehutanan dan perkebunan. Lima desa kajian termasuk dalam WPT ini.

SUMBERDAYA PERIKANAN DI DANAU SEMAYANG-MELINTANG

Perairan paparan banjir di kawasan Danau Semayang-Melintang sangat penting secara ekonomi, sebagai sumber perikanan dengan produktivitas berdasarkan tingkat eksploitasinya mencapai 152 kg/ha/tahun (Lukman, 1998). Beberapa laporan mencatat sedikitnya ada 33 jenis ikan yang menghuni danau-danau di perairan Danau Semayang-Melintang, yang sebagian besar merupakan jenis ekonomi penting, diantaranya belida, patin, jelawat dan gabus (Tabel 3). Survey tahun 2010 melaporkan

hanya ada 12 jenis ikan bernilai ekonomi penting yang masih ditangkap oleh nelayan danau. Data statistik Kabupaten Kutai Kartanegara memperlihatkan tingkat produktivitas perikanan di perairan Danau Semayang-Melintang dan sekitarnya pada tahun 2008 mencapai 24.000 ton, sementara jumlah nelayan mencapai 11.270 orang. Hasil analisa GIS memperlihatkan potensi luas perairan untuk kegiatan penangkapan ikan didasarkan pada aspek kelayakan usahanya, yaitu seluas 11.395 Ha. Sementara hasil survey menunjukkan kecenderungan peningkatan baik jumlah produksi tangkapan maupun jumlah nelayan dari tahun ke tahun.

Evaluasi sektor unggulan kawasan Danau Semayang-Melintang telah dilakukan melalui analisa skalogram berdasar kriteria-kriteria sebagai berikut :

- a. Potensi sumber daya alam yang mendukung kegiatan sektoral
- b. Tingkat keterlibatan masyarakat desa pada kegiatan sektoral
- c. Besarnya skala dan keluasan kegiatan sektoral (hulu-hilir)
- d. Keberadaan dukungan sarana dan prasarana infrastruktur
- e. Kesesuaian dengan kebijakan pembangunan wilayah

Dari hasil evaluasi ini bahwa sektor perikanan merupakan sektor yang paling dominan di semua desa, diikuti oleh sektor peternakan, sektor pertanian, dan sektor pariwisata (Gambar 1). Bila pada masing-masing desa dipilih dua sektor unggulan, maka Desa Pela dan Desa Melintang mempunyai sektor unggulan perikanan dan peternakan, sedangkan Desa Semayang dan Desa Muara Enggelam mempunyai sektor unggulan perikanan dan pertanian. Kegiatan sektor wisata di kelima desa masih relatif lemah, meskipun dilihat dari segi potensi sumber daya alam dan sosial budaya masyarakatnya terlihat cukup potensial.

Tabel 3. Keragaman jenis ikan yang pernah ditemukan di perairan Danau Semayang-Melintang (Hartoto, 1997)

No.	Jenis	Nama Lokal	Type
1	<i>Helestoma tceminckii</i>	Biawan	BW
2	<i>Anabas testudineus</i>	Pupuyu	BW
3	<i>Trichogaster pectoralis</i>	Sepat Siam	BW
4	<i>Trichogaster tricopterus</i>	Sepat Jawa	BW
5	<i>Pristolepis fascialis</i>	Tempe	BW
6	<i>Mystus nigriceps</i>	Tangkara	BW
7	<i>Mystus nemurus</i>	Baung	BW
8	<i>Leiocassis stenosus</i>	Kelibere	BW
9	<i>Clarias bratacus</i>	Lele	BWW
10	<i>Clarias leiacanthus</i>	Penang	BW
11	<i>Chana lucus</i>	Kesong	BWW
12	<i>Chana strata</i>	Haruan	BW
13	<i>Chela oxygastroides</i>	Lalang	WW
14	<i>Rasbora argyrotaenia</i>	Seluang	WBW
15	<i>Thinnichthys vallianti</i>	Kendia	WW
16	<i>Osteochillus kelabau</i>	Kelabau	WW
17	<i>Osteochillus hasselti</i>	Curing	WW
18	<i>Osteochillus repang</i>	Repang	WW
19	<i>Punctius schwanefeldi</i>	Salap	WW
20	<i>Punctius nini</i>	Pahat	WW
21	<i>Leptobarbus hoeveni</i>	Jelawat	WW
22	<i>Barbichthys laevis</i>	Berokang	WBW
23	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	Bakut	BW
24	<i>Cryptopterus micronema</i>	Lais	WW
25	<i>Cryptopterus apogon</i>	Bentilap	WW
26	<i>Om[pok sabanus</i>	Lepo	WBW
27	<i>Micrognathus aculeatus</i>	Sisili	WW
28	<i>Arius maculatus</i>	Gagok	WW
29	<i>Arius thallasimus</i>	Lampa	WW
30	<i>Pangasius micronema</i>	Lancang	WW
31	<i>Pangasius nasutus</i>	Patin	WW
32	<i>Cynoglossus wandersi</i>	Mata Sebelah	WW
33	<i>Pterois russelli</i>	Lapok	BW

Keterangan :

WW : White water fish (ikan sungai)

BW : Black water fish (ikan rawa)

BWW : Black White water fish (ikan rawa & sungai)

Huruf btebal merupakan jenis ikan yang dipalorkan masih tertangkap pada saat ini



Gambar 1. Gambaran kekuatan kegiatan sektoral di kawasan Danau Semayang-Melintang

Hasil analisis ini sejalan dengan hasil analisis *Location Quotien (LQ)* yang memperlihatkan nilai tinggi pada sektor perikanan di semua kecamatan terkait perairan Danau Semayang-Melintang terhadap seluruh wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara (Tabel 4). Hal ini berarti bahwa kawasan Danau Semayang-Melintang merupakan kawasan penghasil ikan dan mengekspor produknya ke luar kawasan ini. Hasil analisis ini sangat konsisten dengan pengamatan realitas dilapangan, baik dari segi potensi sumber daya alam dimana keragaman jenis dan produktivitas ikan nampak melimpah, maupun ketergantungan masyarakat sekitar danau pada sumber daya ini yang selanjutnya berdampak pada skala eksploitasi hingga perkembangan usaha hilirnya. Kondisi sumber daya perikanan di desa-desa sekitar Danau Semayang-Melintang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Nilai LQ beberapa sektor di kecamatan-kecamatan wilayah Danau Semayang-Melintang

Kecamatan	Sektor		
	Perikanan	Pertanian/ Perkebunan	Peternakan
Kota Bangun	7,77	0,52	3,40
Muara Wis	11,96	0,41	0,80
Muara Muntai	12,85	0,38	0,38
Kenohan	7,40	0,64	1,14

Sumber : Hasil Analisa Data Survey 2010

Tabel 4.4.15. Kondisi sektor unggulan perikanan di wilayah Danau Semayang dan Melintang

	Pela	Smyg	Mltg	MEglm	TBTq	Total
Potensi wilayah						
Pot wilayah tangkap (ha)	30	291	130	190	320	961
Pot wilayah budidaya (km)	14	18	12.5	7	5	56.5
Keterlibatan masyarakat						
Jumlah RT	270	344	475	185	137	1391
Persentasi RT (%)	90,0	90,1	95,0	95,9	79,2	92,9
Unit usaha						
Perahu motor (Unit)	>270	>344	>475	226,0	>137	>1452
Karamba/Jaring apung	900,0	1032,0	850-1900	330,0	343,0	>3555
Skala ekonomi						
Jumlah jenis	10	9	10	8	9	10
Tonase total (ton/tahun)	1177.2	1300.7	1795.5	445.5	497.25	5216.2
Harga total (Rp. Milyard)	14.7	16	22.4	5.57	6.22	65
Dukungan sektor hilir						
Pengolahan hasil						
Jenis pengolahan	2	1	1	2	1	2
Juml RT pengolah	5	10	5	3	5	38
Pemasaran						
Juml RT pengumpul	5	10	5	3	5	38
Orientasi pasar						
Ikan segar	SMD	SMD	SMD	SMD	SMD	
Ikan olahan	BMS, SBY, JKT	JKT	JKT	JKT	JKT	

Sumber : Hasil Analisa Data Survey , 2010

Peran sumber daya perikanan sebagai sektor unggulan didukung oleh fakta-fakta statistik yang kuat, tergambar dari tonase produk yang mencapai 39.957 ton dengan total nilai Rp. 521.024.124.000,-, hampir 85 % total produk perikanan air tawar Kabupaten Kutai Kartanegara, atau 38 % dari total produk perikanan kabupaten ini bila perikanan laut dimasukan. Demikian juga bila dilihat dari tingkat keterlibatan masyarakat di sektor perikanan yang mencapai hampir 1800 KK, yang menduduki porsi 75 % dari seluruh rumah tangga perikanan di Kabupaten Kutai Kartanegara.

Peran sektor perikanan yang dominan tidak terlepas dari kondisi geografis wilayah danau yang merupakan kawasan paparan banjir dengan tingkat produktivitas perairan yang sangat tinggi. Kawasan paparan banjir dengan sistem Sungai Mahakam yang mempunyai kapasitas aliran air tinggi ini merupakan tempat yang sangat sesuai untuk pengembangan produk unggulan perikanan. Disamping itu unit-unit usaha perikanan di kawasan ini sudah berkembang secara tradisional dan mempunyai pasar tetap, khususnya di Pulau Jawa, dengan tingkat permintaan yang masih tinggi. Unit-unit usaha ini disamping bergerak dalam pemasaran, juga melakukan kegiatan pengolahan produk perikananannya, sehingga setidaknya satu orde nilai tambah telah secara tradisional berkembang. Hanya saja untuk lebih meningkatkan nilai tambah, masih perlu dilakukan berbagai upaya yang inovatif untuk mengembangkan teknik pengolahan untuk meningkatkan kualitas produk atau bahkan membangun produk baru berbasis produk perikanan yang dapat ditingkatkan hingga skala industri.

PENGEMBANGAN WILAYAH PERDESAAN

Dalam Undang-Undang Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang, wilayah didefinisikan sebagai ruang yang merupakan kesatuan geografis beserta segenap unsur yang terkait kepadanya yang batas dan sistemnya ditentukan berdasarkan aspek administratif dan atau aspek fungsional. Sedangkan yang dimaksud dengan kawasan pedesaan adalah wilayah yang mempunyai kegiatan utama pertanian, termasuk pengelolaan sumber daya alam dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman pedesaan, pelayanan jasa pemerintahan, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi. Kawasan ini dibedakan dengan kawasan perkotaan yang mempunyai cirri meliputi: tempat permukiman perkotaan serta tempat pemusatan dan pendistribusian kegiatan bukan pertanian, seperti kegiatan pelayanan jasa pemerintahan, kegiatan pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi. Perlu diperhatikan bahwa wilayah pedesaan

merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem tata ruang kabupaten secara khusus dan provinsi serta nasional secara lebih umum. Dalam hal ini, upaya-upaya pembangunan yang sinergis antara wilayah pedesaan dan perkotaan difasilitasi dengan dimungkinkannya pengembangan kawasan agropolitan, yang secara mendasar dapat dianggap sebagai apresiasi negara terhadap perlunya pembangunan masyarakat di wilayah pedesaan.

Menurut Rustiadi, *et al.* (2006) wilayah merupakan unit geografis dengan batas-batas spesifik tertentu dimana komponen-komponen wilayah tersebut satu sama lain saling berinteraksi secara fungsional. Sehingga batasan wilayah tidaklah selalu bersifat fisik dan pasti tetapi seringkali bersifat dinamis. Komponen-komponen wilayah mencakup komponen biofisik alam, sumberdaya buatan (infrastruktur), manusia serta bentuk-bentuk kelembagaan. Dengan demikian istilah wilayah menekankan interaksi antar manusia dengan sumberdaya-sumberdaya lainnya yang ada di dalam suatu batasan unit geografis tertentu.

Dengan demikian pengembangan wilayah pedesaan harus merupakan upaya sinergis pembangunan yang setidaknya-tidaknya mencakup tiga faktor penting, yaitu:

1. Pengenalan dan peningkatan kemampuan pengelolaan sumber daya alam lokal melalui pengembangan bidang-bidang usaha unggulan berbasis sumber daya alam, mulai dari tingkat primer, sekunder, hingga ke tingkat tersiernya.
2. Pengenalan dan peningkatan kemampuan pengelolaan modal sosial, khususnya masyarakat lokal untuk mendorong partisipasi yang sinergis dalam bidang-bidang usaha unggulan sehingga dapat tercapai tingkat efisiensi tinggi dan berkelanjutan
3. Penyediaan faktor penggerak pembangunan, meliputi aspek-aspek kebijakan, modal, infrastruktur, alih teknologi, pasar, dan lain-lain.

Djakapermana (2003) mengemukakan bahwa pengembangan kawasan agropolitan harus melingkupi aspek-aspek serta tahapan-tahapan penetapan pusat agropolitan, penetapan unit-unit kawasan pengembangan, penetapan sektor unggulan, dukungan sistem infrastruktur, dan dukungan sistem kelembagaan. Dalam hal ini penetapan sektor unggulan menjadi aspek penting yang memberikan arahan pada pengembangan sistem interaksi pusat kegiatan dengan kawasan pengembangannya serta pembangunan sistem kelembagaan dan infrastruktur yang mendukung proses interaksi

tersebut, dimana tujuan akhirnya tentu saja kesejahteraan masyarakat serta keberlanjutan sistem pembangunan itu sendiri.

Yang dimaksud sektor unggulan dalam kaitan dengan pengembangan kawasan agropolitan meliputi beberapa kriteria, yaitu: a) merupakan sektor unggulan yang sudah berkembang dan didukung oleh sektor hilirnya, b) kegiatan agribisnis yang banyak melibatkan pelaku dan masyarakat yang paling besar serta sesuai dengan kearifan lokal, serta c) mempunyai skala ekonomi yang memungkinkan untuk dikembangkan dengan orientasi ekspor. Mengacu pada kriteria ini maka sumber daya perikanan dapat dianggap sebagai sektor unggulan untuk pengembangan wilayah di sekitar Danau Semayang-Melintang, sehingga pengembangannya dapat diarahkan menjadi kawasan agropolitan berbasis sumber daya perikanan atau minapolitan. Hal ini juga sejalan dengan rencana strategis pembangunan wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara, terlihat dari pembagian WPT yang menenpatkan wilayah sekitar danau dalam WPT III dengan salah satu sektor unggulannya sektor perikanan. Upaya pengembangan kawasan berbasis perikanan dapat mengacu pada Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI No. PER.12 / Men / 2010 tentang Minapolitan.

Secara konseptual pengembangan kawasan agropolitan berbasis perikanan memerlukan tahapan-tahapan pembangunan sebagai berikut :

- a) Pembangunan pusat agropolitan terpadu dengan infrastruktur yang memadai untuk berfungsi sebagai pusat perdagangan dan transportasi produk perikanan, penyedia jasa pendukung usaha perikanan, pasar konsumen produk non-perikanan, pusat industri perikanan, serta penyedia pekerjaan non perikanan;
- b) Pembangunan kawasan pengembangan yang didalamnya meliputi pusat-pusat produksi perikanan serta unit-unit usahanya yang meliputi fungsi pendapatan masyarakat, produksi bahan baku industri perikanan, hingga upaya-upaya konservasi sumber daya perikanan dan perairan;
- c) Pembangunan infrastruktur yang mendukung aktivitas minapolitan, meliputi jaringan transportasi, listrik, distribusi BBM, dan telekomunikasi.
- d) Pengembangan kelembagaan, meliputi lembaga pengelola pengembangan kawasan minapolitan yang merupakan bagian dari Pemerintah Daerah serta lembaga insentif dan disinsentif pengembangan kawasan minapolitan.

PENGEMBANGAN WILAYAH PERDESAAN BERBASIS SUMBER DAYA PERIKANAN DI DANAU SEMAYANG-MELINTANG

Dalam konteks pembangunan nasional, pengembangan wilayah dilaksanakan melalui penataruangan (UU No 26 tahun 2007 tentang penataruangan nasional). Tataruang suatu wilayah terdiri dari struktur ruang dan pola ruang. Struktur ruang adalah tatanan sistem atau jaringan infrastruktur untuk melayani ruang atau wilayah tertentu, meliputi jaringan transportasi, listrik, distribusi BBM, telekomunikasi, dan sumber daya air. Penataan sistem infrastruktur ini didasarkan pada azas keterpaduan, efisiensi, inovasi, pengendalian dan peningkatan daya saing. Status atau tingkat kapasitas jaringan ditentukan berdasar besarnya area atau dampak sosial-ekonomi layanan yang diberikan. Dalam kaitan dengan hal ini, struktur ruang nasional dibagi menjadi beberapa hirarki, yaitu Pusat Kegiatan Nasional (PKN), Pusat Kegiatan Wilayah (PKW), dan Pusat Kegiatan Lokal (PKL). Sejalan dengan itu, jaringan infrastruktur diklasifikasikan menjadi Jaringan Primer, Sekunder, Tersier, hingga jaringan yang langsung melayani konsumen atau masyarakat. Secara sektoral konsep ini selanjutnya dikembangkan menjadi Pusat-pusat Pelayanan (PP), yang terbagi menjadi tiga, yaitu: PP Hirarki I untuk melayani > 100.000 orang, PP Hirarki II untuk melayani 50.000 – 100.000 orang, dan PP Hirarki III untuk melayani < 50.000 orang. Penetapan hirarki pusat pelayanan juga terkait dengan status wilayah sebagai wilayah perkotaan atau wilayah perdesaan.

Pola ruang mencakup tatanan fungsi wilayah, yang secara garis besar terbagi menjadi tiga, yaitu kawasan lindung, kawasan budidaya, dan kawasan strategis. Kawasan lindung terutama terkait dengan fungsi pelestarian sumber daya alam dan lingkungan serta upaya-upaya pengendalian kerusakan lingkungan hidup. Kawasan budidaya ditekankan pada pengembangan sumber daya alam lokal yang strategis dengan memperhatikan azas daya dukung lingkungan untuk mendukung pembangunan sosial ekonomi masyarakat secara keseluruhan. Kawasan strategis merupakan kawasan yang mempunyai fungsi strategis secara nasional, sehingga harus dikelola secara khusus, seperti kawasan perbatasan, habitat biota endemik, dan sebagainya. Dilihat dari kepentingan pelestarian pesut Mahakam, yang saat ini dianggap biota langka yang harus dilindungi, kawasan Danau Semayang-Melintang dan sekitarnya dapat saja diusulkan

sebagai kawasan strategis. Hal ini diperkuat dengan fungsi lingkungan perairan paparan banjir Danau Semayang-Melintang sebagai habitat beberapa jenis burung migrasi.

Dalam konteks penataruangan rencana tata ruang kawasan perdesaan merupakan bagian dari rencana tata ruang wilayah kabupaten yang disusun sebagai instrumen pemanfaatan ruang untuk mengoptimalkan kegiatan pertanian yang dapat berbentuk kawasan agropolitan. Dalam hal ini wilayah perairan Danau Semayang-Melintang merupakan bagian integral Kabupaten Kutai Kartanegara, sehingga seluruh perumusan perencanaan pengembangan wilayahnya harus sejalan dengan rencana strategis (RPJPD 2010-2015) dan kebijakan-kebijakan lain kabupaten ini. Seperti telah dikemukakan sebelumnya, wilayah perairan Danau Semayang-Melintang mencakup lima desa dalam empat kecamatan yang berada pada satu Wilayah Pembangunan Terpadu, yaitu WPT III, dengan pusat pelayanannya di Kota Bangun. Konsekuensinya pengembangan wilayah desa-desa di wilayah tersebut harus dipertimbangkan sebagai bagian integral dari wilayah kecamatan yang membawahnya.

Hasil survey memperlihatkan total jumlah penduduk di lima desa di dalam wilayah perairan danau sekitar 5.923 jiwa dengan usia angkatan kerja sekitar 5.000 jiwa. Jumlah populasi yang relatif kecil dengan sebaran yang luas tidak memungkinkan kawasan perairan danau untuk membangun sendiri pusat pertumbuhannya. Desa-desa ini lebih sesuai untuk menjadi kawasan sentra produksi perikanan yang merupakan bagian hinterland dari kawasan pengembangan minapolitan atau agropolitan berbasis sumber daya perikanan di atas.

Sementara itu berdasar data Kukar Dalam Angka Tahun 2008, pada tahun 2007 jumlah penduduk yang tinggal di lima kecamatan sekitar Danau Semayang-Melintang mencapai 98.736 jiwa, sementara tahun 2010 ini sudah mencapai angka 106.000 jiwa, dan diperkirakan akan terus bertambah menjadi 153.000 jiwa pada tahun 2020, dan 200.000 jiwa pada tahun 2030. Hal ini berarti kontribusi wilayah danau terhadap perkembangan Pusat Pertumbuhan kemungkinan tidak akan lebih dari 10 %. Dengan demikian, meskipun bila diarahkan untuk melayani empat kecamatan di wilayah sekitar danau dapat dipertimbangkan menjadi Pusat Layanan Hirarki I (melayani >100.000 jiwa), pengembangan Pusat Pertumbuhan di wilayah ini tidak dapat sepenuhnya mengandalkan sumber daya yang ada di wilayah perairan danau. Demikian juga bila

dilihat dari hasil survey, total penghasilan seluruh nelayan di Danau Semayang-Melintang mencapai sekitar Rp. 81.000.000.000,- per tahun, dimana bila seluruh penghasilan tersebut diasumsikan digunakan untuk biaya konsumsi, maka secara potensial akan memberikan kontribusi pada perputaran ekonomi sekitar 160 milyar rupiah. Angka ini hanya sekitar 18 % dari potensi perputaran ekonomi seluruh lima kecamatan tersebut, yang diperkirakan bisa mencapai hampir 900 milyar rupiah per tahun. Dengan demikian Pusat Pertumbuhan tersebut tidak dapat dikembangkan sebagai Pusat Pertumbuhan yang hanya melayani keperluan usaha perikanan berbasis produksi dari perairan danau, tetapi harus digunakan bersama-sama untuk juga melayani kawasan lain di sekitarnya, khususnya di empat kecamatan sekitar danau tersebut. Disamping faktor internal di atas, penetapan pusat pertumbuhan juga harus mempertimbangkan struktur tata ruang nasional yang terdiri dari pusat-pusat kegiatan yang berinteraksi secara berjenjang mulai dari pusat kegiatan nasional hingga ke hirarki yang paling bawah. Dalam hal ini aksesibilitas yang menjamin kelancaran layanan dari hirarki yang lebih tinggi harus menjadi perhatian dalam penetapan pusat pertumbuhan di atas. Berdasarkan pertimbangan hal-hal di atas, Kota Bangun dapat dianggap sebagai alternatif pertama pusat pertumbuhan di wilayah sekitar danau. Dilihat dari jumlah penduduk yang akan dilayani, dalam jangka menengah Kota Bangun dapat dikembangkan menjadi Pusat Pelayanan Hirarki II (melayani 50.000-100.000 orang), yang akan terus dikembangkan menjadi Pusat Pelayanan Hirarki I pada tahun-tahun selanjutnya. Hal ini terutama sejalan dengan rencana pembangunan strategis Kabupaten Kutai Kartanegara yang telah menetapkan Kota Bangun sebagai pusat pelayanan WPT III, yang membawahi empat kecamatan dan lima desa di lingkup perairan danau tersebut. Dalam dokumen RPJPD 2005-2025 Kabupaten Kutai Kartanegara, Kecamatan Kota Bangun juga telah ditetapkan sebagai wilayah pengembangan agroindustri. Namun mengingat peran sektor perikanan yang sangat menonjol di lima kecamatan tersebut, maka disarankan untuk mengembangkan Kota Bangun sebagai Pusat Pertumbuhan kawasan agroindustri terpadu dengan sektor unggulan perikanan atau minapolitan, sehingga pengembangan Pusat pertumbuhan Kota Bangun ini juga akan memberikan dampak pelayanan pembangunan di kawasan danau secara keseluruhan.

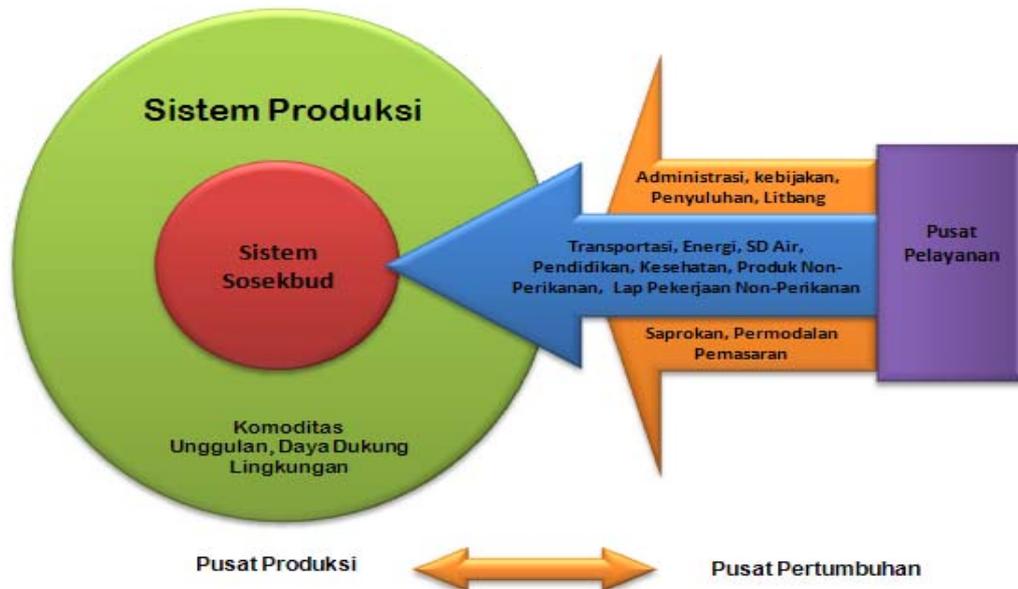
Konsekuensi dari penunjukan Kota Bangun sebagai Pusat Pertumbuhan adalah bahwa sebagian besar infrastruktur untuk distribusi pelayanan ke seluruh wilayah

sekitar danau akan dipusatkan di Kota Bangun. Sementara Kota Bangun sendiri menerima distribusi layanan dari Kota Tenggara sebagai Pusat Kegiatan Wilayah. Permasalahan selanjutnya yang perlu dipertimbangkan adalah sebaran penduduk yang relatif luas di wilayah perairan sekitar danau. Seperti telah diketahui desa terdekat ke Kota Bangun adalah Desa Pela yang berjarak 7 Km dengan waktu tempuh 15 – 30 menit menggunakan sarana transportasi air (Ces), sementara desa terjauh adalah Tanjung Batuq Harapan yang jaraknya mencapai 58 Km dengan sarana transportasi yang tersedia juga menggunakan jalur air.

Jarak tempuh yang terlalu jauh menuju pusat layanan akan menjadi permasalahan tersendiri bagi masyarakat desa yang bersangkutan, khususnya pada biaya transport serta waktu yang terbuang. Berdasar pertimbangan hal di atas dapat juga dibentuk Pusat Layanan hirarki lebih rendah di ibu kota kecamatan Muara Muntai, yaitu Pusat Layanan Hirarki III (melayani <50.000 orang). Pengalokasian jenis layanan pada Pusat Pelayanan hirarki lebih rendah didasarkan pertimbangan intensitas penggunaan layanan, ataupun tingkat urgensi pada saat layanan diperlukan. Ini berarti, layanan kebutuhan bahan pokok serta pendidikan dialokasikan sedekat mungkin ke konsumen karena masyarakat akan memerlukannya setiap hari. Demikian juga perihal layanan kesehatan atau perbaikan kerusakan peralatan produksi disarankan lebih didekatkan ke lokasi konsumennya. Pertimbangan aksesibilitas juga dapat memberikan kemungkinan untuk pengembangan Desa Pemberi Pelayanan (DPP), yaitu di Desa Melintang yang berada pada posisi sentral antara tiga desa, yaitu Desa Tanjung Batuq Harapan, Desa Muara Enggelam, dan Desa Semayang.

Sentra produksi adalah kawasan *hinterland* dari suatu kawasan pengembangan yang dicirikan oleh fungsi produksi bahan baku dan pengumpulan dan pengolahan hingga siap dipasarkan ke kawasan pusat pertumbuhan, baik untuk keperluan konsumsi maupun sebagai bahan baku industri. Dalam suatu kawasan pengembangan, sentra produksi merupakan salah satu segmen dari kawasan pengembangan yang akan memberikan kontribusi secara timbal balik pada pusat pertumbuhannya. Karena itu pengembangan desa-desa di sekitar Danau Semayang-Melintang sebagai kawasan sentra produksi perikanan harus memperhatikan aspek internal, yaitu meliputi infrastruktur sistem produksi dan kehidupan sosial-budaya, serta sistem interaksi dengan kawasan pusat pertumbuhannya (Gambar 2).

Sistem produksi perikanan terdiri dari sistem perikanan tangkap dan sistem perikanan budidaya yang mempunyai keperluan sarana dan prasarana agak berbeda. Sistem produksi perikanan tangkap meliputi seluruh aspek pengelolaan sumber daya perikanan, mulai dari pengelolaan produktivitas perairan dan populasi ikan di dalamnya, hingga sistem pengolahan dan pemasaran hasilnya.



Gambar 2. Konsep pengembangan sentra produksi

Hasil survey menunjukkan bahwa masyarakat nelayan di Danau Semayang-Melintang telah membangun infrastruktur sistem produksi secara swadaya hingga tingkat yang relatif lebih baik dibandingkan komunitas masyarakat dengan pola matapencaharian serupa di tempat lain di Indonesia. Hal ini tercermin dari kepemilikan sarana penangkapan ikan, khususnya perahu bermotor yang hampir dimiliki oleh semua nelayan, serta adanya unit-unit pengolahan dan jaringan pengumpul hasil perikanan di setiap desa. Permasalahan-permasalahan sistem produksi masih mengemuka pada aspek operasional dan pemeliharaan mesin, terutama terkait dengan pusat layanan pemeliharaan dan perbaikan yang relatif jauh, serta suplai bahan bakar minyak yang juga harus dibeli jauh dari desa.

Permasalahan yang lebih mendasar justru mengemuka pada kurang memadainya pengelolaan daya dukung lingkungan. Hasil survey memperlihatkan indikasi terjadinya

overeksploitasi terhadap sumber daya perikanan umum, yang tercermin dari hasil tangkapan yang cenderung semakin menurun dari tahun-ke tahun. Disamping itu terlihat juga indikasi ketidakberdayaan masyarakat nelayan menghadapi pengaruh iklim terhadap hasil tangkapan mereka. Upaya pemecahan masalah ini harus menjadi prioritas pada pengembangan infrastruktur perdesaan di sekitar danau ini.

Dari segi luas perairan, potensi perikanan budidaya di perairan Danau Semayang-Melintang masih dapat ditingkat lebih dari dua kali lipat kondisi saat ini. Namun diperkirakan hal tersebut tidak akan dapat dilaksanakan tanpa masukan unsur pakan buatan dalam kegiatan budidaya ini. Seperti diketahui, kegiatan budidaya perikanan, khususnya di kawasan danau pada umumnya memelihara ikan haruan atau ikan toman yang memerlukan ikan rucah sebagai sumber pakannya. Kegiatan penangkapan ikan rucah sebagai sumber pakan ikan budidaya ini diperkirakan mencapai lebih dari 4.800 ton/tahun sehingga memberikan kontribusi besar juga pada penurunan produktivitas tangkapan ikan yang bernilai ekonomis penting.

Sarana pendukung penting lainnya untuk pengembangan kegiatan perikanan budidaya adalah pembangunan panti-panti benih, karena selama ini para pembudidaya mengumpulkan benih ikan dari alam atau mendatangkannya dari Pulau Jawa. Pembangunan panti benih dapat sejalan dengan upaya restocking populasi ikan bernilai ekonomi penting seperti disebutkan di atas.

Di semua desa wilayah kajian ditemukan agen atau rumah tangga pengumpul hasil tangkapan maupun budidaya ikan. Harga jual produk ikan di tingkat pengumpul ini relatif seragam di semua desa dan bervariasi sesuai jenis ikan. Rumah tangga pengumpul pada umumnya merangkap sebagai pengolah ikan, dimana teknologi pengolahan pada umumnya dengan penggaraman. Teknologi pengolahan dengan pengasapan hanya ditemukan di Desa Muara Enggelam, dengan komoditas utama ikan baung. Jenis ikan yang diasinkan pada umumnya adalah ikan haruan, ikan toman, sepat siam, dan beberapa jenis ikan lainnya. Jenis-jenis ikan yang tidak dapat diolah dijual hidup langsung ke pengumpul orde-2 di Kota Bangun yang selanjutnya memasarkannya ke Kota Samarinda.

Agen pengumpul pada umumnya juga bertindak sebagai pemodal yang memberikan pinjaman biaya produksi pada nelayan dengan imbal pembayaran produk

perikanan. Dalam hal ini pengumpul memiliki posisi unggul dalam menentukan harga beli ikan dari nelayan. Sementara pengumpul sendiri menanggung resiko pemasaran yang relatif kecil karena permintaan barang di Pulau Jawa yang masih belum dapat terpenuhi. Untuk itu disarankan adanya pembangunan sarana tempat pelelangan ikan (TPI) untuk membantu nelayan memperoleh harga jual produk tangkapan maupun budidayanya yang lebih baik. Pembangunan sarana TPI ini harus dilakukan sejalan dengan pembangunan sarana perkreditan modal kerja di tingkat desa, sehingga nelayan dapat melepaskan ketergantungannya kepada pengumpul tertentu. Pembangunan sarana akses informasi tentang harga produk perikanan di pasar umum juga dapat membantu nelayan menentukan harga jual yang lebih baik untuk produknya.

Permasalahan utama pengolahan produk perikanan adalah waktu pengeringan yang tergantung pada sinar matahari, sehingga pada saat mendung pengeringan lebih lama dan meningkatkan resiko penurunan kualitas ikan hasil olahan. Beberapa rumah tangga pengolah mengatasi permasalahan ini dengan penggunaan bahan berbahaya untuk proses pengolahan, yaitu formalin, bahan pemutih, dan pestisida. Untuk mengatasi masalah ini perlu diupayakan peningkatan pengetahuan dan ketrampilan serta inovasi dalam proses pengolahan hasil perikanan.

Permasalahan berikutnya adalah mengupayakan peningkatan nilai tambah produk perikanan di sentra produksinya. Berdasar pengamatan survey, pada umumnya nelayan menjual hasil tangkapan atau budidayanya langsung ke pengumpul di desanya masing-masing. Selanjutnya pengumpul memisahkan jenis-jenis yang harus diolah dan langsung dijual segar. Penjualan ikan segar langsung dilakukan ke pengumpul berikutnya (orde-2) di Kota Bangun, sementara ikan hasil olahan dipak dalam karton dan dikirim langsung ke pemesannya di berbagai kota, khususnya di Pulau Jawa.

Peningkatan nilai tambah dapat dilakukan melalui inovasi proses pengolahan untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik atau produk baru berbasis ikan. Pemanfaatan produk perikanan sebagai bahan baku industri kerupuk ikan telah dikembangkan di Desa Pela sekitar akhir 1990-an, namun skala pemasarannya masih terbatas di sekitar Kota Bangun. Program litbang dan penyuluhan teknologi pengolahan hasil ikan perlu dikembangkan di kawasan ini untuk membantu masyarakat meningkatkan nilai tambah produk perikananannya. Peningkatan nilai tambah dapat juga

melalui perbaikan sistem pengepakan dan jaringan distribusi yang lebih dekat ke konsumen. Hal ini juga memerlukan litbang dan penyuluhan terkait dengan potensi dan preferensi pasar serta pengelolaan sistem pemasarannya.

Selain aspek sistem produksi di atas pengembangan kawasan sentra produksi perikanan harus juga didukung pembangunan sarana prasarana sosial-budaya, meliputi aspek-aspek: pemukiman, pendidikan, kesehatan, peribadatan, pasar produk non-perikanan, transportasi, energi, sumber air bersih, serta telekomunikasi dan informasi. Kesemua aspek tersebut saling terkait dan melengkapi serta menentukan kualitas hidup masyarakat.

Dalam konteks interaksi antara desa-desa sentra produksi perikanan dengan kawasan pusat pertumbuhannya, pusat pertumbuhan harus dapat mengemban berbagai fungsi, meliputi : 1) pusat perdagangan dan transportasi, 2) penyedia jasa pendukung produksi perikanan, 3) pasar konsumen produk non-perikanan, dan 4) pusat industri produk perikanan. Kualitas interaksi bergantung pada kapasitas pusat pertumbuhan dalam menjalankan fungsi-fungsi di atas serta assessibilitas yang ditentukan oleh sistem transportasi serta telekomunikasi dan informasi. Permasalahan agak spesifik kemungkinan ditemukan pada pengembangan sarana dan prasarana transportasi, karena karakteristik wilayah danau merupakan perairan umum, yang hanya dapat dilayani oleh sistem transportasi air.

PENUTUP

Sumber daya perikanan mempunyai potensi peran yang sangat besar untuk pengembangan kawasan sekitar Danau Semayang-Melintang untuk dijadikan kawasan pengembangan wilayah berbasis sumber daya perikanan (minapolitan), dimana pusat pertumbuhan idealnya di Kecamatan Kota Bangun, sementara desa-desa yang berada di kawasan danau berfungsi sebagai sentra-sentra produksi perikanan. Kondisi sumber daya perikanan di kawasan danau ini sebenarnya sudah relative maju disbanding dengan kawasan perairan danau paparan banjir lainnya di Indonesia. Namun upaya pengembangan lebih lanjut masih diperlukan, melalui langkah-langkah strategis meliputi penguatan kelembagaan, infrastruktur daerah, serta pengelolaan lingkungan yang dapat menjamin kesinambungan produktivitas perikanan di perairan danau dan sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Djakapermana, R.D. 2003. Pengembangan kawasan Agropolitan dalam rangka pengembangan wilayah berbasis rencana tata ruang wilayah nasional (RTRWN). Dirjen Penataan Ruang, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia.
- Hartoto, D.I. 1997. Notes on Limnological Condition of Lake Loa Kang as Fishery Reserve and Its Potential as Food Supply Habitat for Mahakam Freshwater Dolphin. Rehabilitasi Lingkungan Perairan Danau Semayang, Kalimantan Timur Seri Laporan PEP – LIPI No. 7/1997
- Hoggarth, D.D., V.J. Cowan, A.S. Halls, M. Aeron-Thomas, J.A. McGregor, C.A. Garaway, A.I. Payne, R.L. Welcomme. 1999. “Management Guidelines for Asian Floodplain River Fisheries”. FAO Fisheries Technical Paper. No. 384/1. 63pp.
- Lukman, 1998. Kondisi Kualitas air danau Semayang Sebagai Bagian Wilayah Paparan Banjir Mahakam Rehabilitasi Lingkungan Danau Semayang. Puslitbang Ekonomi dan Pembangunan (PEP)-LIPI
- Rustiadi, *et. al.*, 2006, *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*, edisi Mei 2006, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor

MITIGASI DANAU EUTROFIK : STUDI KASUS DANAU RAWAPENING

Tri Retnaningsih Soeprbowati

*Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro
trsoeprbowati@yahoo.co.id*

ABSTRAK

Danau Rawapening merupakan 1 dari 15 danau prioritas nasional 2010-2014 dengan problem utama eutrofikasi dan sedimentasi. Berdasarkan laju sedimentasi, maka diprediksi Danau Rawapening akan menjadi daratan pada tahun 2021. Berkaitan dengan fungsi utamanya untuk PLTA, irigasi, perikanan darat dan wisata, maka mitigasi kerusakan lingkungan Danau Rawapening harus segera dilakukan. Tahun 2011, Kementerian Lingkungan Hidup mencanangkan Gerakan Penyelamatan Danau (Germadan) Rawapening pada Konferensi Nasional Danau Indonesia II (September 2011). Germadan Rawapening terdiri dari 6 program superprioritas dan 11 program prioritas. Program tersebut dikembangkan melalui 3 konsep pendekatan, yaitu aplikasi sains dan teknologi untuk remediasi badan air, pengembangan kelembagaan untuk peningkatan pengelolaan danau dan pemberdayaan masyarakat dalam konservasi lingkungan. Guna mengembangkan mitigasi kerusakan danau, maka kajian ini dilakukan dengan studi kasus Danau Rawapening. Penanganan blooming eceng gondok yang merupakan program superprioritas ke 1 harus dilakukan integrasi secara mekanik dan biologi. Pemanenan masal dan serentak merupakan upaya pertama yang harus dilakukan. Guna menjaga kestabilan ekosistem, maka eceng gondok disisakan maksimal 20% dan dilokalisasi di bagian tepi danau sebagai sabuk hijau, sehingga aspek ekologis, ekonomis, dan sosial kemasyarakatan masih tetap terjaga. Bersamaan dengan hal tersebut, maka program ke 3 harus dilakukan, yaitu membuat kolam penampungan air di tiap inlet sungai ke danau untuk penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfor sebelum masuk ke danau. Penurunan konsentrasi nutrien, akan menjadi faktor pembatas pertumbuhan tumbuhan air.

Key words: *mitigasi, Germadan, Danau Rawapening, pengelolaan danau*

ABSTRACT

Rawapening Lake is 1 out of 15 national priority lake of 2010-2014 with the main problem of eutrophication and sedimentation. Based on the sedimentation rate, it was predicted that in the year of 2012 Rawapening Lake will full of sediment. Regarding to its function for hydroelectricity power, agricultural irrigation, fisheries and tourism, the mitigation is a must to be done urgently. In the 2011 second KNDI (National Conference of Indonesia Lake), The Ministry of Environment stated Gerakan Penyelamatan Danau (Germadan) Rawapening. Germadan was developed by 3 approach concept of science and technology application for for water body remediation; institutional improvement for lake management; and community involvement for lake conservation. This study had been done to develop lake mitigation, case study of Rawapening Lake. The main superpriority program for water hyacinth blooming had to be integrated of mechanical and biological approach. Mass harvesting all at once had to be implemented, localised maximum of 20% water hyacinth for green belt in the lake edge. This may maintaince for ecological, economical and social life. At the same time, the 3th program of lake impoundment in the 16 inlet have to be built to reduce nitrogen and phosphorous concentration enter to the lake. The reduction of nutrient concentration will decrease aquatic plant growth.

Keywords: *mitigation, Germadan, Rawapening Lake, lake management*

PENDAHULUAN

Kelestarian lingkungan hidup (termasuk ekosistem perairan) merupakan salah satu hal yang menjadi target dalam MDGs (*Millenium Developing Goals*). Dalam MDGs Indonesia menargetkan pada tahun 2015 50% masyarakat terlayani air bersih, namun saat ini yang terlayani air bersih baru 15%. Hal ini berkaitan dengan penurunan kualitas air perairan darat Indonesia hingga 50% akibat limbah industri dan rumah tangga yang terus bertambah. Perairan tawar Indonesia dalam ancaman serius dan krisis yang terjadi sudah sangat nyata, diindikasikan oleh pencemaran yang semakin tinggi, sampah domestik, kematian ikan, eutrofikasi, *blooming algae*, pendangkalan danau dan kerusakan badan air. Hal tersebut merupakan akibat dari rusaknya daerah aliran sungai, tingginya laju deforestasi, serta perusakan lingkungan (Haryani, 2010). Oleh karena itu sangat diperlukan upaya pengendalian, dan pengelolaan yang tepat sasaran sehingga fungsinya dapat terus terjaga.

Eutrofikasi adalah pengkayaan perairan terutama oleh unsur nitrogen dan fosfor sehingga menyebabkan pertumbuhan tidak terkontrol dari algae maupun tumbuhan air (Scholten, *et al.*, 2005). Sumber nitrogen dan fosfor terutama berasal dari pupuk pertanian, perikanan, dan limbah rumah tangga.

Danau Rawapening merupakan reservoir alami dan landmark Jawa Tengah (Bappeda Prov Jateng, 2005), merupakan bagian dari wilayah strategis Jratunseluna (Permen PU Nomor 11A/PRT/M/2006), dan merupakan danau paling kecil diantara 15 danau prioritas nasional 2010-2014 dengan luas 2.670 Ha (KLH, 2010), namun memiliki fungsi sangat penting untuk PLTA, pengendali banjir, sumber air baku air minum, irigasi, perikanan dan pariwisata. KLH pada tahun 2011 mencangang Gerakan Penyelamatan Danau (GERMADAN) Rawapening dalam Konferensi Nasional Dsanau Indonesia II (Semarang, September 2011). 4 hal tersebut merupakan nilai strategis Danau Rawapening sehingga sangat diperlukan upaya konservasinya.

Laju sedimentasi Danau Rawapening 778,93 ton/tahun, sehingga sejak tahun 1976 hingga 1999 terjadi penurunan volume air 29,34%, diprediksi pada tahun 2021 Danau Rawapening akan menjadi daratan (Pemerintah Kabupaten Semarang, 2000). Berdasarkan kandungan Total Fosfor Danau Rawa Pening dalam kondisi mesotropik, tapi berdasarkan kandungan Total Nitrogen dan kecerahan perairan yang kurang dari 2 meter termasuk dalam kondisi eutrofik. Hal ini ditunjukkan oleh dominannya

Aulacoseira granulata dan *Melosira varians* (Soeprbowati & Suedy, 2010). Kandungan nitrogen dan fosfor Danau Rawapening fluktuatif dan ada kecenderungan kenaikan sejak tahun 1970an berkaitan dengan intensifikasi pertanian (Soeprbowati *et al.*, 2012).

Dampak eutrofikasi yang sangat nyata adalah *blooming* eceng gondok, yang dari tahun ke tahun menunjukkan kecenderungan kenaikan persentasi penutupannya ke danau. Upaya pengelolaan telah dilakukan hampir setiap tahun, namun degradasi kualitas airnya semakin menurun.

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka penelitian ini dilakukan guna mendapatkan solusi alternatif mitigasi danau eutrofik, khususnya danau Rawapening.

BAHAN DAN METODE

Dalam penelitian ini data dikelompokkan menjadi 2, yaitu data primer dan sekunder. Data primer meliputi data kualitas air, jumlah karamba jaring apung dan jaring tancap. Data primer tersebut diperoleh dari penelitian yang dilakukan, sedangkan data sekunder merupakan data tambahan yang merupakan pendukung data primer. Data sekunder terdiri atas peta, *land use*, curah hujan dan publikasi Rawapening yang dikumpulkan dari berbagai sumber. Penelitian ini dilakukan mulai tahun 2008 dengan pengambilan sampel air dari Danau Rawapening, dan pemanfaatan data monitoring kualitas air Danau Rawapening yang tersedia di Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah.

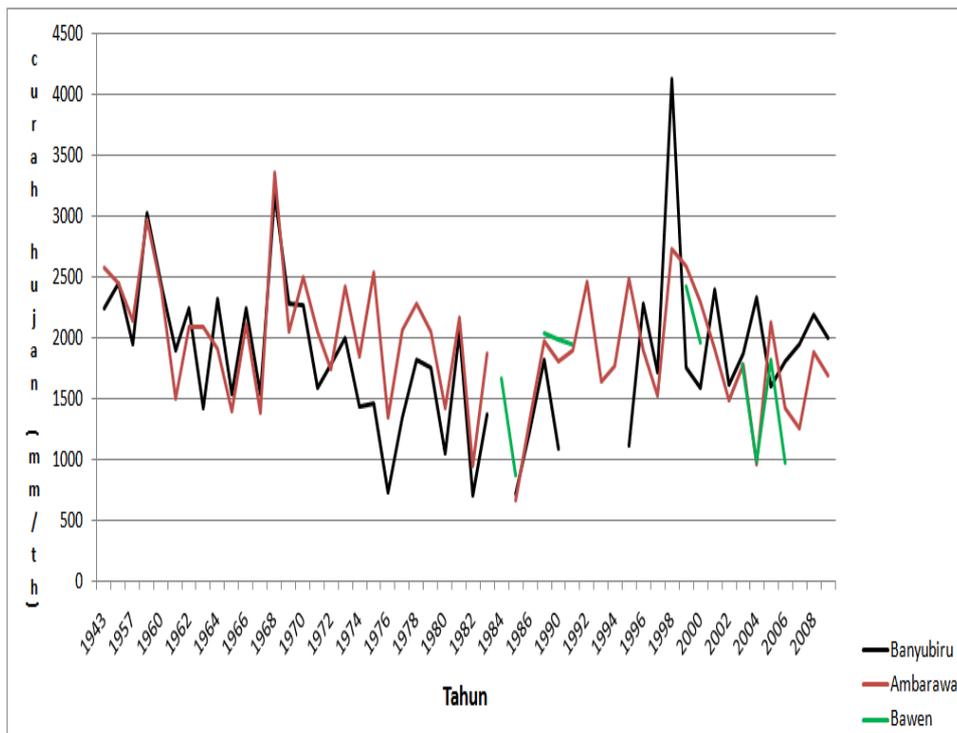
HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, iklim di wilayah Rawapening dapat dikategorikan sebagai daerah beriklim tropis basah (*humid tropical climate*) karena termasuk tipe Af sampai Am dari klasifikasi iklim Koppen, sedangkan dalam klasifikasi iklim [Schmidt Ferguson](#) termasuk dalam klasifikasi iklim C- D. Jika di klasifikasikan, maka daerah sekitar Ambarawa atau sekitar wilayah Rawapening dapat dikategorikan sebagai, hutan munson.

Berdasarkan rekonstruksi yang telah dilakukan, kondisi eutrofik Danau Rawapening sudah terjadi sejak tahun 1967, perairan kaya akan bahan organik (Soeprbowati *et al.*, 2012). Sangat dimungkinkan kondisi eutrofik tersebut sudah

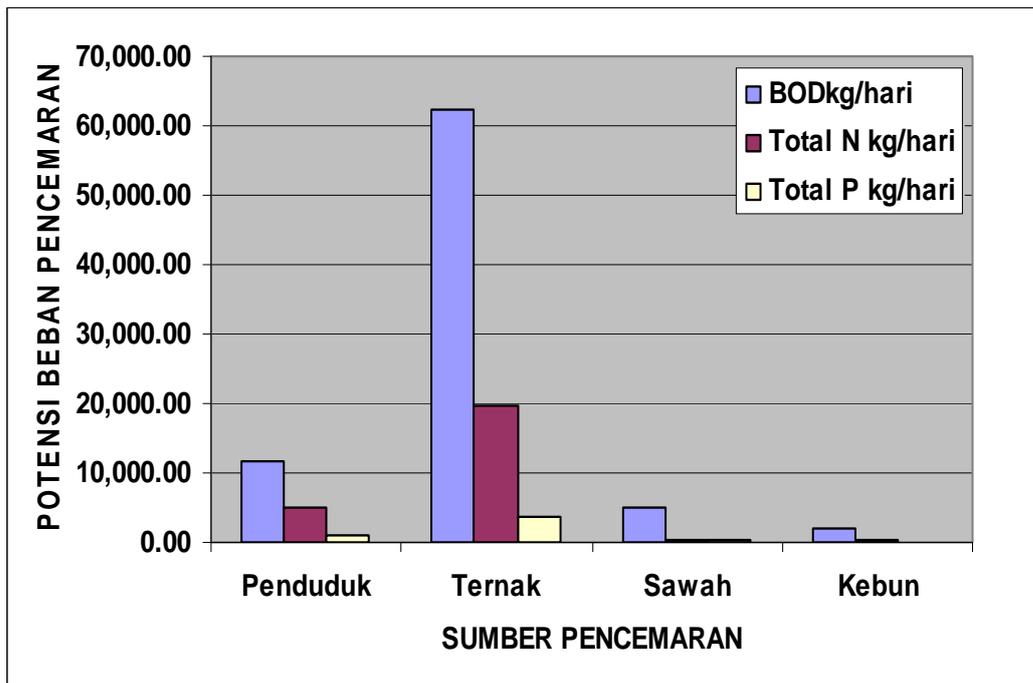
terjadi sebelumnya, namun tidak terekam dalam sampel yang diperoleh pada penelitian tahun 2008 paling tebal 63 cm.

Berdasarkan data curah hujan sejak tahun 1943, maka pada tahun 1958, 1969, dan 1997 curah hujan lebih tinggi dibandingkan tahun lainnya. Antara tahun 1968 – 1996 curah hujan relatif stabil (kurang dari 2.500 mm/tahun; Gambar 1). Kondisi ini menyebabkan laju akumulasi yang lebih tinggi pada danau, sehingga konsentrasi nitrogen dan fosfor semakin meningkat.



Gambar 1. Curah hujan/tahun di setasiun Banyubiru, Ambarawa dan Bawen tahun 1943 – 2009 (Sumber BMG)

Sumber utama pencemaran air Danau Rawapening, khususnya nitrogen dan fosfor berasal dari limbah penduduk, limbah ternak, limbah pertanian dan limbah pakan ikan. Limbah ternak merupakan sumber potensi beban pencemaran air yang terbesar. Limbah ternak berkontribusi 20.000 kg total nitrogen/hari, (KLH, 2011b; Gambar 2).



Gambar 2. Potensi beban pencemaran DTA Danau Rawapening (KLH, 2011)

Pencemaran yang terjadi di DTA akan mencemari Danau Rawapening. Input nitrogen berasal dari Sungai Parat (0,60 mg/l) sedangkan input fosfor terbesar dari Sungai Kedungringin (0,29 mg/l) dan input kalium terbesar dari Sungai Torong (2,48 mg / l). Sementara itu Total beban nitrogen, fosfor dan kalium di sungai output berturut-turut 17.308,8 kg N, 2.554,8 kg P dan 11.869,2 kg K per musim. Kondisi ini lebih rendah dari total beban nitrogen, fosfor dan kalium dari sungai-sungai input berturut-turut 34.860 kg N, 17.511,6 kg P dan 14.430 kg K per musim. Hal ini berarti terjadi akumulasi 17.551,2 kg N, 14.956,8 kg P dan 2.560,8 kg K per musim (Tabel 1; Yahia, 2010). Hal tersebut yang menyebabkan pertumbuhan yang semakin cepat dari eceng gondok.

Tabel 1. Input, output, dan akumulasi Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) Danau Rawapening (Yahia, 2010)

Sungai	INPUT (kg/musim)			OUTPUT (kg/musim)			AKUMULASI (kg/musim)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Parat	4.860			7.309			7.551		
Kedungringin		7.512			.555			4.957	
Torong			4.430			1.869			.561

Di Danau Rawapening, terdapat 738 unit karamba yang menempati area 2,21 Ha dengan produksi ikan 872,6 ton/tahun dan menjadi sumber penghidupan bagi 1.388 nelayan. Jika dilihat jumlah produksi perikanan tangkap di Danau Rawapening semakin meningkat dari 982,50 ton/th (2002) hingga 1.042,80 ton/th ((Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007).

Pada tahun 2010, berdasarkan pendataan yang dilakukan secara langsung diperoleh jumlah karamba meningkat menjadi 1.249 terdiri dari 654 karamba tancap dan 595 karamba jaring apung yang menempati area seluas 3,78 Ha (Tabel 2). Pakan ikan yang diberikan berupa bekatul 30 kg per unit karamba tancap per bulan, sedangkan untuk karamba jaring apung diperlukan pakan 10-15 kg bekatul per unit. Pada umumnya para petani ikan memberi pakan tambahan berupa roti bekas, kangkung, daun ketela pohon, dan daun talas apabila ikan sudah besar. Sisa pakan tersebut menambah beban pencemaran pada danau.

Tabel 2. Jumlah karamba, luas dan pakan yang diberikan/bulan di Danau Rawapening

Sub zona budidaya	Kecamatan	tancap (unit)			apung (unit)			Luas (Ha)
		tancap	luas (Ha)	pakan (kg/bln)	apung	luas (Ha)	pakan (kg)/bln	maksimal (*)
Tuntang	Tuntang	320	0,80	9.600	-	-	-	4.5
Sumurup	Bawen	154	0,385	4.620	4	0,0144	150	1.5
Nglonder	Ambarawa	180	0,45	5.400	174	0,6264	2.610	3
Serondo								
Puteran	Banyubiru	-	-	-	417	1,5012	6.255	6
Sumenep		-	-	-				
Muncul		-	-	-				
Talang Alit		-	-	-				
Segalok		-	-	-				
Jumlah		654	1,635	19.620	595	2,142	9.015	15

Sumber: data primer, 2010

* Perda No 25 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Sumberdaya ikan di Rawapening

Budidaya ikan yang dikembangkan masyarakat sekitar danau cenderung naik seiring dengan waktu. Pada tahun 2007 luasan karamba apung di Rawapening berkisar 2,21 Ha, masih dibawah dari luasan yang diperbolehkan yaitu 15 Ha (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007). Regulasi yang mengatur tentang pengembangan karamba di Danau Rawapening telah ada yaitu Perda No 25, tahun 2001. Meskipun luas karamba yang ada masih jauh dari luas maksimal yang diijinkan, namun dari penelitian ini diketahui bahwa pemupukan pada karamba dan pemberian pakan yang berlebihan mengakibatkan penurunan kualitas air. Dengan demikian, maka diperlukan pengkajian ulang terhadap perda tersebut mengingat jumlah karamba yang ada sekarang, meskipun masih jauh dari yang diperbolehkan, telah mempengaruhi kualitas air danau.

Zonasi telah dibuat Pemerintah Kabupaten Semarang, bahwa kultur jaring apung ikan di Danau Rawapening terletak pada zona pemancingan, 3 Ha di sub zona Puteran (Banyubiru) dan 1,5 serta 3 Ha di dekat sub zona Cobening (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007). Namun, pengembangan budidaya ikan di Danau Rawapening memerlukan pengetahuan yang matang sehingga pengembangan budidaya ikan tetap memperhatikan kemampuan danau dalam menerima tekanan. Penempatan jaring apung juga memerlukan pengaturan, sehingga lebih proporsional di masing-

masing zona dan tidak menggerombol di lokasi tertentu saja, guna menjaga kualitas air danau.

Jenis ikan tangkap di Danau Rawapening antara lain nila hitam, mujair, udang tawar, wader ijo, udang-udangan, gabus, sepat siam, betutu, lele ((Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2007). Ikan yang dibudidayakan di karamba tancap (KT) dan karamba jaring apung (KJA) antara lain mas/karper, tawes, nila, lele, patin, bawal, koan dll. Ikan gurame hanya dibudidayakan di KJA.

Pada tahun 1976, kondisi eutrofik Danau Rawapening telah memicu pertumbuhan tumbuhan air (Goltenboth, 1979). Pada tahun 1994, penutupan eceng gondok pada Danau Rawapening 18,45%, diimbangi oleh *Salvinia* 15,38% dan *Hydrilla* 7,69% (Goltenboth & Timotius, 1995). Pada tahun 2004-2005, penutupan eceng gondok menjadi 60-70% (Soeprbowati dkk, 2005). Pada Desember 2006 berdasarkan up dating Rawapening oleh PT Geo Sarana Guna, 2006, maka berdasarkan daerah pasang surut sekarang (elevasi 461,50) 1.080 Ha danau tertutup eceng gondok (85,44%).

Problem eceng gondok sudah tercatat sejak tahun 1931 dan penanganan selalu dilakukan, khususnya dalam menjaga ketersediaan air untuk PLTA. Pada tahun 2007, dilakukan penggelontoran eceng gondok ke kanal Tuntang. Pada tahun 2007 sampai dengan 2010, setiap tahun dilakukan program pengangkatan eceng gondok 150 Ha (Dinas PSDA, 2011). Pada tahun 2011 telah dilakukan pemanenan 30 Ha. Pemanenan eceng gondok dilakukan hampir setiap tahun, namun hanya menyelesaikan permasalahan sesaat, untuk kemudian tumbuh sangat melimpah lagi. Hal ini berkaitan dengan pertumbuhan eceng gondok yang sangat pesat. Satu tumbuhan eceng gondok menjadi 2 tumbuhan dalam waktu 14 hari. Dalam waktu 52 hari, satu batang eceng gondok mampu menghasilkan tumbuhan baru seluas 1 m² (Gutierrez *et al.*, 2001). Laju pertumbuhan eceng gondok 7,1% per tahun sehingga pertumbuhannya dapat mencapai 37,6 kali dalam 1 tahun (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang. 2007).

Germadan Rawapening dikembangkan dengan 3 pendekatan yang harus saling terintergasi: aplikasi sains dan teknologi untuk Remediasi Badan Danau dan DTA, pengembangan kelembagaan untuk peningkatan pengelolaan danau, dan peningkatan peran serta masyarakat dalam pengelolaan dan konservasi danau (Gambar 3). Germadan Rawapening telah menempatkan penanganan eceng gondok sebagai program super prioritas pertama, yang harus ditangani secara terpadu dan terintegrasi dari berbagai

sektor/dinas terkait. Dalam program 5 tahun, ditargetkan penutupan danau oleh eceng gondok maksimal 20% (KLH, 2011a).

Penanganan eceng gondok dapat dilakukan secara mekanik, kimia, dan biologi. Secara mekanik dapat dilakukan dengan pemanenan baik secara manual maupun dengan alat berat. Eceng gondok di bagian tepi danau ini dapat dimanfaatkan sebagai *green belt* dan menjadi filter air yang masuk ke danau dan memperangkap sedimen sehingga kedalaman danau dapat terjaga.



Gambar 3. Pendekatan penyelamatan Danau Rawapening (KLH, 2011a)

Secara kimia, penanganan eceng gondok dapat dilakukan dengan herbisida. Aplikasi herbisida akan menurunkan kapasitas fotosintesis eceng gondok 81% karena lembaran daunnya tidak berfungsi (Lancar & Krake, 2002). Namun penanganan secara kimia harus mempertimbangkan segala faktor resiko dan dampak bagi pertanian sekitar danau.

Secara biologi, penanganan eceng gondok dapat dilakukan dengan menggunakan ngengat Lepidoptera (*Sameodes albiguttalis* (Warren), Wright & Bourne, 1986) yang telah diimplementasikan di Australia. Kumbang *Neochetina eichhorniae* Warner, *Neochetina bruchi* Hustache, *Niphograptia albiguttalis* (Warren), *Orthogalumna terebrantis* Wall banyak diaplikasikan di seluruh dunia (Julien & Griffiths 1998). Alternatif lain yang dapat digunakan adalah dengan ikan koan (*grasscarp Ctenopharyngodon idella* Val) sebagai pengendali populasi eceng gondok (Pipalova, 2006).

Keberhasilan biokontrol eceng gondok menggunakan ikan koan tergantung pada kerapatan ikan koan, umur/ukuran, durasi stocking, dan temperatur (Pipalova, 2006). Apabila danau tertutup eceng gondok 30 -50% maka digunakan 25 – 30 ikan per hektar (13 – 14 kg ikan/Ha, Hanlon *et al.* (2000). Setiap tahun ikan koan (*grass carp*, *Ctenopharyngodon idella*) di tebar di Karamba Tancap (KT) sebanyak 42.735 kg dan di KJA sebanyak 19,095 kg (DPPKS, Desember 2012). Ikan koan mampu mengkonsumsi eceng gondok 1,5 kali berat tubuh, sehingga berdasarkan data ikan koan tersebut, maka eceng gondok yang dikonsumsi oleh ikan koan adalah 92,745 kg. Apabila diasumsikan bahwa 1 m² eceng gondok memiliki 21, 33 kg eceng gondok, maka diperlukan 14,22 kg ikan koan per 1 m². Penggunaan ikan koan dalam mengendalikan eceng gondok merupakan solusi terbaik, karena minim dampak.

Guna menyelesaikan problem eceng gondok adalah dengan mengatasi akar permasalahannya yaitu eutrofikasi. Upaya yang harus dikembangkan adalah dengan pembuatan kolam pengolahan (*preimpoundment*) pada hilir inlet sebelum masuk ke danau. *Preimpoundment* merupakan ekoteknologi untuk restorasi danau (Jorgensen & Vollenweider, 1988). Pada kolam ini dilakukan perlakuan penurunan konsentrasi nitrogen dan fosfor sebelum masuk ke badan danau (Soeprbowati & Suedy, 2010).

Berkaitan dengan pengembangan fungsi, problem eceng gondok sepertinya merupakan problem terbesar yang terpecahkan hanya untuk periode tertentu saja. Masyarakat sekitar dan *stakeholders* mengembangkan pupuk organik dari eceng gondok dan tanah gambut dari dasar danau. Di satu sisi, hal ini merupakan salah satu langkah penanggulangan *blooming* eceng gondok, dan pencemaran organik. Namun di sisi lain, pemanfaatan kapur dalam pembuatan pupuk organik, berdampak pada masuknya karbonat ke danau. Hal tersebut telah dibuktikan dari penelitian ini, bahwa kalsium merupakan salah satu variabel yang berpengaruh di Danau Rawapening. Peningkatan karbonat berdampak pada peningkatan alkalinitas danau, yang seterusnya dapat meningkatkan toksisitas unsur lainnya. Oleh karena itu, maka pembentukan zonasi atau koridor di Danau Rawapening akan mampu mengatasi kekomplekan permasalahan yang ada.

Pengelolaan danau perlu dilakukan secara terpadu dari berbagai sektor, dinamis, dengan tetap mempertimbangkan aspek sosial ekonomi budaya serta aspirasi masyarakat dengan tetap memperhatikan konflik kepentingan dan pemanfaatan yang

mungkin ada. Keterpaduan dalam perencanaan dan pengelolaan danau mencakup keterpaduan wilayah/ekologis; keterpaduan sektor; keterpaduan disiplin ilmu; dan keterpaduan *stakeholder* (Haryani, 2006).

Konservasi Danau Rawapening merupakan prioritas danau nasional hasil Kesepakatan Bali 2009 yang harus dilakukan secara terpadu dan berkelanjutan. Selama ini menurut Sutarwi (2008), ketidakberlanjutan Danau Rawapening diindikasikan oleh faktor ekonomi, ekologi, sosial, dan institusional. Kondisi masa lampau harus menjadi landasan dalam pengembangan pengelolaan danau.

Kunci utama dalam mitigasi Danau Rawapening terletak pada masyarakat, oleh karena itu pemberdayaan masyarakat dalam pengelolaan Danau Rawapening perlu ditingkatkan (Program Superprioritas ke 6 dari GERMADAN Rawapening, KLH, 2011a). Ada sumber daya alam di Danau Rawapening yang tersedia dalam jumlah melimpah selain ikan, yaitu eceng gondok. Pembelajaran bagi masyarakat tentang pemanfaatan eceng gondok untuk kerajinan, pupuk organik, biogas, dan pakan ternak perlu dilakukan guna peningkatan hasil dan kualitasnya. Dengan percontohan yang diberikan dan perhitungan keuntungan ekonomis akan mampu menggeser pola ketergantungan masyarakat pada perikanan kepada eceng gondok. Pergantian mata pencaharian dari nelayan menjadi pengrajin, pembuat pupuk organik, biogas dan pakan ternak, secara otomatis akan mengurangi populasi eceng gondok.

KESIMPULAN

Mitigasi danau eutrofik dapat dilakukan dengan pengurangan Nitrogen dan Fosfor perairan, melalui pembuatan *pre-impoundment* di inlet. Guna penanganan eceng gondok, dapat dilakukan secara mekanik, kimia maupun biologi. Penanganan secara biologi dengan dampak lingkungan paling kecil yaitu dengan menggunakan ikan koan. Penanganan eceng gondok secara mekanik dapat dilakukan secara kontinyu melalui pemberdayaan masyarakat, melalui pemanfaatan eceng gondok untuk kerajinan, pupuk organik, biogas, dan pakan ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappeda Propinsi Jawa Tengah, 2005. Penyusunan Action Plan pengembangan kawasan Rawapening. Laporan Akhir. CV. Galihloka Semarang.
- Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang. 2007. Kajian potensi sumber daya perikanan Rawapening Kabupaten Semarang 2007. Laporan Akhir. PT. Astri Bumi Semarang.
- Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2012, Rekapitulasi Statistik Budidaya Perikanan Tahun 2011
- Dinas PSDA. 2011. Status Report Program Penanganan Rawapening dari tahun 2007 – sekarang. Dinas Pelestarian Sumber Daya Air. Semarang
- Guitierrez, E.L.; Ruiz, E.F.; Uribe, E.G. and Maertinez, J. 2001. Biomass and productivity of ater hyacinth and their application in control program. *In* Biological and integrated control of water hyacinth *Eichornia crassipes*. Edited by Julien, M.H.; Hill, M.P.; Center, T.D.; and Jianqing, D. ACIAR proceeding 102.
- Goltenboth, F. 1979. Preliminary final report. The Rawapening Project. Satya Wacana Christian University, Salatiga.
- Goltenboth, F. and K.H. Timotius. 1995. Danau Rawapening di Jawa Tengah, Indonesia. Satya Wacana University Press, Salatiga.
- Hanlon, S. G., M. V. Hoyer, C. E. Cichra and D. E. Canfield, Jr. 2000. Evaluation of macrophyte control in 38 Florida lakes using triploid grass carp. *J. Aquat. Plant Manage* 38:48-54.
- Haryani, G.S. 2006. Menuju pemanfaatan sumberdaya perairan darat berkesinambungan: permasalahan dan solusinya. Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Bogor.
- Haryani, G. 2010. Bencana perairan darat di Indonesia: membangun kapasitas kesiapsiagaan bersama masyarakat. Prosiding Seminar Nasional Limnologi V 2010: prospek ekosistem perairan darat Indonesia: mitigasi bencana dan peran masyarakat. Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Bogor 28 Juli 2010.
- Jorgensen & Vollenweider. 1988. Guidelines of Lake Management vol 1 Principles of Lake Management. International Lake Environmental Committe United Nations Environment Programme.
- JULIEN, M.H. & GRIFFITHS, M.W. 1998. *Biological control of weeds: A world catalogue of agents and their target weeds*. Fourth Edition. CAB International, Wallingford.
- KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2010. Program danau prioritas nasional tahun 2010 – 2014. Kementerian Lingkungan Hidup.

- KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2011a. Gerakan Penyelamatan Danau (GERMADAN) Rawapening. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2011a. Kajian Daya Tampung Beban Pencemaran Danau Rawapening. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Lancar, L. And Krake, K. 2002. Aquatic weeds and their management. *International Commission on Irrigation and Drainage*.
- Pemerintah Kabupaten Semarang. 2000. Proyek Perencanaan Tata Lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawapening. PT. Comarindo Mahameru, Semarang.
- Pipalova, I. 2006. A review of grass capr use for aquatic weed control and its impact on water bodies. *J. Aquat. Plant Manage.*44: 1-12
- Scholten, M.C.Th. 2005. Eutrophication management and ecotoxicology. Springer. 122p
- Soeprbowati, T.R. dan S.W.A. Suedi. 2010. Status Trofik Danau Rawapening. *Jurnal Matrematika Dan Sain*, Fmipa Universitas Diponegoro Semarang, Edisi Juni 2010
- Soeprbowati, T.R.; W.A.Rahmanto; J.W. Hidayat, And K. Baskoro, (2005). Diatoms And Present Condition Of Rawapening Lake. *International Seminar On Environmental Chemistry And Toxicology*, April 2005, Inject Yogyakarta.
- Soeprbowati, T.R.; S. Hadisusanto, and P. Gell. 2012. *The diatom stratigraphy of Rawapening Lake, Implying Eutrophication History American Journal of Environmental Science* 8 (3): 334-344. June 2012. DOI: [10.3844/Ajessp.2012.334.344](https://doi.org/10.3844/Ajessp.2012.334.344)
- Sutarwi. 2008. Kebijakan pengelolaan sumber daya air danau dan peran kelembagaan informal, menggugat peran Negara atas hilangnya nilai *ngepen* dan *wening* dalam pengelolaan danau Rawapening di Jawa Tengah. Disertasi. Program Pascasarjana Studi Pembangunan. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga.
- Wright, A.D. and A.S. Bourne. 1986. Effect of leaf hardness on penetration of water hyacinth by *Samoides albiguttalis*. *J. Aqual. Plant. Manage* 24: 1-92
- Yahia, M.A.A.2010. The impact of farming activities to water quality of river and Lake Rawapening. Thesis Master in Enviuronmental Sciences, Post Rgraduate Program, UNDIP.

PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING ONLINE DAN PERINGATAN DINI BENCANA LINGKUNGAN : (Studi Kasus di Danau Maninjau)

M. Fakhruddin, Ika A.S, Tjandra C, A. Hamid, Foni A.S, Endra T, dan Kodarsyah

Pusat Penelitian Limnologi LIPI

mfakhruddin@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Kondisi lingkungan perairan danau sangat dinamis dipengaruhi oleh aktivitas diperairan maupun pada daerah tangkapan airnya. Di sisi lain sektor yang berkepentingan juga cukup beragam, sehingga permasalahan pengelolaan danau sangat kompleks dan melibatkan banyak pemangku kepentingan. Oleh karena itu, data lingkungan perairan yang akurat, cepat dan real time diperlukan dalam pengelolaan suatu danau. Makalah ini bertujuan untuk membahas sistem monitoring lingkungan yang realtime dan peringatan dini bencana kematian ikan dengan studi kasus di Danau Maninjau-Sumatera Barat, yang mempunyai luas lebih dari 9 ribu ha dan kedalaman maksimum 185 meter. Saat ini, selain digunakan untuk PLTA juga digunakan untuk keramba jaring apung tetapi sering terjadi bencana kematian massal ikan dengan kerugian yang sangat besar. Bencana kematian massal ikan ini terkait dengan pembalikan massa air dari bagian dasar ke permukaan air danau kandungan oksigen pada lapisan air pada dasar danau mendekati nol dan diduga juga beracun. Berdasarkan hal ini maka dilakukan kajian untuk menentukan parameter kunci terjadinya kematian massal ikan dan pengembangan sistem monitoring online dan peringatan dini lingkungan. Makalah ini merupakan bagian awal dari hasil penelitian tersebut. Hasil analisa menunjukkan bahwa Danau Maninjau mempunyai ciri morfometrik yang menunjukkan kestabilan air danau tergolong rendah atau mudah terjadi pengadukan air danau (Shore line development 1,51 km/km²). Selain itu, danau ini mempunyai tingkat efisiensi yang sangat tinggi dalam perangkapan sedimen atau material pencemar (waktu tinggal air 25 tahun). Data cuaca menunjukkan bahwa intensitas matahari melemah pada Januari-Februari, kondisi ini menyebabkan penurunan suhu permukaan air danau (berat jenis meningkat), sehingga dapat terjadi pembalikan massa air. Hal ini diperkuat lagi pada bulan Januari-Februari terjadi kecenderungan peningkatan angin. Uji coba sistem monitoring online suhu air di Danau Maninjau telah dilakukan, hasil pengukuran dilapangan langsung dikirim melalui gelombang GSM ke server Puslit Limnologi LIPI Cibinong, sehingga secara realtime kondisi danau dapat diketahui melalui Web/internet. Permintaan data juga dapat dilakukan melalui SMS dari ponsel. Berdasarkan identifikasi parameter kunci terjadinya kematian massal ikan dan sistem monitoring online tersebut diharapkan dapat dikembangkan lebih jauh lagi menjadi sistem peringatan dini bencana lingkungan yang berbasis multi channel komunikasi.

Kata kunci : *monitoring online, Danau Maninjau, pembalikan massa air, kematian ikan*

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai banyak danau dengan berbagai jenis danau, antara lain : danau tektonik, danau vulkanik, danau paparan banjir dan danau karst. Danau besar di Indonesia tercatat lebih dari 500 danau/waduk dengan luas lebih dari 490.000 ha. Danau ini tersebar mulai dari Sabang sampai Merauke Danau menyimpan potensi yang cukup besar, antara lain sebagai obyek wisata, perikanan, pertanian, transportasi, maupun untuk pembangkit listrik, namun belum dimanfaatkan secara optimal. Disamping itu,

danau juga berfungsi dari aspek ekologi, seperti: pengendali iklim mikro, *recharge* air tanah, pengendali banjir, dan habitat berbagai keanekaragaman hayati.

Kondisi lingkungan perairan danau sangat dinamis dipengaruhi oleh aktivitas di perairan maupun pada daerah tangkapan airnya, di sisi lain sektor yang berkepentingan juga cukup beragam, sehingga permasalahan pengelolaan danau sangat kompleks dan melibatkan banyak pemangku kepentingan. Oleh karena itu, data lingkungan perairan yang akurat, cepat dan real time diperlukan dalam pengelolaan suatu danau.

Danau Maninjau mempunyai luas 9.737 ha, kedalaman air maksimum mencapai 185 meter, merupakan salah satu danau besar jenis volkanotektonik. Danau ini berada di Kabupaten Agam - Sumatra Barat. Saat ini Danau Maninjau mempunyai fungsi ekonomi sebagai pembangkit tenaga listrik yang menghasilkan energi tahunan sebesar 205 GWH, sumber air irigasi, perikanan baik budidaya ikan dalam keramba apung maupun perikanan tangkap, dan sebagai tujuan pariwisata nasional maupun internasional. Fungsi ekologi antara lain sebagai pengontrol keseimbangan air tanah dan iklim mikro, serta habitat bagi keanekaragaman hayati.

Pada awal Januari 2009 terjadi bencana kematian masal ikan lebih dari 13 ribu ton, yang menimpa 1.042 KK petani. Tenaga kerja yang terkena dampak sebanyak 3.143 orang dengan kerugian sekitar Rp.150 milyar dan menyebabkan kredit macet sekitar Rp. 3,6 milyar pada BRI, BNI, Bank Nagari dan Koperasi (Bupati Agam, 2009).

Hasil pengukuran kualitas air danau oleh staf Puslit Limnologi LIPI dengan *Water Quality Checker* pada saat kejadian bencana tersebut (Januari 2009) menunjukkan DO pada permukaan air hanya sebesar 1,05 mg/l (kondisi normal sekitar 7 mg/l) dengan suhu 28 °C, dan pH 7,17. Pada kedalaman air 3 meter kandungan DO sudah mencapai 0,46 mg/l dan suhu 27,2 °C, pada kolom air inilah yang biasanya digunakan untuk keramba apung. Kandungan oksigen yang sangat rendah ini menyebabkan kematian massal ikan.

Bencana ini terkait dengan apa yang disebut oleh masyarakat setempat “turbo belerang”. Fenomena turbo belerang ini sudah sering terjadi. Pada kondisi normal (lapisan air bagian atas lebih panas dari pada lapisan air bagian bawah) terjadi sirkulasi air secara vertikal pada masing-masing lapisan air dipermukaan (epilimnion) dan pada lapisan air bagian bawah (hipolimnion). Hal ini terjadi karena kedua lapisan ini dipisahkan oleh termoklin yang terjadi pada lapisan air mesolimnion. Pada kasus Danau

Maninjau, di lapisan dasar banyak endapan dari sisa pakan dari keramba jaring apung dan ini dapat menimbulkan racun bagi ikan. Pada kondisi normal air yang mengandung racun ini hanya bersirkulasi pada lapisan hipolimnion sehingga ikan pada keramba tidak terjangkau oleh air yang mengandung racun tersebut. Tetapi sirkulasi air secara menyeluruh dapat terjadi sehingga terjadi pengadukan dari dasar danau sampai permukaan air danau, pada saat itulah dapat menyebabkan kematian ikan secara massal.

Menurut Tsanis *et al.* (2007) hidrodinamika dalam badan air danau dipengaruhi oleh geometri danau, aliran masuk dan keluar danau, faktor udara, massa jenis air danau dan efek Coriolis. Pada kasus Danau Maninjau, massa jenis air yang direpresentasikan oleh temperatur air diduga merupakan faktor yang paling dinamis dan faktor berikutnya adalah cuaca.

Faktor aliran masuk Danau Maninjau dipengaruhi oleh curah hujan, tetapi karena aliran yang keluar danau digunakan untuk pembangkit tenaga listrik dan dikendalikan dengan bendung dan ditambah lagi dengan volume danau yang sangat besar (10,33 milyar m³) bila dibandingkan dengan aliran keluar danau sekitar 13,39 m³/dt, maka fluktuasinya relative kecil.

Bila berdasarkan sifat morfometri Danau Maninjau yang dicerminkan oleh kedalaman relative (Z_r) sebesar 1,508. Hal ini menunjukkan bahwa luasan permukaan danau bila terkena angin kencang akan berpotensi mengaduk lapisan air danau (kedalaman danau relative kecil tapi luas permukaan air danau besar) sehingga lapisan air danau tidak stabil, air danau mudah teraduk bagian bawah dapat teraduk dengan bagian atasnya.

Massa jenis air (ρ) merupakan parameter dasar dalam hidrodinamika, perbedaan massa jenis air ini mengakibatkan terjadinya stratifikasi lapisan air (epilimnion-metalimnion-hipolimnion) dan menghambat pencampuran air secara vertikal. Menurut Ji (2007), massa jenis air ditentukan oleh suhu, salinitas dan konsentrasi total sedimen tersuspensi. Namun menurut Reading (1996) faktor sedimen tersuspensi menjadi penting pada danau es, sementara faktor salinitas hanya berperan penting pada danau dengan salinitas tinggi atau memiliki mata air hidrotermal dalam. Pada kasus Danau Maninjau faktor salinitas sangat kecil pengaruhnya terhadap berat jenis, karena air Danau Maninjau mempunyai kadar garam yang sangat kecil dan bahkan mendekati nol sepanjang tahun.

Berdasarkan hal-hal tersebut maka akan dilakukan monitoring stratifikasi temperature air mulai dari permukaan air sampai kedalaman sekitar 100 meter dalam kurun waktu panjang. Diharapkan dengan data tersebut dapat mengkaji proses pengadukan air Danau Maninjau, sehingga dapat digunakan sebagai dasar penyusunan kriteria untuk peringatan dini kematian massal ikan, setelah dikombinasikan dengan parameter kualitas air. Makalah ini bertujuan untuk membahas system monitoring lingkungan yang realtime dan peringatan dini bencana kematian ikan dengan studi kasus di Danau Maninjau-Sumatera Barat.

METODOLOGI

Pengumpulan Data dan Informasi

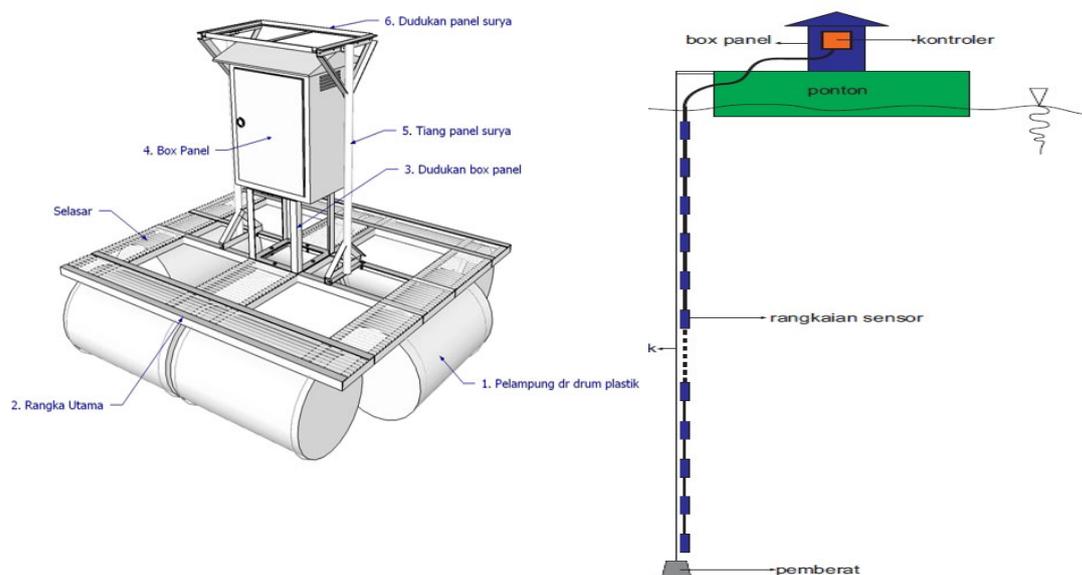
Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data sekunder antara lain: data curah hujan, klimatologi, kualitas air dan morfometri danau. Sedangkan data primer antara lain: data stratifikasi suhu air danau dan kualitas air.

Data stratifikasi suhu air Danau Maninjau didapatkan dengan melakukan pengukuran pada berbagai kedalaman dengan menggunakan sensor suhu yang dihubungkan dengan data logger secara terus-menerus dalam beberapa bulan. Peletakan sensor suhu air ditentukan berdasarkan tiga stratifikasi suhu air danau pada zone termoklin sensor suhu lebih rapat bila dibandingkan zone permukaan (lapisan epilimnion) dan lapisan hipolimnion, karena kedalaman disekitar termoklin inilah yang menjadi titik kritis perubahan suhu, yang selanjutnya terjadi pembalikan massa air danau.

Pada saat dilakukan penulisan makalah ini Stasiun Pengukuran Profil Suhu Air Danau Maninjau secara online sudah terpasang dengan baik dan sudah melakukan pencatatan/perekaman data, tapi data yang direkam belum dalam waktu yang panjang (Gambar 1). Diharapkan Stasiun ini dapat bekerja dalam beberapa tahun kedepan, sehingga dapat memonitor perilaku suhu air secara teliti. Sebagai catatan kejadian kematian ikan secara massal pada umumnya terjadi pada awal tahun (Januari-Februari).

Data kualitas air didapatkan dengan pengukuran langsung di lapangan dengan *Water Quality Checker*. Pemilihan lokasi pengukuran stratifikasi suhu dan kualitas air didasarkan pada lokasi yang dianggap mewakili perairan Danau Maninjau dengan

mempertimbangkan faktor-faktor antara lain: aliran keluar danau, kedalaman air danau, morfometri danau dan areal keramba jaring apung.



Pengolahan Data

Pengolahan data hasil pengukuran kualitas air pada berbagai kedalaman air Danau Maninjau dilakukan untuk mengetahui karakteristik tiga lapisan epilimnion, mesolimnion dan hipolimnion, khususnya yang terkait dengan kematian massal ikan dengan cara membandingkan ketiga lapisan tersebut.

Pengolahan data suhu air danau ditekankan pada perubahan pola stratifikasi suhu air pada zone termoklin, atau perubahan ketebalan lapisan epilimnion, lapisan mesolimnion dan lapisan hipolimnion. Proses pengadukan air danau dimulai ketika terjadi pergeseran ketebalan ketiga lapisan air danau tersebut. Ketika lapisan air danau bagian atas lebih panas dari pada lapisan air bagian bawah maka tidak terjadi pengadukan air danau, tetapi ketika air danau bagian atas lebih dingin dari pada lapisan bagian bawah maka akan terjadi pembalikan massa air danau. Pola perubahan suhu air inilah yang akan direkam oleh sensor suhu yang diletakkan pada berbagai kedalaman air danau.

Perubahan suhu air bagian atas ini diduga terkait dengan perubahan cuaca (curah hujan, radiasi matahari, dan suhu udara) di sekitar Danau Maninjau. Analisa keterkaitan antara bencana kematian massal ikan yang biasanya terjadi pada awal tahun dengan cuaca sekitarnya akan diolah dari seri data: dari pencatatan masa lampau Stasiun Klimatologi BMKG dan PLN.

Berdasarkan evaluasi data stratifikasi suhu air danau dan kondisi cuaca serta kualitas air akan ditentukan parameter kunci yang menjadi stimulasi terjadinya pengadukan air danau yang menyebabkan bencana kematian massal ikan di Danau Maninjau. Pada makalah ini belum dilakukan pembahasan kriteria-kriteria parameter kunci yang memicu terjadinya kematian massal ikan secara kuantitatif, mengingat data yang tersedia masih sedikit sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Danau Maninjau

Morfometri Danau Maninjau

Morfometri danau ini penting untuk diketahui karena memberikan pengaruh terhadap proses-proses fisik, kimia dan biologi di dalam perairan danau itu sendiri, seperti kedalaman relatif, pengembangan garis pantai, maupun pola dari cekungannya itu sendiri. Parameter morfologi ini mempunyai pengaruh baik langsung maupun tidak langsung terhadap kondisi perairan danau. Pada danau yang mempunyai panjang maksimum besar akan mempengaruhi potensi angin untuk mengaduk/menghantam permukaan air danau. Hal ini dari aspek ekologi akan meningkatkan kandungan oksigen dalam air dan sirkulasi air, tapi bila angin terlalu besar berpotensi mengerosi daerah pinggiran danau. Kedalaman danau yang besar menghambat dalam sirkulasi air, gerakan air sulit untuk mencapai dasar danau, sehingga dasar danau lebih statis.

Danau Maninjau yang mempunyai luas permukaan air 9.966 ha pada saat ketinggian muka air danau 463.1 m dpal dengan volume air 10,33 milyar m³ dan panjang garis pantai 52,7 km (Fakhrudin, *dkk.* 2010). Sedangkan permukaan Danau Maninjau mempunyai panjang maksimum 16,46 km, lebar maksimum 7,5 km, kedalaman maksimum 185 m, panjang garis pantai 52,7 km. Berdasarkan morfometri ini, angin mempunyai pengaruh terhadap pergerakan air terutama pada permukaan dan penetrasi oksigen dalam air. Tetapi pergerakan air ini sangat kecil peluangnya untuk sampai dasar danau, hal ini mengingat kedalaman danau sangat besar (185 meter), sehingga bahan pencemar yang sampai dasar danau sangat sulit untuk mengalir ke luar danau.

Parameter morfometrik Danau Maninjau berdasarkan kedalaman relative (Z_r) sebesar 1,508, hal ini mempunyai arti bahwa sifat perairannya kurang stabil akan mudah

sekali mengalami pengadukan dengan adanya pengaruh dari luar, seperti adanya hembusan angin yang kuat. Menurut Wetzel (1983) sebagian besar danau memiliki nilai Z_r kurang dari dua, menunjukkan tingkat stabilitas yang rendah dan $Z_r > 4$ memiliki stabilitas tinggi.

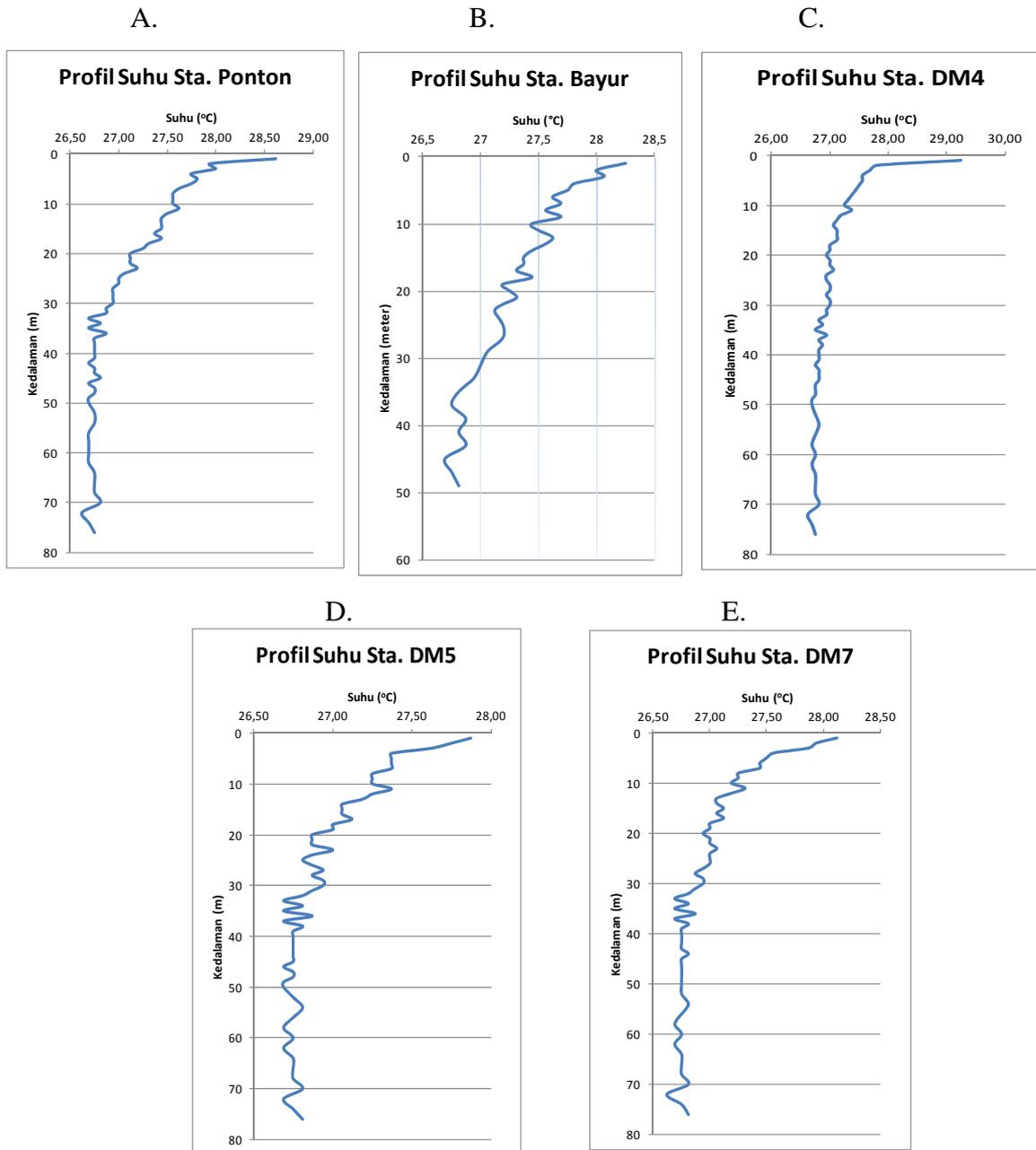
Pengembangan garis pantai merupakan suatu parameter perbandingan antara panjang garis pantai terhadap luasan permukaan air danau. Pengembangan garis pantai (D_L) ini menunjukkan gambaran potensi dan peranan wilayah tepian dalam hubungannya dengan produktivitas perairan danau, semakin panjang garis pantainya semakin besar nilai D_L . Menurut Welch (1952) makin panjang garis pantai makin besar produktivitas danau. Garis pantai diantaranya akan berkontribusi terhadap luasan kontak perairan dan daratan, memberikan daerah terlindung, serta luasan wilayah litoral danau. Nilai D_L Danau Maninjau mencapai 1,51 yang menunjukkan bahwa peranan wilayah tepian danau kurang mendukung produktivitas perairannya.

Stratifikasi Suhu dan Kualitas Air Danau Maninjau

Pengukuran suhu air dilakukan pada bulan Oktober 2011 dilima lokasi yang diharapkan mewakili kondisi Danau Maninjau (Tabel 1). Hasil pengukuran profil suhu air Danau Maninjau disajikan pada Gambar 2.

Tabel 1. Lokasi Pengukuran Suhu Air di Danau Maninjau

Stasiun	Koodinat	Kedalaman Air (meter)	Jam Pengukuran
Ponton	0 17' 37,0" LS; 100 13' 03,2" BT	76	11.38
Bayur	0 16' 43,6" LS; 100 12' 48,3" BT	49	13.00
DM 4	0 18' 16,1" LS; 100 11' 22,8" BT	133	14.05
DM 5	0 21' 17,6" LS; 100 12' 09,1" BT	150	15.09
DM 7	0 22' 20,3" LS; 100 11' 21,9" BT	160	15.50



Gambar 2. Hasil Pengukuran Suhu Air Danau Maninjau

Gambar 2 menunjukkan bahwa pada kelima lokasi pengukuran suhu air mempunyai pola stratifikasi suhu air yang sama, walaupun kedalaman air pada setiap stasiun berbeda. Pada lapisan bagian atas permukaan air sampai kedalaman sekitar 10 meter, suhu air hampir seragam berkisar antara $27,4^{\circ}\text{C}$ – $28,8^{\circ}\text{C}$ dan pada kedalaman 10 – 35 meter suhu air semakin turun tapi dengan penurunan yang kecil dan bahkan pada kedalaman air di atas 35 meter suhu air relatif konstan, yaitu berkisar

antara 26,69 °C – 26,81 °C. Berdasarkan pola suhu air ini dapat dikatakan bahwa pada saat ini Danau Maninjau mempunyai stratifikasi kurang begitu kontras, lapisan termoklin yang membatasi lapisan epilimnion dengan lapisan hipolimnion tidak terlihat secara jelas. Pola stratifikasi ini diperkirakan akan berubah sesuai dengan kondisi lingkungan perairan Danau Maninjau, khususnya suhu udara dan kecepatan angin.

Pada kelima stasiun pengamatan selain dilakukan profiling suhu air danau juga dilakukan pengukuran kualitas air pada kedalaman 1 meter dengan menggunakan *Water Quality Checker*, yang hasilnya disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan table ini menunjukkan secara umum kualitas air Danau Maninjau relative masih baik. Kandungan oksigen terlarut tergolong besar berkisar antara 8,33 – 10,37 mg/l dan air danau juga relative jernih, yang ditandai dengan kandungan sedimen terlarut juga relative kecil nilai kekeruhan 5 – 8 NTU. Keasaman air relative netral kearah basa dan daya hantar listriknya juga relative kecil.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Air Danau Maninjau

Stasiun	pH	DO (mg/l)	Turbiditas (NTU)	Konduktivitas (mS/cm)	Jam Pengukuran
Ponton	8,55	8,33	5	0,623	8.30
Bayur	8,64	8,47	5	0,615	9.05
DM 4	8,81	9,64	8	0,644	9.40
DM 5	8,73	8,40	7	0,677	10.35
DM 7	9,01	10,37	8	0,586	11.10

Hidrometeorologi Danau Maninjau

Daerah tangkapan air (DTA) danau mempunyai peran yang sangat penting terhadap ketersediaan air dan kualitas air danau. Semakin besar perbandingan antara luas daerah tangkapan air danau dengan luas permukaan danau akan semakin besar peran DTA. Mengingat danau di Indonesia mempunyai perbandingan luasan danau dengan DTA yang bervariasi maka pendekatan dalam pengelolaan juga berbeda-beda. Oleh sebab itu, wilayah cakupan pengelolaan danau tidak dibatasi oleh batas administrasi pemerintahan tapi yang menjadi pembatas adalah sistem hidrologi, yaitu mencakup seluruh daerah dimana dihubungkan oleh sistem sungai, yang ketika hujan alirannya dapat mencapai danau. Pada kasus-kasus tertentu sistem hidrologi danau tidak

hanya terbatas pada DTA danau melainkan cakupannya lebih luas lagi, yaitu pada sistem air tanah secara regional, karena *inflow* danau berasal dari air tanah tersebut.

Danau Maninjau tidak mempunyai *inflow* dari sungai yang selalu mengalir sepanjang tahun, tetapi ketika terjadi hujan saluran-saluran kecil disekitar danau akan mengalir ke danau. Danau Maninjau mempunyai luas daerah tangkapan air sebesar 13.260 ha, bila dibandingkan dengan luas permukaan airnya (9.737,50 ha) relatif kecil, padahal air danau mempunyai volume yang sangat besar, yaitu 10.226.001.629,2 m³. Hal ini juga dicerminkan oleh apa yang disebut dengan *volume quotient* (A_{DAS}/V_W) dan *area quotient* (A_{DAS}/A_W) (Ryding and Rast, 1989) yang masing-masing sebesar 0,013 (km²/10⁶m³) dan 1,38, yang mempunyai arti bahwa peranan aliran air tanah cukup besar dalam mensuplai air danau.

Menurut Fakhruddin, *dkk* (2002) berdasarkan analisa water balance Danau Maninjau menunjukkan bahwa rata-rata air yang masuk ke danau berupa air hujan (281 juta m³/th) dan surface run-off (250 juta m³/th), sedangkan air yang keluar danau terdiri dari evaporasi (97 juta m³/th) dan aliran yang keluar melalui Sungai Batang Antokan dan intake PLTA (4.600 juta m³/th), sehingga terjadi selisih volume air yang sangat besar yaitu 4.180 juta m³/th. Selisih air inilah yang merupakan *discharge* air tanah yang mencapai 89 % dari total *inflow* danau. Air tanah ini tidak hanya berasal dari daerah tangkapan air Danau Maninjau, tetapi berasal dari kawasan yang lebih luas lagi sehingga cakupan wilayah untuk konservasi air danau tidak hanya mencakup daerah tangkapan air danau seluas 13.260 ha, tetapi diperluas sampai mencakup wilayah *recharge* air tanah tersebut.

Unsur iklim yang dicatat pada Stasiun Tanjung Alai – Maninjau dengan periode pengamatan 1992 – 2001 menunjukkan rata-rata bulanan kecepatan angin di sekitar Danau Maninjau berkisar antara 20 - 160 km/hari. Selama setahun terjadi dua puncak yaitu pada bulan Februari sebesar 111,6 km/hari dan bulan Oktober sebesar 161,5 km/hari. Kecepatan angin merupakan faktor yang berpengaruh dalam pengadukan air danau dan proses aerasi terutama pada permukaan air danau.

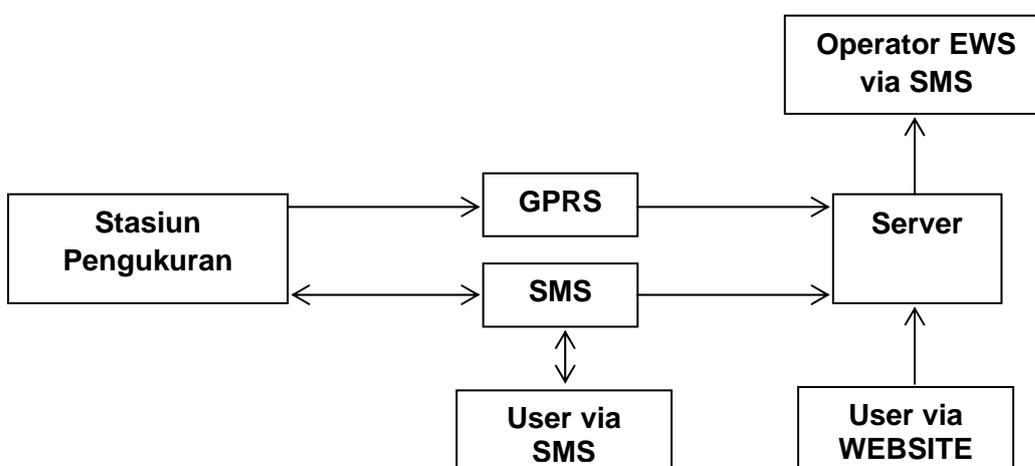
Pada bulan Oktober, November dan Desember merupakan bulan yang mempunyai intensitas matahari yang tinggi, tetapi ketika bulan Januari dan Februari intensitas matahari tersebut menurun bahkan dapat dikatakan merupakan intensitas yang tergolong paling lemah selama setahun. Pada saat inilah diduga sering terjadi

pengadukan air danau, lapisan air bagian bawah bergerak ke bagian yang lebih atas, karena lapisan bagian atas relative dingin.

Sistem Monitoring *Online* dan Peringatan Dini Lingkungan

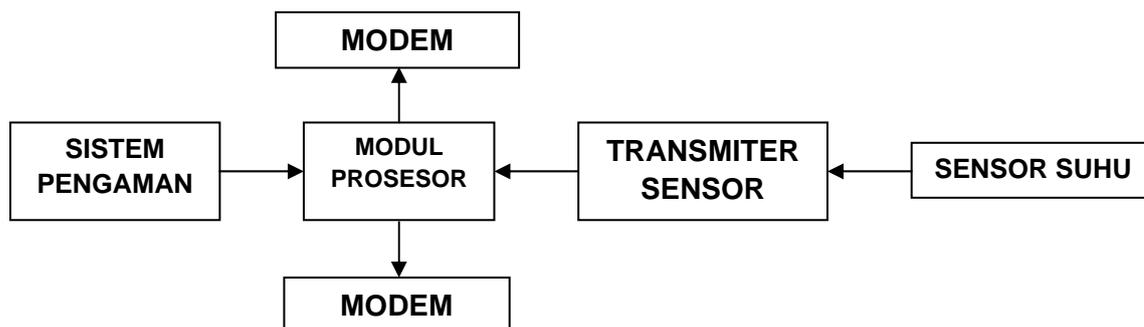
Arsitektur Sistem

Sistem monitoring suhu air Danau Maninjau ini sudah direncanakan untuk dapat dikembangkan menjadi Sistem Peringatan Dini Lingkungan dengan menambah beberapa sensor kualitas air atau unsur-unsur cuaca. Sistem online monitoring suhu air ini terdiri dari stasiun pengukuran di Danau Maninjau – Sumatera Barat dan server database di Pusat Penelitian Limnologi - Bogor. Data yang berasal dari stasiun pengukuran dapat ditransfer secara otomatis ke server melalui layanan GPRS, selanjutnya PC server akan mempublikasikan data melalui Website (internet). Selain itu, data hasil pengukuran secara online dapat diminta melalui SMS dari telepon seluler (Hp). Sistem monitoring ini juga dilengkapi dengan sistem pengamanan yang akan mengirimkan tanda bahaya melalui SMS. Desain sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Sistem Monitoring Online Suhu Air Danau Maninjau

Stasiun pengukuran yang terdapat di Danau Maninjau merupakan unit dasar yang membentuk sistem pemantauan online (Gambar 4). Fungsi utama stasiun pengukuran adalah mengambil data suhu dan membuat koneksi dengan jaringan GPRS dan GSM menggunakan modem sehingga data suhu tersebut dapat dikirimkan ke server yang terdapat kantor Pusat Penelitian Limnologi Cibinong.



Gambar 4. Desain Sistem Stasiun Pengukuran Suhu Air di Lapangan

Gambar 4 merupakan desain stasiun pengukuran yang terdiri dari 6 bagian, yaitu: sensor suhu, transmitter sensor suhu, modul prosesor, modem GPRS, modem SMS, serta sistem pengaman peralatan. Semua bagian kecuali rantai sensor suhu diletakkan di dalam boks panel yang melindunginya dari panas dan air. Transmitter sensor suhu digunakan untuk mengambil data suhu dan mengirimkan ke modul prosesor. Transmitter ini juga mengubah komunikasi sensor dari antarmuka 1 wire menjadi standar UART agar data suhu tersebut dapat dikirimkan ke modul prosesor melalui port UART.

Modul prosesor digunakan untuk menerima dan menyimpan data dari transmitter sensor suhu serta mengirimkan data tersebut ke server melalui jaringan GPRS menggunakan modem. Sistem pengaman digunakan untuk mengamankan peralatan dari kejadian yang tidak diinginkan, seperti pencurian panel surya maupun peralatan lainnya yang berada didalam boks panel. Sensor akan mengirimkan data peringatan tersebut ke server menggunakan modem SMS.

Cara Kerja Sistem

Sistem Peringatan Dini Kematian Massal Ikan ini dapat beroperasi dengan menggunakan saluran komunikasi data GPRS dan SMS. Stasiun pengamatan di Danau Maninjau setiap saat dapat mengirimkan data menggunakan protocol pengiriman file FTP (File Transfer Protocol) dengan menggunakan jaringan GPRS langsung ke PC Server OLM di Pusat Penelitian Limnologi LIPI Cibinong. Data yang diterima Server OLM akan diproses dan direkam kembali ke database server OLM. Jika server OLM mendeteksi terdapat data OLM yang memungkinkan terjadi kondisi lingkungan perairan memenuhi kriteria peringatan dini kematian massal ikan maka server OLM akan

mengirimkan SMS ke pengguna ponsel yang tercatat di database. Peringatan dini juga akan mendeteksi keamanan sistem dari pencurian atau kondisi catu daya.

Aplikasi OLM berbasis web akan membaca data pada OLM database server dan memproses serta menampilkan pada web browser pengguna data. Informasi yang ditampilkan pada layar pengguna terdapat bagian terbuka (tanpa harus login) dan bagian yang diamankan (harus memasukan *user* dan *password*). Aplikasi OLM ini juga dilengkapi dengan aplikasi berbasis SMS interaktif langsung ke stasiun pengamatan. Untuk menggunakan sistem SMS interaktif ini pengguna layanan ini dapat langsung menghubungi nomor GSM stasiun pengamatan melalui SMS dengan password.

Untuk memonitor aktivitas pengguna SMS interaktif ini stasiun pengamat saat menjawab SMS ke pengguna SMS interaktif ini juga mengirimkan nomor HP pengguna dan aktivitas yang dilakukan ke server OLM.

Perangkat Lunak dan Kriteria Peringatan Dini Lingkungan

Perangkat lunak komputer yang terdapat pada sistem berada di dua lokasi, yaitu di *Central Processor* di Stasiun lapangan (Danau Maninjau) dan di komputer server Pusat Penelitian Limnologi LIPI Cibinong. Perangkat lunak yang terdapat di *Central Processor* hanya terdiri dari satu aplikasi yang berfungsi untuk mengambil data dari pengukuran suhu dilapangan, menyimpan dan mengirimkan ke server di Puslit Limnologi. Adapun di komputer server terdapat enam aplikasi dengan fungsi, antara lain: mendownload file data dan menyimpan dalam *server database*, mengolah data untuk dibandingkan dengan kriteria peringatan dini bencana lingkungan dan menampilkan dalam Web, serta mengatur lalu lintas data dan peringatan dini, baik melalui SMS, email, maupun jaringan LAN.

Penentuan kriteria bencana lingkungan dalam hal ini peringatan dini kematian massal ikan, akan didasarkan pada akibat pengangkatan air lapisan bawah ke permukaan. Oleh karena itu penyusunan kriteria peringatan dini bencana kematian massal ikan difokuskan pada dua parameter, yaitu perbedaan suhu antara lapisan permukaan (epilimnion) dan lapisan bawah (hipolimnion) serta kondisi oksigen terlarut di lapisan bawah air danau.

Perbedaan suhu diasumsikan bergeser menyempit pada saat udara mendung dan hujan, dan bila keadaan ini berlangsung berhari-hari suhu air permukaan akan terus turun hingga lebih rendah dari suhu air di lapisan bawahnya. Suhu yang lebih rendah

menyebabkan massa jenis air meningkat, sehingga bila massa jenis air permukaan lebih tinggi dari lapisan air di bawahnya akan memicu terjadinya proses umbalan. Berdasar asumsi ini tingkat kerawanan terjadinya umbalan air dibagi dalam beberapa tahap sesuai dengan perbedaan suhu air lapisan permukaan dan lapisan bawah dengan acuan perbedaan suhu rata-rata bulannya, dimana titik kritis bahaya terjadi pada saat angka relatif perbedaan suhu diatas mendekati $<1\%$ dari rata-rata bulanan terakhirnya.

Pertimbangan kondisi oksigen terlarut terhadap situasi bahaya kematian massal ikan pada saat terjadi umbalan air danau mengacu pada Effendi (2003), yaitu bila $DO < 0,3$ ppm menyebabkan hanya sedikit jenis ikan yang dapat bertahan pada masa pemaparan singkat, $DO > 0,3 - 1,0$ pada pemaparan lama dapat menyebabkan kematian, $DO > 1,0 - 5,0$ Ikan dapat bertahan hidup, tapi pertumbuhannya terganggu dan $DO > 5,0$ semua organisme akuatik tumbuh normal. Oleh karena pengumpulan data profil suhu air dan kandungan oksigen (DO) air danau belum selesai dan masih memerlukan tambahan data lagi, maka kriteria-kriteria peringatan dini kematian massal ikan belum dapat disusun secara kuantitatif, sehingga belum dapat dimasukkan dalam perangkat lunak sistem yang sedang dibangun di Danau Maninjau.

PENUTUP

Sistem monitoring online dan Peringatan Dini Lingkungan semacam ini dapat dikembangkan untuk danau atau waduk lain, mengingat Indonesia mempunyai lebih dari 500 waduk dan danau besar yang menyebar di seluruh nusantara. Hasil monitoring lingkungan perairan ini dapat digunakan untuk koordinasi antar pemangku kepentingan, sehingga akan memudahkan dalam pengelolaan lingkungan perairan danau dan waduk.

Monitoring profil suhu air Danau Maninjau dalam jangka panjang sangat diperlukan, karena akan dapat mengungkapkan proses terjadi pembalikan massa air (pengadukan air danau) dan ini akan menjadi referensi untuk Danau-danau sejenis di Indonesia.

Penyusunan kriteria peringatan dini bencana kematian massal ikan secara kuantitatif diperlukan untuk melengkapi software yang telah disusun dan nantinya perlu diperbaruhi terus-menerus dengan melakukan kalibrasi pada saat terjadi kematian massal ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, Data Produksi, beban puncak, Unit Operasi, Curah hujan, Inflow dan Outflow PLTA Maninjau, PT (persero) KITLUR SUMBAGSEL Sektor Bukittinggi Unit PLTA Maninjau.
- Fakhrudin, M., H. Wibowo, L. Subehi, dan I. Ridwansyah 2002. Karakterisasi Hidrologi Danau Maninjau Sumatera Barat. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi*. Pusat Penelitian Limnologi – LIPI.
- Fakhrudin. M, Hendro.W, Hadiid.A, I. Ridwansyah, Dini. D, dan A. Hamid, 2010. Kajian Hidroklimatologi Sebagai Dasar Pengembangan Sistem Peringatan Dini Bencana Kematian Massal Ikan Di Danau Maninjau Sumbar. Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI Pusat Penelitian Limnologi LIPI.
- Ji, Zhen-Gang. 2008. *Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes and Estuaries*. Wiley-Interscience.
- Kartamihardja, E.S. 2006. Status Lingkungan Perairan Umum Daratan sebagai Habitat Perikanan di Indonesia. Makalah dipresentasikan pada ‘Forum Diskusi Limnologi di Jakarta, tanggal 6 Desember 2006.
- Lukman, Fakhrudin. M, Gunawan, dan I. Ridwansyah, 1998. Ciri Morfometri dan Pola Genangan Danau Semayang. *Laporan Rehabilitasi Lingkungan Danau Semayang*. PEP – LIPI.
- Lukman, 2010. Kondisi Fisik Perairan Danau Poso Sulawesi Tengah, *Limnotek*.
- Lukman dan I. Ridwansyah, 2003. Kondisi Daerah Tangkapan dan Ciri Morfometri Danau Lindu Sulawesi Tengah. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*.
- Puslit Limnologi LIPI, 2001. Permasalahan Danau Maninjau dan Pendekatan Penyelesaiannya. Kerjasama Antara Proyek Pengembangan dan Peningkatan Kemampuan Teknologi dengan Puslit Limnologi LIPI.
- Ryding,S.O. and Rast.W, 1989. The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs. UNESCO Paris and The Parthenon Publishing Group.
- Reading, H. G.1996. Sedimentary environments: processes, facies, and stratigraphy. Wiley-Blackwell.
- Sombu, I.B. 2006. Pengelolaan Sumberdaya Air di Era Desentralisasi: Koordinasi dan Penguatan Kelembagaan. Makalah dipresentasikan pada ‘Forum Diskusi Limnologi di Jakarta, tanggal 6 Desember 2006.

Tsanis, Ioannis K, Jian Wu, Huihua Shen. 2007. Environmental hydraulics: hydrodynamic and pollutant transport modeling of lakes and coastal waters. Elsevier.

Wetzel, R. G. 1983. Limnology. W. B. Saunders College Publ., Philadelphia.

PERTIMBANGAN DALAM PENGEMBANGAN BUDIDAYA IKAN PADA KARAMBA JARING APUNG DI DANAU TOBA

**Lukman, Iwan Ridwansyah, Sulung Nomosatryo,
Muhammad Badjoeri, Syahroma H.N., Rahmi Dina**
Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

ABSTRAK

Pemanfaatan ruang perairan Danau Toba memerlukan pertimbangan-pertimbangan yang seksama mengingat sifat perairan yang multiguna (multipurpose), sehingga tidak menimbulkan konflik kepentingan di kemudian hari. Pemanfaatan perairan danau untuk pengembangan budidaya ikan dengan karamba jaring apung (KJA) perlu memperhatikan adanya aktivitas pariwisata yang sudah cukup mapan dan membutuhkan kondisi kualitas air prima, juga faktor-faktor ekologis dan sosial, serta keberlanjutan dari usaha budidaya ikan itu sendiri. Pada makalah ini dikemukakan hal-hal yang perlu mendapat perhatian di dalam pengembangan KJA, meliputi daya dukung perairan arah pemintakatan (zonasi)-nya serta faktor-faktor kerentanan dari perairan itu sendiri.

Kata kunci: *Danau Toba, jaring apung (KJA), daya dukung, mintakat (zonasi)*

PENDAHULUAN

Danau Toba adalah perairan darat yang memiliki peran multiguna (*multipurpose*), diantaranya merupakan objek pariwisata yang sudah dikenal ke mancanegara. Telah menjadi kebijakan nasional, bahwa kawasan Danau Toba menjadi salah satu andalan dan potensi Rencana Induk Pengembangan Pariwisata Nasional (RIPNAS) (Ardika, 1999). Kegiatan lain yang telah berkembang di perairan Danau Toba adalah usaha perikanan budidaya pada karamba jaring apung (KJA), dengan tingkat produksi pada tahun 2010 mencapai 47.478 ton (Anonim, 2011).

Usaha KJA ini banyak menuai perhatian masyarakat, terkait kontroversi antara kebutuhan sosial ekonomi dan kelestarian lingkungan, serta antara pencapaian produksi dan daya dukung perairan. Dalam pemanfaatan perairan Danau Toba untuk pengembangan KJA perlu suatu pertimbangan-pertimbangan yang seksama demi keseimbangan pemanfaatan perairan yang mengacu pada pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*). Pada makalah ini dikemukakan berbagai pertimbangan penetapan ruang perairan Danau Toba untuk lokasi KJA dengan mengacu pada daya dukung perairannya untuk produksi ikan dalam KJA, karakteristik lingkungan dan pemanfaatan sumberdaya, serta pola distribusi penduduk.

KONDISI LINGKUNGAN PERAIRAN DANAU TOBA

Karakteristik Daerah Tangkapan Air

Wilayah daerah tangkapan air (DTA) Danau Toba merupakan bagian dari bentang alam Rangkaian Pegunungan Bukit Barisan yang memanjang arah barat laut - tenggara dengan punggung dan lembah-lembah yang tidak teratur, yang memiliki puncak dengan ketinggian antara 2000-3000 m dpl. Wilayah DTA Toba didominasi oleh kelas kemiringan lereng landai (3% – 8%) dengan luas area 30% dari seluruh luas DTA Toba, kelas kemiringan kedua ditempati oleh kelas agak miring (8 – 15%) yang mencapai 20,5%, dan daerah dengan kemiringan sangat curam hampir dijumpai di sekeliling danau yang mencapai 4,5% dari luas DTA. Tutupan lahan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas perairan danau. Pola penggunaan lahan dapat menimbulkan kerusakan/pencemaran lingkungan apabila dipergunakan melampaui batas. Komposisi tutupan lahan di DTA Danau Toba berupa lahan hutan hanya mencapai 23%, dan untuk aktivitas budidaya sekitar 48,6% dari luas DTA, yang sebagian besar merupakan pertanian lahan kering (27,6%) dan sebagian lain berupa lahan terbuka (20,6%) (BP DAS Barumun, Departemen Kehutanan, 2009; *Tidak diterbitkan*).

Kondisi hidrologi Danau Toba ditandai dengan air yang masuk, yang berasal dari air hujan yang langsung jatuh di perairan danau dan air yang berasal dari sungai-sungai yang mengalir ke danau. Di Danau Toba, pola aliran air didominasi oleh inlet berupa sungai-sungai kecil, dengan jumlah total 289 sungai namun hanya 71 sungai permanen dan sisanya bersifat musiman (*intermitten*). Dari Pulau Samosir mengalir 122 buah sungai dan dari daratan Sumatera 177 buah (Soedarsono, 1989). Sementara menurut Meighetal (1990) terdapat 295 sungai yang mengalir ke Danau Toba, yang mana sebagian besar memiliki DTA yang relatif kecil, dengan luas rata-rata 8,2 km², dan hanya beberapa yang memiliki DTA dengan luas di atas 100 km².

Menurut Meighetal (1990), rata-rata besarnya aliran permukaan dari DTA Toba adalah 78,6 m³/dt yang mengalir ke sungai-sungai. Sedangkan debit keluaran di outlet Danau Toba yang teramati di Stasiun Siruar, Sungai Asahan berada pada kisaran 90 m³/dt (periode 1976 – 1988), 104,4 m³/dt (periode 1957 – 1975), dan 110,4 m³/dt (periode 1920 – 1932) (Sastromijoyo, 1990). Berdasarkan data tersebut, maka debit rata-rata keluaran berada pada kisaran 100 m³/dt.

Karakteristik Lingkungan Perairan Danau Toba

Karakteristik morfometrik Danau Toba membentuk dua cekungan besar, utara dan selatan, yang dipisahkan oleh adanya Pulau Samosir. Berdasarkan peta batimetrinya, luas Danau Toba mencapai 1.124 km², kedalaman maksimum berada di cekung utara (508 m), sedangkan di cekung selatan kedalaman maksimumnya 420 m. Luas DTA Danau Toba 2.486 km² sehingga rasio luas DTA dan luas genangan danau adalah 2,21. Sementara itu waktu simpan air Danau Toba mencapai 81,24 tahun (Lukman & Ridwansyah, 2010).

Cekung Danau Tobabagian utara relatif lebih luas dibanding cekung selatan, demikian pula volume air yang terukurpun lebih tinggi, yang berpengaruh terhadap proses limnologis di dalamnya. Wilayah selatan diperkirakan lebih dinamis dibandingkan dengan utara, terkait sebaran sungai-sungai yang menjadi inlet danau yang dominan di wilayah selatan dan outlet danau yaitu Sungai Asahan yang juga berada di bagian selatan. Implikasi yang jelas dari kondisi tersebut adalah waktu tinggal air di cekungan utara diperkirakan lebih panjang (Lukman, 2011).

Kondisi morfometri memberikan karakteristik spesifik perairan danau, seperti waktu simpan air yang dapat menggambarkan berbagai potensinya, sebagai sumber air maupun potensi produksi hayati, serta menentukan tingkat kepekaan terhadap pengaruh beban material dari daerah tangkapannya. Terkait kepentingan untuk pemanfaatannya, kondisi morfometrik yang ada menciptakan wilayah-wilayah yang bervariasi dengan tingkat kelayakan yang berbeda.

Profil suhu Danau Toba pada kedalaman 0 – 40 meter, menunjukkan pola yang lebih beragam dan memiliki kecenderungan yang stabil pada kedalaman ≥ 100 m. Berdasarkan profil-profil vertikal suhu tersebut, diperkirakan lapisan epilimnion berada pada strata kedalaman 0 – 30 m, lapisan metalimnion pada strata kedalaman 30 – 100 meter, lapisan hipolimnion berada pada strata kedalaman ≥ 100 m. Proses pengadukkan di perairan Danau Toba diperkirakan hanya berlangsung pada kolom air antara 1 -100 meter (Lukman & Ridwansyah, 2010).

Kadar oksigen terlarut di permukaan relatif tinggi (6 – 7 mg/l), namun menurun drastis pada kedalaman 100 m dan menunjukkan kondisi sangat minim (≤ 2 mg/l) pada kedalaman 200 m dan seterusnya. Kondisi ini terkait dengan proses fotosintesis yang

berlangsung di permukaan perairan, dan pada kedalaman 100 meter dan selanjutnya adalah proses respirasi yang intensif (Lukman & Ridwansyah, 2010).

Pada pengamatan tahun 2009, pH perairan Danau Toba cenderung basa ($>7,0$), kekeruhan rendah (<3 NTU) kecuali di satu lokasi di bagian utara pada bulan April mencapai 18 NTU, dan konduktivitas antara 0,154 – 0,162 mS/cm. Tingkat kekeruhan jika mengacu pada baku mutu air bersih (Peraturan MenKes RI No. 416/IX/90) atau untuk melindungi kehidupan akuatik (US-EPA) yaitu ≤ 25 NTU, maka tingkat kekeruhan perairan Danau Toba masih cukup baik dan layak. Tingkat konduktivitas perairan Danau Toba berada pada kisaran sedang.

Secara horizontal, kadar Total Phosphat (TP) di kolom air permukaan pada April 2009 berkisar antara 0,005 mg/l - 0,116 mg/l, sedangkan kadar Total Nitrogen (TN) antara 0,013 mg/l– 0,457 mg/l. Pada pengamatan bulan Oktober 2009, kadar rata-rata TP antara 0,022 – 0,028 mg/l dan TN antara 0,055 – 0,186 mg/l. Komponen nitrogen di perairan Danau Toba cenderung sebagai faktor pembatas pertumbuhan alga karena memiliki rasio N:P <7 , dengan rasio (berdasarkan berat) pada kisaran 0,88 - 20,9 (Nomosatrio & Lukman, 2011). Mengacu pada rasio TN/TP "Redfield ratio" menunjukkan ketersediaan unsur N di perairan jauh lebih rendah dari ketersediaan unsur P (Redfield, 1958 dalam Nöges *et al*, 2008).

Status trofik perairan Danau Toba pada April dan Oktober 2009 hingga bagian tengah, seperti dikemukakan sebelumnya, mengacu pada ketentuan status trofik perairan Peraturan Menteri LH nomor 28/2009 berdasarkan kadar TP berada pada kisaran oligotrofik hingga hipereutrofik (Lukman *et al*, 2009).

Kadar TP di perairan Danau Toba tidak menjadi sumber hara tersedia bagi fitoplankton sehingga kelimpahannya rendah, yang menunjukkan status trofik danau pada kondisi oligotrofi hingga mesotrofik. Hal ini terjadi karena kadar ortofosfat di lapisan permukaan perairan (0,012 mg/l) dan ketersediaan TN rendah (Nomosatrio & Lukman, 2011).

PEMANFAATAN WILAYAH EKOSISTEM DANAU TOBA

Pemanfaatan wilayah daratan Danau Toba terutama adalah perkotaan yang sudah cukup berkembang, seperti Kota Parapat, Kota Balige, Kota Pangururan, serta pemukiman lainnya seperti Haranggaol dan Ajibata. Di seputar tepian Danau Toba

tercatat 147 desa/dusun dan kepadatan penduduknya mencapai 25.087 kepala keluarga (KK)(Sitompul *et al*, 2007).

Kegiatan masyarakat di DTA Danau Toba sebagian besar adalah pertanian yang memanfaatkan lereng-lereng bukit dengan komoditas yang dikembangkan adalah tanaman tahunan seperti kemiri, kopi, kelapa, mangga serta tanaman palawija seperti bawang, jagung dan cabe, juga pemanfaatan dataran yang berada diantara lembah-lembah sungai dengan penanaman padi pada lahan pesawahan.

Pada saat ini wilayah Danau Toba merupakan pusat kepariwisataan di Sumatera Utara, dengan daya tarik utamanya adalah panorama hamparan air yang biru, yang menjadikan danau ini sebagai objek wisata danau terbesar di Indonesia. Terkait dengan pengembangan kepariwisataan, dari 147 dusun/desa yang tersebar di seputar Danau Toba, 15 diantaranya merupakan kawasan wisata dan bisnis yang juga menunjang pariwisata, 12 lokasi memiliki potensi wisata yang belum dikembangkan, dan lainnya adalah desa/dusun tidak terkait dengan kepariwisataan(Sitompul *et al*, 2007). Secara keseluruhan, terdapat 27 lokasi yang perlu diberikan perhatian pemanfaatan kawasannya untuk menjaga kondisinya tetap alami sehingga kegiatan pariwisata dan pengembangannya dapat terus didukung.

Pemanfaatan lain yang juga sudah berjalan adalah usaha perikanan tangkap. Pemanfaatan perairan Danau Toba untuk usaha perikanan tangkap, telah tercatat sejak tahun 1950-an dengan jenis ikan tangkapan dominan ikan mujaer (*Oreochromis mossambicus*) dan ikan mas (*Cyprinus carpio*) (Soerjani *et al*, 1979). Berdasarkan data tahun 2005, produksi tangkapan ikan di Danau Toba mencapai 4.462 ton dengan ikan mujaer (*O. mossambicus*) dan ikan nila (*O. niloticus*) sebagai ikan paling dominan (Purnomo *et al*, 2005).

Usaha perikanan tangkap yang saat ini juga cukup dominan adalah penangkapan ikan bilih (*Mystacoleus padangensis*). Ikan bilih merupakan ikan introduksi dan berasal dari Danau Singkarak, yang ditebarkan pertama kali pada tahun 2003 oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan (Kartamihardja & Sarnita, 2008). Introduksi ini dilakukan sebagai upaya pemulihan populasi ikan, karena terjadinya krisis populasi ikan asli seperti menurunnya kelimpahan ikan pora-pora (*Puntius binotatus*) sebagai dampak penurunan kualitas lingkungan dan dampak biologis dari penebaran ikan introduksi lain seperti mujaer. Tingkat produksi pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 30.000 ton

dan alat tangkap yang umum digunakan adalah bagan dan jaring insang (Koeshenrajana, *et al.*, 2010).

Kegiatan perikanan lainnya yang telah berkembang di perairan Danau Toba ini adalah KJA. Pada saat ini, kegiatan KJA telah cukup meluas dan merata di seluruh kabupaten yang melingkupi Danau Toba, dan tercatat 50 desa/dusun yang memiliki aktivitas KJA dengan jumlah 5.158 unit KJA milik masyarakat dan 72 unit dan 5 lokasi milik Perusahaan Modal Asing (PMA) (Sitompul *et al.*, 2007). Tingkat produksi total ikan dari KJA di perairan Danau Toba pada tahun 2010 tercatat mencapai 47.478 ton, yang cukup dominan adalah di wilayah Kabupaten Samosir, Kabupaten Toba Samosir dan Kabupaten Simalungun (Anonim, 2011)

PEMINTAKATAN WILAYAH PERAIRAN DANAU UNTUK PENGEMBANGAN KJA

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28/2009, tentang daya tampung beban pencemaran air danau dan/atau waduk menetapkan bahwa dalam penetapan rencana tata ruang daerah tangkapan air danau dan/atau waduk dan pemberian izin kegiatan yang lokasinya dapat mempengaruhi kualitas air danau dan/atau waduk harus mempertimbangkan daya tampung beban pencemaran air danau dan/atau waduk. Daya tampung beban pencemaran air danau dan/atau waduk yang dimaksud adalah kemampuan air danau dan air waduk untuk menerima masukan beban pencemaran tanpa mengakibatkan air danau dan air waduk menjadi cemar. Mengacu pada Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia nomor 12/Men/2010 tentang pengembangan minapolitan, bahwa setiap pengembangan usaha perikanan harus berkesesuaian dengan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), dan proyeksi pengembangan harus memuat kelayakan lingkungan berdasarkan daya dukung dan daya tampung.

Perairan danau, memiliki karakteristik spesifik yang menyangkut sifat milik bersama, kebijakan dan kepentingan multisektoral, serta multiwilayah. Karakteristik lainnya adalah faktor sensitivitas terhadap beban masukan nutrien dan mineral sebagai dampak kegiatan manusia, terkait tipe badan air dan komunitas plasma nutfah yang sangat bervariasi.

Selain memperhatikan aspek daya dukung, penetapan mintakat (zonasi) KJA di Danau Toba perlu mempertimbangkan beberapa hal yang dapat menjadi kriteria, yaitu: i) Faktor hidromorfometri dan pola aliran massa air di perairan danau; ii) Wilayah litoral danau; iii) Panjang garis pantai setiap kabupaten; iv) Luas lahan pertanian setiap kabupaten; v) Jumlah penduduk lokal; vi) Aktivitas bisnis dan pelabuhan; vii) Kawasan wisata dan potensi wisata; viii) Wilayah reservat ikan; dan x) Wilayah *in take* air minum utama.

Penetapan Daya Dukung

Perhitungan daya dukung pengembangan KJA di Danau Toba mengacu pada scenario-skenario: i) Kadar TP rata-rata yang dapat diterima ([P]_f) pada kondisi oligotrofik; II) Skenario penetapan [P]_f pada kondisi oligo-mesotrofik, dan iii) Skenario penetapan [P]_f pada kadar TP rata-rata hasil pengukuran 2009. Namun demikian, mengingat perairan Danau Toba sebagai asset wisata maka yang perlu dipertimbangkan adalah skenario pertama, yaitu kadar TP yang dapat diterima ([P]_f) pada kondisi oligotrofik.

Kondisi perairan Danau Toba saat ini berada pada tingkat kesuburan di atas oligotrofik (Nomosatrio & Lukman, 2011), maka kondisi tersebut sudah berada di atas ambang batas ideal untuk kepentingan pariwisata, yaitu ([P] $5 \text{ mg/m}^3 \approx 0,005 \text{ mg/l}$) (Beveridge, 1984). Kondisi ideal tersebut teramati, jauh sebelum pengembangan KJA di Danau Toba yaitu pada tahun 1929 ($0,005 \text{ mg/l}$; Ruttner, 1930).

Mengacu pada Peraturan Pemerintah (PP) nomor 28 tahun 2009 mengenai angka kisaran angka [P]_f oligotrofik maksimum adalah pada [P] $< 10 \mu\text{g/l}$, maka kisaran kapasitas TP Danau Toba yang masih tersedia untuk budidaya ikan intensif ($\Delta P = [P]_f - [P]_i$) adalah $\approx 5 \mu\text{g/l}$. Berdasarkan kapasitas TP yang masih tertampung di Danau Toba, maka TP yang dapat diterima untuk seluruh danau adalah 324,44 ton/tahun sehingga estimasi produksi ikan yang dapat dicapai 35.282 ton/tahun (Lukman & Hamdani, 2011). Dengan menggunakan asumsi bahwa setiap unit KJA memproduksi ikan setara 3,5 ton/tahun, maka jumlah KJA yang dapat ditanam di seluruh perairan Danau Toba adalah 10.000 unit.

Kriteria Pertimbangan Penetapan Zonasi Karamba Jaring Apung

Penetapan lokasi untuk pengembangan KJA harus memperhatikan beberapa faktor, mengingat kepekaan dari organisme yang dibudidaya serta pada sisi lain harus mempertimbangkan dampak KJA terhadap lingkungan dan aktivitas lainnya. Berikut ini beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam penetapan zonasi KJA di Danau Toba.

Kondisi Hidromorfometri dan Pola Aliran Massa Air

Kondisi hidromorfometri Danau Toba dengan inlet-inlet yang dominan serta keberadaan outlet yaitu Sungai Asahan berada di bagian selatan, maka pola aliran massa air akan lebih dinamis di bagian selatan. Mengingat salah satu faktor daya dukung perairan untuk pengembangan KJA adalah laju penggelontoran maka daya dukung ceruk selatan untuk pengembangan KJA akan lebih besar dibanding ceruk bagian utara.

Wilayah Litoral Danau

Wilayah litoral merupakan “pemasok energi utama” perairan danau, yang harus dilindungi dari aktivitas yang memberikan daya rusak. Pengembangan KJA dapat merubah substrat dasar dengan adanya akumulasi bahan organik dari sisa pakan dan feses ikan yang dipelihara dan mengganggu kondisi ekosistem littoral. Biota-biota littoral, seperti tumbuhan air, makrobentos, dan komunitas alga perifiton akan terganggu. Wilayah litoral juga diketahui sebagai tempat pemijahan berbagai jenis ikan. Dengan demikian, di wilayah littoral pengembangan KJA perlu dibatasi bahkan dihindari.

Panjang Garis Pantai

Garis pantai merupakan akses daratan ke perairan, sehingga panjang garis pantai dari setiap kabupaten yang tersebar di seputar Danau Toba perlu menjadi salah satu pertimbangan jumlah KJA yang dapat dikembangkan. Keliling Danau Toba berdasarkan pengukuran batimetri adalah 428,7 km (Lukman & Ridwansyah, 2010). Kabupaten Samosir memiliki pantai paling panjang (42,8%), disusul oleh Toba Samosir dan Simalungun. Dengan demikian, jumlah KJA yang dapat dikembangkan untuk setiap kabupaten di seputar Danau Toba semestinya proporsional dengan panjang garis pantainya.

Pertimbangan Luas Lahan Pertanian

Luas lahan pertanian merupakan faktor pembatas, terkait sebagai salah satu pemasok hara ke perairan. Sebagai mana diketahui, lahan pertanian merupakan salah satu sumber hara dari sisa penggunaan pupuk dan dapat mendorong eutrofikasi perairan danau. Dengan demikian, semakin luas lahan pertanian maka pasokan hara akan semakin meningkat.

Berdasarkan perhitungan dari peta rupa bumi, luas lahan pertanian di kawasan Danau Toba mencapai 129,448 ha, dengan luas terbesar di Kabupaten Toba Samosir (43,4%). Dengan demikian jumlah (kuota) KJA yang dapat dikembangkan di suatu kabupaten harus dikoreksi dengan potensi pencemaran dari aktivitas pertanian ini.

Wilayah in take Air Minum

Pada umumnya sebagian besar pemukiman, baik dusun maupun desa di seputar Danau Toba memenuhi kebutuhan air minum dan domestikny secara langsung dari air danau. Namun tercatat empat kota/desa yang memanfaatkan air danau untuk kebutuhan domestikny menggunakan *intake* air minum dan dikelola sebagaimana perusahaan air minum, seperti Balige, Pangururan, dan Laguboti.

Sebagaimana diketahui baku mutu kualitas air untuk air minum sangat tinggi, atau dalam kondisi perairan yang oligotrofik. Di lokasi *intake* air minum pengembangan KJA harus dihindari, dan ditetapkan jarak tertentu dari wilayah ini untuk pengembangan KJA.

Wilayah/Kawasan Wisata, Bisnis dan Pelabuhan

Lokasi pariwisata di wilayah Danau Toba tersebar hampir di sepanjang danau, baik yang bersentuhan dengan perairan maupun tidak. Tercatat 15 dusun/desa yang menunjang pariwisata, serta 12 lokasi memiliki potensi wisata yang belum dikembangkan. Kota-kota Parapat, Balige dan Pangururan selain lokasi pariwisata juga merupakan pusat-pusat bisnis dan pendukung aktivitas pariwisata. Dengan demikian, secara keseluruhan, terdapat 27 lokasi yang harus dilindungi dan tidak memungkinkan untuk digunakan untuk KJA. Di wilayah bisnis dan pelabuhan, kondisi lingkungan perairan pada umumnya sudah tidak mendukung KJA karena tingginya pencemaran dari

pemukiman dan domestik, dan buangan dari kapal dan kapal penyeberangan, sementara pada wilayah wisata pengembangan KJA akan mengganggu aktivitas wisatawan karena menurunkan nilai estetika dari perairannya.

Wilayah Reservat Ikan

Wilayah reservat ikan atau suaka perikanan, meskipun saat ini belum ditetapkan oleh pemerintah di wilayah Danau Toba, tetapi untuk kepentingan menjaga keragaman hayati perairan dan mendukung keberlangsungan pemanfaatan sumberdayanya maka wilayah reservat ikan dan zona lindung biota lainnya harus diberi ruang. Pada setiap kabupaten di seputar Danau Toba minimal harus mengalokasikan satu lokasi kawasan reservat, yang mana harus dibebaskan dari aktivitas dan pengembangan KJA. Lokasi-lokasi ini merupakan wilayah lindung, yang harus ditetapkan oleh setiap pemerintah kabupaten dan didukung serta dipahami oleh segenap pengguna perairan Danau Toba

Terdapat beberapa jenis biota Danau Toba yang perlu dilindungi adalah biota endemis seperti ikan ikan/batak (*Tor* sp.) dan remis toba (*Corbicula tobae*), juga terdapat jenis-jenis ikan lokal yang keberadaannya sudah sangat menurun seperti ikan pora-pora (*Puntius binotatus*).

Sebagaimana diketahui beberapa kriteria penetapan reservat diantaranya adalah membutuhkan kondisi lingkungan yang optimal dan mendukung, aktivitas penangkapan ikan dan pemanfaatan lainnya sangat dibatasi, dan gangguan dari kegiatan lainnya juga harus dihindari.

Penduduk Lokal

Memperhatikan sangat terbatasnya potensi sumber daya alam di kawasan Danau Toba, seperti sempitnya ketersediaan lahan pertanian dan rendahnya potensi sumberdaya alam lainnya, potensi pengembangan ekonomi masyarakat akan tertuju kepada potensi perairan, diantaranya pengembangan KJA. Masyarakat lokal yang kemampuan aksesibilitas kepada pemanfaatan sumberdaya lain sangat rendah, harus mendapat prioritas dalam pengembangan KJA.

Diluar desa/dusun yang memiliki aktivitas bisnis/wisata dan potensi wisata terdapat 120 desa/dusun yang tidak memiliki aktivitas wisata dan bisnis serta tidak berpotensi untuk dikembangkan sebagai kawasan wisata. Untuk memberikan peluang

masyarakat memiliki mata pencaharian, maka desa/dusun inilah yang harus dipertimbangkan menjadi lokasi-lokasi untuk pengembangan KJA. Desa/dusun tersebut dapat menjadi acuan untuk penetapan lokasi-lokasi pengembangan KJA, dengan tetap memperhatikan kriteria dan batasan-batasan sebelumnya.

ALOKASI DAN PENETAPAN WILAYAH MINTAKATKJA DI DANAU TOBA

Berbagai pertimbangan penetapan alokasi KJA telah dikemukakan sebelumnya, yang memperhatikan faktor alam dan manusia. Secara singkat terdapat empat faktor yang dapat dipergunakan sebagai penentu alokasi jumlah KJA di setiap kabupaten di Danau Toba, yaitu faktor hidromorfometri, panjang garis pantai, luas lahan pertanian dan faktor dusun/penduduk dari setiap kabupaten yang tersebar di seputar Danau Toba (Tabel 1).

Tabel 1. Faktor koreksi penetapan prosentasi (%) jumlah KJA di setiap wilayah kabupaten di

Kawasan Danau Toba		Faktor koreksi untuk prosentasi (%) penetapan jumlah KJA di setiap wilayah			
Wilayah Danau	Kabupaten	Hidro-morfologi	Garis Pantai	Lahan Pertanian	Desa/Dusun & Penduduk***
Ceruk Utara	Karo	40	2,9	98,7	3,29
	Dairi		6,3	98,4	1,47
	Simalungun		16,2	90,2	12,17
	Samosir Utara		17,1*)	62,2	56,14
Ceruk Selatan	Samosir Selatan	60	25,7**)		
	Toba Samosir		24,7	56,6	13,12
	Hbg. Hasundutan		1,7	93,9	5,41
	Tapanuli Utara		5,2	100	8,40
Total		100	100		100

Keterangan: *) 40% dari proporsi panjang garis pantai Kabupaten Samosir (42,8%)

**) 60% dari proporsi panjang garis pantai Kabupaten Samosir (42,8%)

***) Rataan % jumlah desa/dusun dan % jumlah penduduk

Dengan mempertimbangan kondisi hidromorfologi ceruk danau, dari seluruh KJA yang dapat ditanam di perairan Danau Toba maka proporsi jumlah KJA untuk ceruk selatan adalah 60%-nya dan di ceruk utara 40%. Dengan demikian jika dapat ditetapkan jumlah KJA untuk seluruh perairan Danau Toba 10.000 unit, maka di ceruk utara hanya 4.000 unit dan di ceruk selatan adalah 6.000 unit.

Jumlah KJA untuk setiap kabupaten dengan memperhatikan rasio panjang garis pantainya, maka proporsi tertinggi adalah Kabupaten Samosir (4.2809 unit), yang

terbagi masing-masing untuk wilayah ceruk utara danau (1.710 unit) dan ceruk selatan danau (2.570 unit), diikuti Kabupaten Toba Samosir (2.470 unit), dan Simalungun (1.620 unit) (Tabel 2).

Sementara itu dengan mempertimbangkan proporsi jumlah penduduk dari desa/dusun yang tidak memiliki aktivitas wisata/bisnis maka, jumlah KJA di Kabupaten Samosir adalah 5.614 unit (ceruk utara 2.246 unit; ceruk selatan 3.368 unit). Untuk Kabupaten Simalungun dan Kabupaten Toba Samosir masing-masing adalah 1.217 unit dan 1.312 unit (Tabel 2).

Tabel 2. Perhitungan alokasi jumlah KJA untuk setiap kabupaten di kawasan Danau Toba berdasarkan berbagai kriteria

Kabupaten	Jumlah KJA berdasarkan proporsi panjang garis pantai (Unit)	Jumlah KJA berdasarkan proporsi jumlah penduduk (Unit)	Jumlah KJARata-rata berdasarkan panjang garis pantai dan jumlah penduduk (Unit)
Karo	293	329	311
Dairi	632	147	390
Simalungun	1.624	1.217	1.421
Samosir Utara (40%)	1.712	2.246	1.979
Samosir Selatan (60%)	2.568	3.368	2.968
Toba Samosir	2.474	1.312	1.893
Humbang	180	541	361
Tapanuli Utara	517	840	679
	10.000	10.000	10.000

Namun demikian mengingat tingkat kesuburan perairan sebagai dampak peningkatan kadar total fosfor (TP), tidak hanya bersumber dari aktivitas KJA tetapi juga dari pertanian, maka luas lahan pertanian di setiap kabupaten menjadi faktor koreksi jumlah KJA tersebut di atas. Dengan demikian dengan faktor koreksi dari proporsi lahan pertanian di setiap kabupaten jumlah total KJA yang dapat ditanam di Danau Toba adalah 7.136 unit (Tabel 3).

Tabel 3. Perhitungan alokasi jumlah KJA untuk setiap kabupaten di kawasan Danau Toba berdasarkan berbagai kriteria dengan faktor koreksi dari luas lahan pertanian

Kabupaten	Jumlah KJA yang dapat ditanam dengan memperhatikan luas lahan pertanian (Unit)
Karo	307
Dairi	383
Simalungun	1.281
Samosir Utara (40%)	1.231
Samosir Selatan 60%)	1.846
Toba Samosir	1.071
Humbang	338
Tapanuli Utara	679
	7.136

PENUTUP

Penetapan jumlah KJA tersebut adalah mengacu pada daya dukung untuk menunjang kondisi Danau Toba pada status trofik rendah (oligotrofik), sehingga dapat meminimalkan konflik kepentingan dengan aktivitas pariwisata dan pada sisi lain diharapkan dapat menjaga stabilitas ekologis dan keberlanjutan dari usaha budidaya ikan itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2011. Statistik Perikanan Budidaya Provinsi Sumatera Utara Tahun 2010. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sumatera Utara. 148 hal.
- Ardika, G., 1999, Danau dan Waduk dalam Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan (*Lake and Reservoir in the Development of Continuable Tourism System*), Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk, PPLH-IPB, Ditjen Bangda-Depdagri, Ditjen Pengairan-Dep.PU, dan Kantor Men. LH. Bogor. Hal. IV (1-13)
- Beveridge, 1984). Beveridge, MCM. 1987. Cage Aquaculture. Fishing News Books, Ltd. Farnham Surrey, 352 p
- Kartamihardja, E. S., & A. S. Sarnita, 2008. Populasi Ikan Bilih di Danau Toba. Keberhasilan Introduksi Ikan, Implikasi Pengelolaan dan Prospek Masa Depan. Pusat Riset Perikanan Tangkap-BRKP-Kementerian Kelautan dan Perikanan. 49 hal.
- Koeshendrajana, S., Y. D. Sari, E. Reswati & R. Hafsaridewi, 2010. Valuasi Sosial Ekonomi Dampak Penebaran Ikan Bilih di Danau Toba, Sumatera Utara
- Lukman, M. Badjoeri, Y. Syawal, & H.A. Rustini, 2009. Antisipasi Bencana Lingkungan Perairan Danau Toba melalui Penetapan Dayadukung dan

- Pemintakatan Wilayah Budidaya. Laporan Akhir Tahun 2009 Kegiatan Program Kompetitif – LIPI. Puslit Limnologi – LIPI. 79 hal.
- Lukman & I. Ridwansyah, 2010. Kajian Morfometri dan beberapa Parameter Stratifikasi Perairan Danau Toba. *Limnotek, Perairan Darat Tropis di Indonesia*.17 (2): 158 - 170.
- Lukman, 2011.Hydrology and Morphometry Characteristic Consideration on Determining Lake Toba Carrying Capacity for Cage Aquaculture.Prosiding Simposium Nasional Ekohidrologi. “Integrity Ecohydrological Principles for Good Water Governance” APCE. UNESCO – LIPI. Jakarta 25 September 2011. p. 185 – 187
- Lukman & Hamdani, 2011.Estimasi Daya Dukung Perairan Danau Toba Sumatera Utara untuk Pengembangan Budidaya Ikan dengan Karamba Jaring Apung. *Limnotek, Perairan Darat Tropis di Indonesia*, Vol. 18(2): 59 -67
- Meigh, J., M. Acreman, K. Sene & J. Purba. 1990. The water balance of Lake Toba. International Conference on Lake Toba, May 1990. Jakarta – Indonesia.
- Nöges, T., R. Laugaste, P. Nöges & I. Tönno., 2008. Critical N:P Ratio for Cyanobacteria and N₂-fixing Species in the Large Shallow Temperate Lakes Peipsi and Võrtsjärv, North-East Europe. *Hydrobiologia* 599: 77 -86
- Nomosatryo & Lukman, 2011. Ketersediaan Hara di Perairan Danau Toba, Sumatera Utara. *Limnotek*, Vol. 18(2): 20 -29
- Purnomo, K., E.S. Kartamihardja, Wijopriono, Z. Fahmi, M.M.Wahyono, R. Faizah & A.S. Sarnita, 2005, Riset Pemetaan Kapasitas Sumberdaya Ikan dan Lingkungan di Danau Toba, Sumatera Utara, Pusat Riset Perikanan Tangkap, BRKP-DKP. 31 hal.
- Ruttner, F., 1930, Hydrographische und Hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatera und Bali. *Arch.Hydrobiol. Suppl.* 8: 197-454.
- Sastromijoyo, S., 1990, Some Hydrological Aspect of Lake Toba, Inst. Of Hydrologic Eng. Agency of R & D Ministry of Public Work, Republic of Indonesia. p 18.
- Sitompul, R., L.U. Sitanggang, H.D. Putra, Roswita, R. Sagala, D. Y. Mulyati, 2007. Profil Pantai dan Perairan Danau Toba. BPBPEKDT, Medan.
- Soerjani, M., S. Wargasasmitha, A. Djalil, & S. Tjitrosoedirdjo, 1979.Survey ekologi Danau Toba. Laporan Akhir. Thn.1978 – 1979.Univ. Indonesia- Dep. PU.24 hal.
- Sudarsono, U.1989. Toba Lake and Its Problems.Directorate of Environmental Geology.Bandung Indonesia.p 16.

IDENTIFIKASI SISTEM PENGUASAAN SUMBERDAYA TRADISIONAL GUNA MEMAHAMI KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT SEKITAR DANAU KERINCI

Ary Wahyono

Puslit Kemasyarakatan dan Kebudayaan – LIPI

ABSTRAK

Di lihat dari sistem matapencaharian masyarakat, penduduk sekitar Danau Kerinci belum memiliki keragaman penangkapan ikan. Struktur sosial-ekonomi masyarakat yang berbasiskan memanfaatkan Sumberdaya Danau masih sederhana. Middleman masih terbatas yang dilakukan kaum perempuan. Tidak ada investasi atau pemodal yang terlibat dalam kegiatan penangkapan ikan. Dinamika sosial pemanfaatan sumberdaya Danau Kerinci belum se kompleks dengan dinamika di daratan, seperti kebun kulit manis yang sekarang menjadi ancaman TNKS. Sengketa pemanfaatan sumberdaya belum pernah terjadi. Namun demikian, jika nanti perairan danau Kerinci akan dikembangkan sebagai kawasan minapolitan maka perlu belajar dari pengalaman kebun kulit manis dengan TNKS dan sistem penguasaan lahan persawahan. Terkiat dengan hal ini, maka pemahaman sistem penguasaan tradisional masyarakat Kerinci perlu mendapat perhatian. Keterkaitan perikanan danau, pertanian sawah, Kebun Kulit Manis merupakan strategi penting untuk memahami dinamika sosial yang berkembang di masyarakat sekitar danau Apakah perairan danau menjadi bagian dari system penguasaan sumberdaya tradisional masyarakat Kerinci, atau sebaliknya, masyarakat Kerinci tidak memiliki sistem penguasaan sumberdaya perairan tradisional. Adat masyarakat Kerinci hanya mengatur sumberdaya daratan. Tulisan ini akan menjelaskan seberapa besar masyarakat Kerinci memiliki kearifan lokal untuk pemanfaatan sumberdaya perairan di danau.

Kata Kunci : *Kearifan Lokal, Pengelolaan danau tradisional, Adat Kerinci*

PENDAHULUAN

Pengelolaan perairan umum sebagai salah satu upaya kegiatan perikanan dalam memanfaatkan sumberdaya ikan di perairan umum secara berkelanjutan perlu dilaksanakan secara bijaksana (Luki Ardianto, 2011). Kegiatan pemanfaatan sumberdaya ikan di perairan umum melalui kegiatan penangkapan dan budidaya mempunyai kecenderungan semakin tidak terkendali, dimana jumlah ikan yang ditangkap tidak lagi seimbang dengan daya pulihnya (Luki Ardianto, 2011). Pendapat seperti ini dapat dimengerti karena sumberdaya perairan yang cenderung dikuasai secara umum (*commons-poll resources*) yang memiliki potensi mengalami terjadi penurunan produksi sehingga mengakibatkan kerusakan lingkungan yang disebut oleh Hardin sebagai “*tragedy of common*” (Hardin, G, 1968).

Sumberdaya alam yang dikuasai oleh umum adalah sumberdaya alam dimana setiap orang dapat mengakses dan memaanfaatkan secara terbuka tanpa ada aturan pemanfaatan sumberdaya yang diberlakukan. *Tragedy of commons* terjadi karena tidak

ada aturan pemanfaatan sumberdaya alam yang ditambah dengan penambahan penduduk sehingga terjadi persaingan bebas (*free for all*). Tidak ada institusi sosial-tradisional yang mengatur atau memberikan hak penggunaan alat tangkap serta tidak ada kehadiran regulasi dari pemerintah setempat yang semakin mendorong terjadinya kerusakan fungsi danau. Sebagai contoh adalah terjadinya klaim wilayah perairan secara perorangan pada wilayah-tempat-lokasi buili di danau Limboto adalah merupakan awal dari terjadinya “tragedy of commons karena tidak adanya aturan bersama, baik oleh adat, desa apalagi negara (Ary Wahyono, 2007). Oleh sebab itu, indentifikasi sistem penguasaan atau pemilikan sumberdaya tradisional menjadi penting guna memahami kearifan lokal masyarakat sekitar danau.

Konsep hak kepemilikan (*property rights*) dalam konteks sumberdaya perairan danau sebenarnya memiliki konotasi sebagai hak milik (*to own*), memasuki (*to access*), dan memanfaatkann (*to use*) (Akimichi 1991). Pengertian memiliki, memasuki dan memanfaatkan tidak hanya mengacu pada wilayah penangkapan (*fishing grounds*) melainkan pula mengacu pada teknik-teknik penangkapan, peralatan yang digunakan (teknologi) bahkan sumberdaya perairan yang ditangkap atau dikumpulkan.

Berdasarkan pengertian di atas, secara ringkas dapat dikatakan bahwa sebuah komunitas nelayan memiliki adat atau kearifan lokal yang terkait dengan pemanfaatan perairan jika komunitas tersebut memiliki seperangkat aturan atau praktik pengelolaan pemanfaatan sumberdaya perairan dan sumberdaya yang terkandung di dalamnya. Perangkat aturan atau adat ini menyangkut siapa yang memiliki atas hak suatu wilayah, jenis sumberdaya yang boleh ditangkap dan teknik untuk mengeksploitasi sumberdaya yang diperbolehkan yang dalam suatu wilayah perairan. Jadi pertanyaan pokok untuk melihat sejauhmana sebuah komunitas memiliki kearifan lokal adalah siapa yang menguasai wilayah perairan, jenis sumberdaya, teknologi yang dipakai dan tingkat eksploitasinya, dan tentu saja bagaimana menguasainya serta dengan cara apa.

Sumber literatur lainnya (misalnya Sudo, 1983; Akamichi, 1991; Pollnac, 1984; dan Polunin, 1983) melengkapi tentang pemahaman kerarifan lokal dapat ditelusuri melalui 3 (tiga) variabel pokok, yaitu : (1) wilayah, (2) unit sosial pemilik hak (*right-holding unit*), dan (3) legalitas (*legality*) beserta pelaksanaanya (*enforcement*). Variabel wilayah dalam suatu pengaturan hak wilayah perairan tidak hanya terbatas pada pembatasan luas wilayah tetapi juga eksklusivitas wilayah. Eksklusivitas disini berlaku

juga untuk sumberdaya perairan, teknologi yang digunakan, tingkat eksploitasi maupun batasan-batasan yang bersifat temporal. Sementara itu, pengertian unit pemegang hak beragam mulai dari tingkatan yang bersifat individual, komunitas desa sampai dengan negara. Unsur penting dalam unit sosial pemegang hak adalah *transferability*, yakni pranata yang mengatur bagaimana hak eksploitasi dialihkan dari satu pihak ke pihak lain, dan ada aspek pemerataan (*equity*) yaitu terdapat pembagian hak ke dalam suatu unit pemegang hak.

Keberadaan unit sosial pemegang hak juga dapat dilihat dari adanya legalitas. Legalitas akan menjadi dasar hukum yang melandasi berlakunya sistem aturan lokal tersebut. Di beberapa kasus di masyarakat perairan, landasan hukum ada yang berbentuk tertulis tetapi yang umum terjadi berbentuk praktik extra legal, yakni aturan hukum yang didasarkan atas kebiasaan-kebiasaan yang dilakukan masyarakat, seperti sistem kepercayaan atau mitos terhadap sumberdaya tertentu.

Berdasarkan konsep tentang kearifan lokal tersebut di atas, maka tulisan ini mencoba melihat sejauhmana nelayan sekitar danau Kerinci memiliki aturan-aturan lokal yang berkaitan dengan pemanfaatan sumberdaya perairan. Untuk memahami kearifan lokal dalam pemanfaatan perairan danau Kerinci juga dibandingkan dengan praktik kearifan lokal di kawasan daratan (sawah dan hutan). Apakah masyarakat Kerinci memiliki sistem aturan pengelolaan tradisional yang berlaku di daratan maupun perairan atau hanya di daratan saja.

BAHAN DAN METODE

Artikel ini disusun bagian dari studi tentang *Rencana Pengelolaan Dan Pengembangan Kawasan Minapolitan Danau Kerinci, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi*. Draft Naskah Akademik Direktorat Sumberdaya Ikan, Ditjen Perikanan Tangkap, Kementerian Kelautan dan Perikanan, sementara itu data terkait dengan sistem penguasaan tradisional diambil dari penelitian yang pernah saya lakukan di Kawasan Nasional Kerinci Seblat yang telah dimuat di Jurnal Kependudukan-LIPI tahun 2007.

Penelitian ini bersifat kualitatif, yakni jenis penelitian dalam ilmu sosial yang lebih mengkonsentrasikan pada fenomena atau gejala sosial, dengan tujuan untuk mencari keingintahuan mengapa kecenderungan atau gejala sosial itu terjadi dan apa

yang melatarbelakngi. Metode yang digunakan untuk jenis penelitian penelitian kualitatif adalah metode wawancara mendalam (*in depth interviews*) dan metode FGD (*Focus Group Discussion*).

Peserta FGD adalah sejumlah warga masyarakat pilihan yang jumlah terbatas (10-15) dan mampu diajak diskusi sesuai dengan tujuan penelitian, sedangkan metode wawancara mendalam dilakukan terhadap orang-orang kunci (*key informan*) yang mengetahui soal adat atau pranata yang berakaitan dengan sistem penguasaan sumberdaya alam tradisional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi sosial-perikanan danau

Di lihat dari sistem matapencaharian masyarakat, penduduk sekitar Danau Kerinci yang tergantung dari penangkapan ikan belum berkembang pesat. Identifikasi dari teknologi peralatan yang dikembangkan masih sederhana, yakni peralatan yang dipasang dipinggir danau (Bubu, Bagan Tancap). Peralatan lain yang aktif dan mobil masih terbatas yakni jala dan pancing. Ini mengindikasikan bahwa kegiatan perikanan masih berpotensi untuk dikembangkan di masa mendatang. Namun demikian, di dalam pengembangan perikanan danau ini memerlukan pilihan-pilihan yang tepat agar arah pengembangan kawasan tidak merusak fungsi lingkungan danau. Berikut beberapa gambaran sistem matapencaharian masyarakat :

Pertama matapencaharian menggunakan bubu dan bagan tancap adalah matapencaharian paling tua dikembangkan di Danau Kerinci. Bedanya, alat tangkap bubu ada inovasi dengan dengam mengembangkan bubu besi agar bisa bertahan lama dibandingkan berbahan kayu. Kelebihan alat tangkap bubu ini mampu menangkap berbagai jenis ikan yang terdapat di Danau ini, seperti ikan Barau, Medik, Nila, Semah, Kepras, Seluang, Puyuh (Betok), Kulari dan lain-lain, sedangkan bagan tangkap diperuntungkan untuk menangkap ikan kecil-seluang. Bubu merupakan alat tangkap yang berpotensi berkembang pesat karena keandalan bisa menangkap berbagai jenis ikan dan merupakan matapencaharian yang melengkapi dari kegiatan di sawah. Bandingkan dengan kegiatan menjala yang tidak dilakukan dengan menggarap sawah dalam setiap harinya.

Kedua, budidaya ikan nila dan emas tampaknya menjadi andalan ekonomi perikanan penduduk di desa-desa sekitar Danau Kerinci. Namun demikian, yang perlu mendapat perhatian adalah apakah pengembangan keramba apung ikan dan nila menjadi persoalan lingkungan bagi danau kerinci. Jika kita belajar dari danau lain, seperti danau Limboto di Gorontalo, pendangkalan dan tumbuh suburnya enceng gondok akibat dari pengembangan keramba apung. Makanan ikan (pellet) tampaknya menumbuhkan kesuburan enceng gondok. KJA memang belum berkembang pesat tetapi jika dikembangkan sebagai kawasan Minapolitan perlu mendapat perhatian di kemudian hari. Pilihan-pilihan kegiatan matapencaharian ini perlu menjadi pertimbangan sosial dalam pengembangan kawasan minapolitan danau Kerinci. Apakah KJA yang dikembangkan merupakan gambaran bahwa perikanan tangkap sudah mulai menurun ?. Salah seorang tokoh nelayan mengemukakan bahwa produksi hasil tangkapan berkurang sehingga banyak nelayan yang beralih profesi. Dahulu ada sekitar 800 warga masyarakat tetapi sekarang tinggal 600 orang warga masyarakat yang menangkap ikan.



Ketiga adalah penambangan pasir Danau. Salah satu matapencaharian lain yang tergantung dari Danau Kerinci adalah penambangan pasir Danau. Ada dua bentuk penambangan pasir yaitu penambangan pasir halus dan pasir kasar (coral). Penambangan pasir coral dilakukan di mulut sungai sekitar Danau sedangkan penambangan pasir di danau Kerinci terutama di lokasi muara sungai. Pengambilan pasir kasar masih tradisional yakni menggunakan cangkul, tetapi pada pengambilan pasir halus sudah menggunakan mesin penyedot. Pengambilan pasir ini memang belum berkembang meluas, tetapi pertanyaannya adalah apakah diversifikasi matapencharian di kawasan danau ini mendukung pengembangan minapolotan atau tidak ?. Di satu sisi kegiatan penambangan pasir merupakan bagian ekonomi kerakyatan tetapi ada persoalan yakni apakah pengambilan pasir bisa mengatasi pendangkalan tetapi di sisi lain kemungkinan bisa merusak ekosistem danau?.

Teknologi Penangkapan.

Alat tangkap yang dikembangkan nelayan Danau Kerinci cukup beragam. Keragaman ini menggambarkan ada dinamika sosial yang terjadi di dalam komunitas nelayan. Alat tangkap dapat dibedakan menjadi 4 (empat) hal.



Pertama, Keramba Jaring Apung (KJA). KJA ikan nila dan emas tampaknya cukup efektif jika dibandingkan dengan jenis ikan lainnya yang diambil dari penangkapan sebagai pemasok kebutuhan ikan karena dari observasi pasar di kota Sungai Peunuh. Ikan nila dan emas yang dijual di pasar berasal dari Danau Kerinci. Menurut catatan dari Dinas Kelautan dan Perikanan, jumlah keramba sekitarn 412 unit (2010). Keramba/KJA dikembangkan warga desa Yuyun, Tanjung Batu dan Sule,ah yakni sekitar 2 tahun yang lalu. Peranan alat tangkap ini cukup besar bagi nelayan danau Kerinci karena ikan mujair dari hasil tangkap sudah semakin menurun. Selain itu dari sisi nilai ekonomi ikan nila ukurannya lebih besar dibandingkan dengan ikan mujahir. Ikan nila adalah ikan paling dominan di pasar-pasar. Hasil dari KJA ikan nilai cukup berarti, dalam satu tahun bisa menghasilkan 300 gram ikan nila dan gurame, dibandingkan dengan ikan semah. Seorang pedagang perempuan mengaku bahwa peranan KJA sangat penting karena mampu memberikan pasokan kebutuhan ikan di pasar, jika tidak mengandalkan hasil KJA bisa tidak jualan jualan ikan di pasar, pedagang ikan di pasar tidak bisa hanya mengandalkan hasil tangkapan ikan di danau.



Kedua adalah alat tangkap bubu ikan. Ada 2 (dua) jenis bubu ikan yang berkembang di danau kerinci, yaitu Bubu yang dibuat dari bahan kayu dan bahan besi. Bubu berbahan kayu adalah alat tangkap yang sudah lama dikembangkan, sedangkan bubu berbahan besi belakangan dikembangkan. Bubu besi berasal dari luar (Batam). Bubu besi dikembangkan nelayan Danau Kerinci sebagai pengganti bubu kayu yang dianggap tidak tahan lama. Luka Berbahan kayu mampu bertahan 3 bulan. Bubu besi dan bubu kayu pada dasarnya bukan alat tangkap yang ditujukan untuk menangkap jenis ikan tertentu. Nelayan

mengembangkan bubu karena alat tangkap ini mampu menangkap berbagai jenis ikan dan ikan kecil yang ada di Danau Kerinci. Beberapa jenis ikan yang tertangkap antara lain ikan semah, ikan barau, ikanmujahir, ikan lele jumbo, ikan gaabus, ikan baung, ikan telau, ikan loan, ikan seluang, dsn sebagainya. Seberapa besar ukuran ikan yang bisa tertangkan di Bubu Besi ini tergantung dari mata jarring yang dipakai dalam bubu tersebut. Jaring berukuran 3 inci bisa dipakai dalam bubu tersebut. Menurut pengakuan nelayan, ikan Mujahir adalah ikan danau yang paling banyak ditangkap. Ikan semah sudah sulit didapat tetapi jenis ikan yang sudah jarang ditemukan biasanya tertangkap pada kondisi air pasang. Selain itu, kelebihan bubu ini di pasangan sepanjang hari tanpa mengenal musim, hal ini yang membedakan dengan alat tangkap lain misalnya pancing yang bisa digunakan pada musim air pasang. Bubu besi atau sering disebut lukah Batam hampir terdapat di setiap desa sekitar Danau Kerinci. Bubu besi terdapat paling banyak di Desa Yuyun, Kecamatan Keliling Danau. Masalah Bubu besi atau lukah batam perlu diwaspadai karena kemampuan yang bisa menangkap berbagai jenis ikan dan berukuran kecil.



Ketiga, adalah bagan tancap. Alat tangkap ini untuk menangkap jenis ikan kecil. Seperti diketahui ada jenis ikan seperti ikan teri yang disebut ikan seluang. Bagan tancap ini dilengkapi dengan ijuk sebagai penarik ikan seluang sehingga mudah dijaring/ditangkap. Praktek bagan tancap ini termasuk alat tangkap yang sudah lama kembangkan nelayan Danau Kerinci. Tidak ada inovasi baru yang dikembangkan nelayan jika dibandingkan dengan bubu. Meskipun, bagan tancap ini ditanam di pinggiran pantai tetapi nelayan masih memerlukan sarana perahu dayung untuk menjangkau lokasi bagan tancap. Tidak semua nelayan memiliki sarana perahu dayung tetapi dikalangan mereka terdaapat kerjasama pinjam-meminjam perahu dayung.



Keempat adalah jala. Dibandingkan dengan dengan ketiga alat tangkap di atas, jala merupakan alat tangkap yang lebih mobil. Alat tangkap ini lebih aktif berbagai kedalaman perairan di Danau Toba. Alat tangkap ini dipilih karena dianggap alat tangkap yang mampu menghasilkan paling

banyak dibandingkan alat tangkap lain. Ukuran jalan sekitar 24-25 depa (Diameter) dan Panjang 7 depa. Nelayan di sekitar danau mampu membikin sendiri alat tangkap ini. Untuk mengoperasikan alat tangkap ini tentu memerlukan alat bantu perahu dayung atau bermotor. Jalan digunakan terutama untuk menangkap ikan barau, mujahir. Kepemilikan alat tangkap ini tampaknya yang membedakan status sosial nelayan di Danau Toba. Jala dikembangkan di setiap desa tetapi desa Tanjung Booh adalah desa yang warganya paling banyak menggunakan jala. Selain Jala, alat tangkap lain yang dikembangkan adalah pancing. JalaPancing ini terdapat di setiap desa tetapi paling banyak pancing dikembangkan di desa Pulau Tengah.



Salah satu matapecaharian lain yang tergantung dari Danau Kerinci adalah penambangan pasir Danau. Ada dua bentuk penambangan pasir yaitu penambangan pasir halus dan pasir kasar (coral). Penambangan pasir coral dilakukan di mulut sungai sekitar Danau sedangkan penambangan pasir di danau Kerinci terutama di lokasi muara sungai. Pengambilan pasir kasar masih tradisional yakni menggunakan cangkul, tetapi pada pengambilan pasir halus sudah menggunakan mesin penyedot. Pengambilan pasir ini memang belum berkembang meluas, tetapi ada persoalan, disatu sisi pengambilan pasir bisa mengatasi pendangkalan tetapi di sisi lain kemungkinan bisa merusak ekosistem danau?.

Klaim wilayah tangkapan

Meskipun dinamika (sosial) pemanfaatan danau Kerinci belum se kompleks dengan dinamika di daratan, seperti kebun kulit manis yang sekarang menjadi ancaman TNKS dan tidak pernah ada sengketa atau konflik pengkapan ikan di Danau Kerinci tetapi fenomena kearah klaim wilayah tangkap sudah mulai terjadi. Beberapa hal yang perlu mendapat perhatian misalnya soal lokasi penanaman alat tangkap seperti Bubu atau Bagan Tancap. Jika gejala klaim wilayah penanaman bubu ini tidak diperhatikan persoalan jarak lokasi penanaman akan menjadi persoalan. Ada kesan bahwa tidak ada kehadiran negara di danau ini. Tidak ada regulasi yang mengatur penggunaan alat tangkap penduduk sekitar Danau selama ini. Pendataan hasil tangkapan ikan di Danau Kerinci belum pernah ada. Monitoring jug asulit dilakukan.

Pemerintah Daerah setempat belum juga belum mengatur perijinan untuk kegiatan penangkapan ikan KJA padahal fenomena pengkavlingan sudah mulai terjadi. Wilayah perairan yang menjadi tempat penanaman KJA dianggap sebagai lokasi perairan yang dikuasainya. Lokasi penanaman tidak bisa digunakan orang lain untuk menanam alat tangkap yang sama. Jadi dengan demikian, pengkavlingan wilayah perairan alat tangkap tertentu lebih bersifat perorangan.

Interaksi Perairan dan Daratan

Di dilihat dari gambaran matapencaharian di atas maka kegiatan mata pencaharian dapat dipilah-pilah menjadi perikanan danau, penambangan pasir danau, pertanian sawah dan perkebunan kulit manis. Keempat kategori matapencaharian ini saling berkaitan dan tidak bisa dipisahkan. Nelayan danau pada dasarnya juga petani padi sawah. Kombinasi sumber matapencaharian hidup ini merupakan pola aadaptasi yang dikembangkan penduduk sekitar Kerinci. Kegiatan matapencaharian penduduk sekitar danau dimulai dari menaruh menaruh atau memasang bubu pada pagi hari setiap harinya dan dilanjutkan dengan menggarap sawah sampai jam 15.00. Pulang dari sawah, warga kembali bubu yang telah dipasang pada pagi hari. Curahan waktu kegiatan di sawah dan bubu adalah pola kegiatan matapencaharian hidup yang menjadi pilihan warga penduduk sekitar Danau.

Bagi masyarakat Kerinci, sawah adalah sumberdaya milik komunal/adat (*community property rights*) yang pemanfaatannya diatur oleh ninik mamak. Sawah adalah sumberdaya alam yang hanya diberikan kepada kaum perempuan bukan lelaki. Sawah adalah *tanah pusako* yang hanya diwariskan kepada anak perempuan. Kaum lelaki biasanya mencari kehidupan mengolah atau memanfaatkan sumberdaya alam selain sawah. Oleh sebab itu, perairan danau dan kawasan hutan adalah tujuan utama kaum lelaki mendapatkan sumber kehidupan. Jadi dengan demikian, biasa dimengerti jika perairan danau termasuk jenis sumberdaya yang terdapat di dalamnya tidak dikenai sistem adat Kerinci seperti halnya diperlakukan pada sawah. Oleh sebab itu, bagi kaum lelaki yang sudah menikah cenderung tidak mengandalkan hasil sawah melainkan mencari sumber matapencaharian di luar sawah termasuk menangkap ikan di danau dan berkebun kulit manis. Relasi sosial antara laki-laki dan perempuan dalam

pemanfaatan SDA ini penting untuk dipertimbangkan dalam pengelolaan danau Danau Kerinci.

Orientasi kaum lelaki masyarakat Kerinci yang mencari sumber kehidupan di luar sawah selain menangkap ikan di danau merupakan faktor pendorong (*push factor*) terjadinya eksploitasi kawasan hutan menjadi kebun kulit manis yang ekspansif. Sebagaimana diketahui bahwa berkebun kulit manis di sekitar Gunung Kerinci merupakan matapencarian penduduk Kerinci yang merusak TNKS. Pola kebun kulit manis adalah matapencarian penduduk yang relative jauh dengan Danau Kerinci. Namun dinamikan perkebunan kulit manis tidak bisa dipisahkan dengan danau Kerinci. Berkebun kulit manis adalah mayoritas matapencarian penduduk masyarakat di sekitar gunung Kerinci.

Tanaman kulit manis memiliki nilai ekonomi yang besar mulai dari daun, kulit dan kayu. Kulit manis adalah tanaman cash crops dan sekaligus tanaman tabungan ketika masyarakat membutuhkan dana yang besar. Umur pohon kulit manis bisa dimabil di atas 10 tahun. Sementara pada umur di bawah 5 tahun, kebun kulit manis dapat ditanami kebun sayuran secata tumpangsari. Pada umum petani semakin banyak memiliki kebun kulit manis semakin menguntungkan karena jarak pengambilan kulit manis bisa berlangsung cepat. Petani bisa menanam kulit manis secara perpindah sehingga siklus dapat berjalan normal tidak mengganggu sumber penghidupan. Praktek berkebun kulit manis yang demikian menyebabkan kebun kulit manis berkembang secara meluas dan ekspansif. Mungkinkah, pengembangan kawasan minapolitan di danau Kerinci bisa mengurangi tekanan TNKS dari kulit manis ataukah hanya pengalihan tekanan ke danau Kerinci ?. Permasalahan ini perlu diperhatikan karena kawasan hutan dan danau masih dilihat sebagai lahan sumber kehidupan yang tidak diatur oleh adat atau paling tidak perlindungan adat yang kuat terhadap kedua sumberdaya tersebut.

CATATAN PENUTUP

Polunin (1984) membedakan bentuk pengelolaan sumberdaya alam menjadi tiga, yaitu (1) adanya larangan penangkapan sumberdaya yang melandaskan pada faktor musim, siklus kalender dan sistem ritual, (2) pembatasan penangkapan yang didasarkan pada kelompok atau perorangan pemanfaatan SDA, (3) Setiap orang diijinkan untuk

memanfaatkan sumberdaya melalui sewa atau pungutan (pajak). Jika dibandingkan maka wilayah sumberdaya perairan danau cenderung tidak ada kepastian atau kejelasan adanya sistem pengelolaan tradisional. Perairan danau dianggap tidak bertuan dan tidak unsur penguasaan sumberdaya dari setiap orang atau kelompok. Setiap orang atau kelompok dapat menguasai sumberdaya, siapa cepat dia dapat, tetapi bukan hak untuk memanfaatkan sumberdaya. Juga tidak memiliki bersama atas sumberdaya (common property rights) sehingga masyarakat lokal tidak memiliki hak untuk melarang warga luar memanfaatkan sumberdaya perairan. Perbandingan keberadaan pengelolaan danau dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

SDA	Tipologi	Sistem Pengelolaan Tradisional		
		Aturan Lokal terkait Wilayah Tangkap	Aturan lokal Pemanfaatan SDA	Individual Acces Rights
	Hutan/Kebun	Ada	Ada	Ada
	Sawah	Ada	Ada	Tidak ada
	Perairan Danau	Tidak ada	Tidak ada	Ada

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, L. Sonny Koeshendrajana, Dede Irving Hartoto, Muhammad Mukhlis Kamal, Ary Wahyono, dan Arif Nurcahyanto (2011). *Rencana Pengelolaan Dan Pengembangan Kawasan Minapolitan Danau Kerinci, Kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi*. Draft Naskah Akademik Direktorat Sumberdaya Ikan, Ditjen Perikanan Tangkap, Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Akimichi, T.(1991). "Territorial Regulation in the Small-Scale Fisheries of Ittoman, Okinawa", dalam *Maritim Institution in the Western Pasific*, Osaka: National Meseum of Ethnology.
- Akimichi, T and Kenneth Ruddle (eds.).(1984). *Maritim Institution in the Western Pasific*. Seri Ethnological Studies, No. 17, Osaka: National Meseum of Ethnology.
- Hardin, G. 1968. The Tragedy of Commons. Dalam *Science* Vol. 162 No. 3859. pp. 1243-1248.
- Pollnac, Richard B. (1984) "Investigating Territorial use Rights Among Fisherman", dalam *Maritim Institution in the Western Pasific*, Osaka: National Meseum of Ethnology.

- Polunin, Nicholas V.C. (1983). Do Traditional marine ‘Reserves’ Convert ? A View of the Indonesian and New Guinean Evidence” dalam Ruddle, Kenneth dan Johannes, R.E 9ed), *Traditional Marine Resources Management in the Pacific Basin, an Anthology*, Jakarta:Unesco/Rostsea.
- Sudo, Ken-Ichi (1984)” Social Organization and Types of Sea Tenure in Micronesia” dalam *Maritim Institution in the Western Pasific*, Osaka: National Museum of Ethnology.
- Wahyono, Ary. 2007. “Hilangnya Fungsi Ekologi dan Sosial Ekonomi Danau Limboto, Gorontalo”. Dalam *Jurnal Masyarakat dan Budaya*. Vol. VI.No.2.2007
- Wahyono, Ary. 2007. “Adaptasi Pertanian Penduduk Di Kawasan Konservasi Studi Tentang Perambahan Lahan Kasus Tanaman Kulit Manis Di Taman Nasional Kerinci Seblat, Jambi, Sumatera”. Dalam *Jurnal Kependudukan*. Vol. II. No. 1 2007.
- Watson C.W.,1991.”Cognatic or Matrilineal: Kerinci Social Organization in Escher Perspective” dalam F. Husken and J.Kemp (eds., *Cognition and Social Organization*, Leiden, KLTLV, 54-70

DINAMIKA SULFIDA DI DANAU MANINJAU : IMPLIKASI TERHADAP PELEPASAN FOSFAT DI LAPISAN HIPOLIMNION

Cynthia Henny dan Sulung Nomosatryo

Puslit Limnologi LIPI
cynthia_azis@yahoo.com

ABSTRAK

Eksploitasi budidaya ikan dengan keramba jaring apung (KJA) sejak tahun 1997 telah menyebabkan buruknya kualitas air di Danau Maninjau dengan meningkatnya akumulasi kandungan material organik di dasar danau. Akumulasi senyawa organik karbon akibat buangan sisa pakan aktivitas KJA di D. Maninjau telah meningkatkan produksi sulfida hasil dari aktivitas bakteri pereduksi sulfat di lapisan hipolimnion. Implikasi dari produksi hidrogen sulfida di danau tidak saja bisa menyebabkan habisnya oksigen terlarut dan hilangnya besi di perairan tetapi juga dapat menyebabkan fosfat terlepas dari sedimen dan terakumulasi di badan air, yang seterusnya berdampak eutrofikasi pada danau. Penelitian bertujuan untuk mengkaji implikasi dinamika sulfida terhadap pelepasan fosfat di lapisan hipolimnion D. Maninjau. Konsentrasi sulfida, Fe (II) dan PO_4 meningkat dengan kedalaman pada lapisan hipolimnion yang mana mulai terdeteksi pada kedalaman antara 10 – 20 m yang anoksik. Konsentrasi sulfida, dan PO_4 hampir tidak ada perubahan sementara konsentrasi Fe (II) meningkat tiga kali pada tahun 2011 dibandingkan pada tahun 2009. Kandungan total sulfida pada tahun 2011 tertinggi di lapisan hipolimnion ($14 \mu\text{mol/L}$), PO_4 ($15 \mu\text{mol/L}$) dan Fe (II) ($22 \mu\text{mol/L}$). Kandungan total Fe pada 2012 sebesar $22 \mu\text{mol/L}$ sedangkan PO_4 meningkat ($34 \mu\text{mol/L}$) di lapisan hipolimnion. Kandungan kalsium berkisar antar $315- 363 \mu\text{mol/L}$. Nilai fluks P berkisar $1,38 - 4,38 \mu\text{mol m}^{-3}/\text{jam}$ menunjukkan pelepasan fosfat yang cukup tinggi. Kandungan organik yang tinggi memicu produksi sulfida yang dapat menghabiskan Fe di air dan mereduksi Fe(III)-P menjadi Fe(II) yang menyebabkan pembentukan FeS dan pelepasan fosfat di sedimen Danau Maninjau. Tingginya kandungan total fosfor di sedimen dan inorganik fosfat di air danau mengindikasikan beban internal fosfor yang tinggi dan berdampak terhadap eutrofikasi Danau Maninjau.

Kata kunci: Sulfida, Besi, Pelepasan Fosfat, Danau Maninjau

ABSTRACT

Sulfide Dynamics in Lake Maninjau: The Implication on Phosphate Release in the Hypolimnion. Exploitation of fish farming with floating net cages (KJA) since 1997 has led to poor water quality in the Lake Maninjau with increasing content of the accumulated organic material on the lake bottom. The accumulation of organic carbon compounds due the excess feeding from KJA activity in Lake Maninjau has increased the sulfide production by sulfate reducing bacteria in the hypolimnion. The implications of the production of hydrogen sulfide in the lake not only cause the oxygen depletion and loss of free iron in the water but also lead to the phosphate release from the sediment, which subsequently cause the accumulation of phosphate in water bodies and result in the lake eutrophication. The study aimed to examine the implications of the dynamics of sulfide on the phosphate release in hypolimnion Lake Maninjau. The concentrations of sulfide, Fe (II) and PO_4 increased with depth in the hypolimnion which began to be detected at depths between 10-20 m were anoxic. Sulfide concentrations, and PO_4 almost no change while the concentration of Fe (II) increased three times in 2011. The highest content of total sulfide, PO_4 and Fe (II) in 2011 respectively was $14 \mu\text{mol / L}$, $22 \mu\text{mol / L}$ and $15 \mu\text{mol / L}$. The total content of Fe in 2012 was $22 \mu\text{mol / L}$, while dissolved inorganic PO_4 increased ($34 \mu\text{mol / L}$) in the hypolimnion. Calcium content ranging between $315-363 \mu\text{mol / L}$. P flux values ranged from 1.38 to $4.38 \mu\text{mol m}^{-3}/\text{jam}$ showed a high phosphate release. High organic content that can trigger the production of sulfide which can exhaust the free iron (Fe(II)) in the water and and reduce the Fe(III)-P to Fe (II) that can lead to the sequestration of iron as iron(II) sulfides and the liberation of phosphate. The high content

of total phosphor in the sediment and dissolved inorganic phosphate in the water indicates high internal phosphor loading that has impacted on eutrophication of Lake Maninjau.

Keywords: *Sulfide, Phosphat Release, Iron (II), Lake Maninjau*

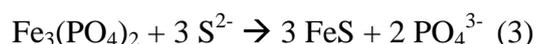
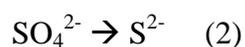
PENDAHULUAN

Danau Maninjau merupakan danau kawah yang mengandung sulfat di air dan sedimennya. Tingginya limbah bahan organik yang masuk ke Danau Maninjau dari sisa pakan budidaya ikan dengan keramba jaring apung (KJA) menyebabkan menurunnya kualitas air seperti akumulasi bahan organik, pengayaan kandungan nutrisi nitrogen dan fosfor sebagai pemicu penyebab terjadinya eutrofikasi dan meningkatkan produksi sulfida di lapisan hipolimnion yang anoksik (Yee et al., 2012; Guo and Lie, 2003; Garg dan Garg, 2002; Henny, 2009). Kandungan sulfida pada tahun 2009 meningkat dan sudah mencapai ke lapisan di kedalaman 40 m dengan konsentrasi 400 µg/L (Henny, 2009). Fenomena alami yang dikenal dengan "tubo belerang" dilaporkan sering terjadi dimana air berbau sulfur dan anoksik naik ke permukaan dan menyebabkan kematian ikan secara massal. Danau Maninjau sudah mengalami eutrofikasi berat akibat pemanfaatan untuk budidaya ikan dengan keramba jaring apung (KJA) yang telah melebihi daya dukung. Penelitian sebelumnya melaporkan menurunnya kualitas air Danau Maninjau ditandai dengan peledakan populasi alga beracun *microcystis* (Sulastri et al, 2001; Meutia et al, 2002).

Fosfor dalam bentuk ion fosfat di perairan danau merupakan nutrisi yang esensial untuk biota terutama fitoplankton. Meningkatnya beban masukan fosfor di danau akibat pencemaran telah menyebabkan tingginya kandungan fosfat di danau. Sumber fosfat yang masuk ke danau bisa berasal dari sumber eksternal dari pemanfaatan lahan di daerah tangkapan air (DTA) (Fraterrigo and Downing, 2008), dari aktivitas budidaya ikan dengan KJA (Guo and Li, 2003; Sulastri et al., 2001). Disamping beban masukan dari luar, sumber fosfor di danau berasal dari dalam danau (*internal loading*) danau yang berasal dari pelepasan fosfat di sedimen (Nürnberg, 1994; Nürnberg, 1987). Konsentrasi fosfat 0.005 – 0.01 mg/L dapat menyebabkan peledakan populasi fitoplankton di perairan danau yang dikenal dengan eutrofikasi danau (Wiener, 2000). Oleh karena itu diperlukan pengontrolan kandungan fosfat di perairan danau. Dua proses utama yang berperan terhadap ketersediaan kandungan ion fosfat (orthofosfat) terlarut di perairan adalah mineralisasi (perombakan) senyawa organik

fosfor sebagai sumber ion fosfat terlarut di air dan pembentukan mineral logam fosfat yang terakumulasi di sedimen sebagai fosfat *sink* yang menyebabkan hilangnya fosfat di air. Mineralisasi organik fosfor terjadi pada lapisan epilimnion (oksik) maupun lapisan hipolimnion yang anoksik. Pada kondisi anoksik terjadi pada permukaan sedimen di lapisan hipolimnion dan lapisan dalam sedimen sebagai hasil dari aktivitas mikroba pereduksi sulfat atau mikroba lainnya (Schneider et al. 2010; Schneider, 2011). Fosfat terikat dalam bentuk mineral logam di sedimen danau ditemukan dalam bentuk Fe, Al dan Ca fosfat (Vivianite ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), Hidroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{H}_2\text{O}$) dan teradsorpsi pada Al hidroksida (Stumm dan Morgan, 1996; Wiener, 2000; Pratt, 2006).

Apabila sulfat terdapat di danau, reduksi sulfat bersamaan dengan oksidasi bahan organik akan menghasilkan hidrogen sulfida di lapisan hipolimnion yang anoksik (Barton dan Tomei, 1995; Wetzel, 2001). Dampak dari produksi sulfida, bergantung pada hidrokimia dari danau, dapat menyebabkan hilangnya besi, pelepasan fosfat, akumulasi/toksisitas sulfida dan eutrofikasi internal (Hines et al, 2002; Lamers et al., 1998; Wetzel, 2001; Smolders et al., 2006). Besi bebas yang terdapat di danau akan bereaksi dengan sulfida membentuk mineral besi sulfida (FeS) menyebabkan tidak tersedianya kandungan besi bebas untuk mengikat fosfat di danau (Smolder and Roelofs, 1993). Apabila besi bebas tidak tersedia, sulfida dapat bereaksi dengan besi yang terikat pada besi fosfat kompleks membentuk mineral besi sulfida yang menyebabkan fosfat terlepas ke perairan (Lamers et al., 1998; Caraco et al., 1989). Mekanisme pelepasan fosfat dari mineral besi fosfat oleh aktivitas mikroba reduksi sulfat dapat dilihat pada proses kimia di bawah ini. Proses yang terjadi dimana besi (III) yang mengikat fosfat dapat tereduksi menjadi besi (II) dan/atau bereaksi dengan sulfida membentuk endapan besi sulfat (FeS) sehingga fosfat terlepas kembali dari sedimen ke air (Stumm dan Morgan, 1996).



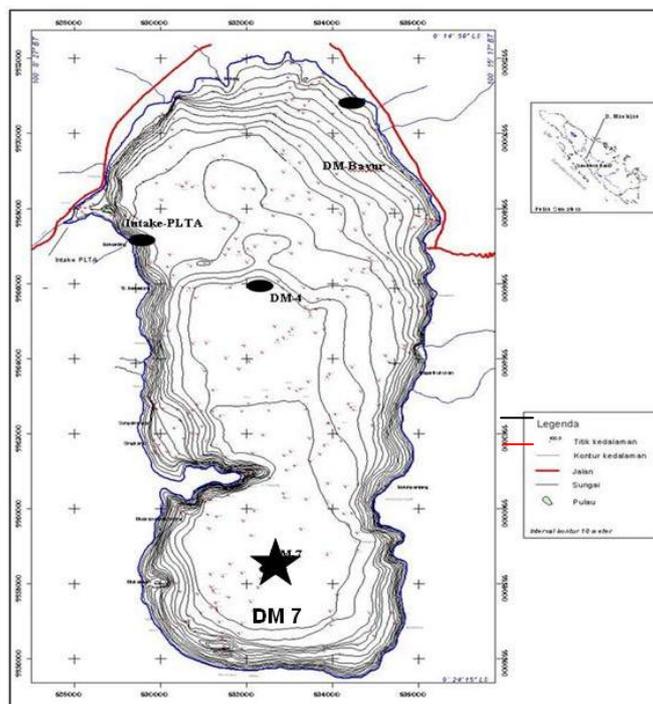
Memahami mekanisme yang mengontrol ketersediaan/availabilitas fosfat di danau sangat penting untuk menjawab masalah eutrofikasi danau. Kombinasi aktivitas mikroba pereduksi sulfat dan besi dapat menyebabkan penyisihan besi sebagai besi sulfida (FeS) dan pelepasan fosfat dari sedimen. Rasio Fe(II), fosfat dan sulfida di

sedimen yang anoksik mengontrol penahanan fosfat di sedimen (Pratt, 2006; Caraco et al., 1993). Keberadaan sulfat diperairan danau akan sangat mempengaruhi keberadaan fosfat terlarut di badan air. Diperairan danau yang kandungannya besi tinggi dan sulfat rendah, pelepasan Fe(II) tinggi, sulfida yang diproduksi akan bereaksi dengan Fe(II) membentuk FeS dan pada kondisi yang oksik, Fe akan bereaksi kembali dengan fosfat yang terlepas membentuk endapan besi fosfat, sehingga fosfat tidak terakumulasi di badan air. Sebaliknya pada danau yang kandungan besi rendah dan sulfat tinggi, pelepasan Fe(II) rendah, pelepasan fosfat menjadi tinggi karena semua Fe(II) yang terlepas akan bereaksi dengan sulfida, sehingga sulfida dan fosfat terdiffusi dan terakumulasi di air (http://kodu.ut.ee/~olli/eutr/html/htmlBook_100.html, 2012).

Makalah ini bertujuan untuk mempelajari dinamika sulfida dan kaitannya terhadap pelepasan fosfat dari sedimen dan lapisan hipolimnion di Danau Maninjau.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Danau Maninjau pada tahun 2009, 2011-2012. Pengamatan dan pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada stasiun DM7 (S: 0°22'33.0"; E: 100°11'35.1") merupakan area yang terdalam di Danau Maninjau dengan kedalaman 165 m (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Danau Maninjau dan lokasi stasiun pengamatan

Sampel air di koleksi menggunakan 2 L Van Dorn *Water Sampler*. Sampel air diambil menggunakan 50 mL- syringe menggunakan pipa *Tygon* untuk menjaga kondisi anaerobik dari sampel dan ditransfer ke botol serum berukuran 100 mL yang sudah di deoksigenasi dengan gas nitrogen untuk analisa besi(II) dan DIP. Sampel air untuk kandungan terlarut di saring dengan kertas saring Whatman dengan ukuran porus 0.45 μm . Sampel air dipindahkan ke botol HDPE. Sampel sedimen diambil menggunakan *Ekman Dredge* dan *Sediment Core*. Sampel sedimen yang didapat dari *Core* di bagi per lapisan setebal 5 cm. Masing-masing lapisan dianalisa untuk total fosfor (TP) dan kandungan organik LOI (*Lost of Ignition*). Analisa sulfida dan Fe(II) dilakukan langsung di lapangan menggunakan Metode HACH (HACH DR 2010). Analisa fosfat terlarut (DIP) dan total fosfat dilakukan menggunakan metode *colorimetric* , sedangkan analisa kandungan organik LOI menggunakan metode gravimetri (APHA/WWA/WEF, 2005). Kandungan total Ca dan total Fe dan sulfur di air dan sedimen dianalisa menggunakan *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS Hitachi Z-6100).

Parameter fisikokimia yang diamati meliputi suhu, pH dan oksigen terlarut (DO). Pengukuran suhu, dan pH air dilakukan menggunakan WQC U-10 (Horiba) dan oksigen terlarut (DO) diukur menggunakan YSI 6000 Data Logger.

Fosfat dan sulfida fluks lapisan hipolimnion di kalkulasi menggunakan hukum difusi Fick's First Law (Lavery et al., 2001):

$$F = \varphi D_s \cdot dC/dz$$

Dimana

F - fluks ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^2 \text{s}^{-1}$)

D_s - koefisien difusi ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)

dC/dz - perbedaan konsentrasi di lapisan hipolimnion (*pore water* dan air dasar) ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^3 \text{m}^{-1}$)

Koefisien diffusi D_s untuk fosfat berdasarkan Boudreau (1997) dan koefisien difusi D_s untuk sulfida berdasarkan Revsbech et al (1983).

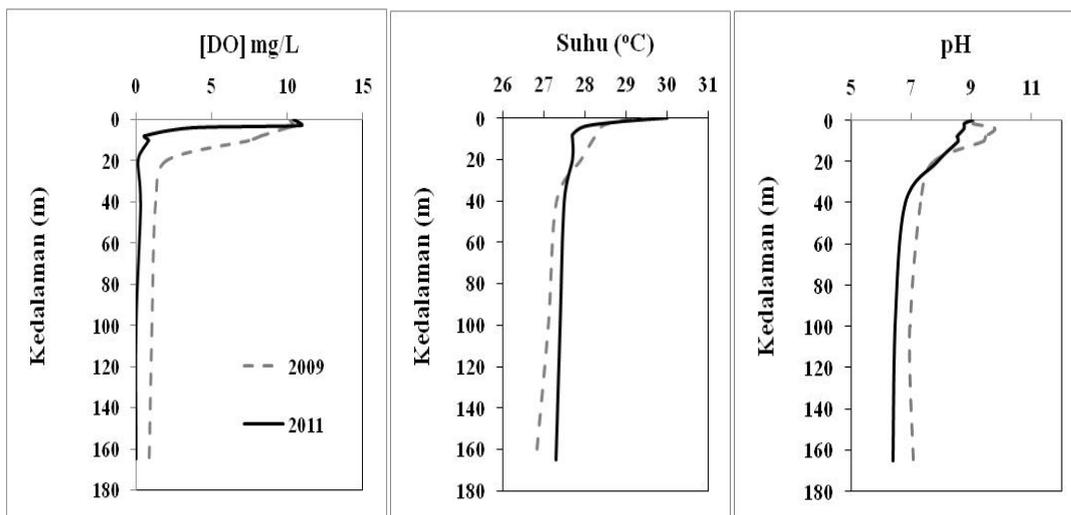
HASIL DAN DISKUSI

Parameter fisikokimia air

Kandungan oksigen di air mempengaruhi kondisi redoks di suatu perairan yang akan mempengaruhi proses secara biologi dan kimia. Lapisan oksiklin dilihat dari profil kandungan oksigen terlarut (DO) mengalami perubahan dari lapisan di kedalaman 10 – 20 m pada tahun 2009 naik ke lapisan pada kedalaman 0 – 10 m di tahun 2011 (Gambar 2). Lapisan hipolimnion semakin lebih besar dan lapisan epilimnion mengecil. Kondisi anoksik sudah mencapai pada kedalaman 10 m yang mengindikasikan kondisi danau sebagian besar mengalami reaksi secara anaerobik baik biologi maupun kimia. Proses pembentukan sulfida yang merupakan proses reduksi sulfat oleh bakteri pereduksi sulfat secara anaerobik semakin meningkat dan kandungan sulfida juga dapat terdifusi lebih banyak ke lapisan lebih atas dari danau. Proses pelepasan fosfat akan lebih meningkat dimana ikatan mineral besi (III) fosfat akan mudah terlepas dengan tereduksinya besi (III) menjadi besi (II) (Pratt, 2006).

Suhu di Danau Maninjau seperti danau-danau tropis lainnya menunjukkan suhu yang lebih hangat di permukaan ($28 - 30^\circ\text{C}$) dan lebih dingin di lapisan hipolimnion ($26 - 27 - 30^\circ\text{C}$) (Gambar 2). Lapisan termoklin juga berada pada lapisan di kedalaman 0 – 10 m. Suhu juga berpengaruh dalam memediasi baik proses secara kimia maupun biologi. Suhu yang lebih hangat akan lebih mempercepat reaksi dari suatu proses (Stumm and Morgan, 1996).

Profil pH juga mengalami perubahan dengan menunjukkan tren yang lebih rendah pada tahun 2011 dibandingkan pada tahun 2009 (Gambar 2). Nilai pH air di permukaan mencapai 10 yang disebabkan oleh aktifitas fotosintesis oleh fitoplankton pada siang hari, sedangkan pada kedalaman 30 m sampai ke dasar danau pH mengalami penurunan yaitu lebih sedikit asam < 7 . Pada kondisi anaerobik di lapisan hipolimnion, pembusukan senyawa organik oleh bakteri fermentatif akan banyak menghasilkan senyawa organik sederhana seperti asam lemak yang dapat menurunkan pH air (Widdle, 1988). pH juga sangat penting dalam mempengaruhi kapasitas fosfat yang tertahan di air/sedimen bergantung pada besi, karena dengan meningkatnya pH kapasitas ikatan besi dan fosfat akan menurun (Søndergaard, 1988). Tingginya pH pada danau yang eutrofik akibat proses fotosintesis di permukaan meningkatkan beban internal fosfor di danau (Søndergaard et al., 2003).



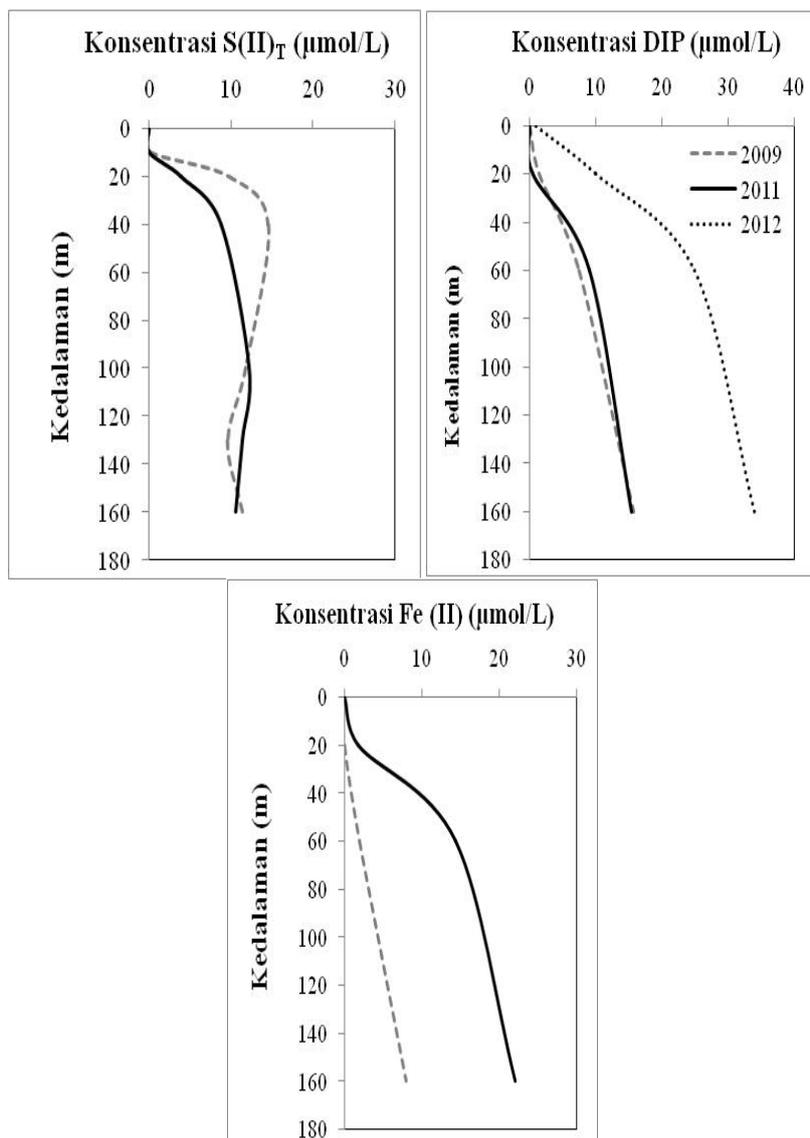
Gambar 2. Profil DO, suhu dan pH air Danau Maninjau

Dinamika sulfida, profil kandungan inorganik fosfat terlarut (DIP) dan besi (II)

Profil kandungan total sulfida, kandungan fosfat terlarut (DIP) dan total besi (II) dapat dilihat pada Gambar 3. Sulfida merupakan hasil dari proses reduksi sulfat oleh bakteri pereduksi sulfat secara anaerobik di lapisan hipolimnion yang anoksik. Sulfida yang dihasilkan di lapisan hipolimnion akan terdifusi lapisan permukaan berdasarkan kandungan oksigen terlarut di air. Kandungan oksigen terlarut yang rendah akan mempercepat sulfida terdifusi ke lapisan air permukaan. Dapat dilihat kandungan sulfida yang tinggi pada kedalaman 40 m mencapai $14 \mu\text{mol/L}$. Proses oksidasi sulfida juga akan menyebabkan kandungan oksigen di air habis $< 1 \text{ ppm}$ (Wiener, 2000). Lebih

kecilnya kandungan sulfida di bagian air dasar danau kemungkinan besar disebabkan oleh reaksi sulfida dengan besi (II) membentuk mineral FeS (Stumm and Morgan, 1996; Wetzel, 2001).

Kandungan fosfat terlarut menunjukkan sedikit peningkatan pada tahun 2011 sebesar 15 $\mu\text{mol/L}$ dan sangat signifikan pada tahun 2012 yang mencapai 34 $\mu\text{mol/L}$. Kandungan fosfat yang lebih tinggi di lapisan hipolimnion mengindikasikan adanya peningkatan pelepasan fosfat dari sedimen. Kandungan Fe(II) pada tahun 2009 lebih kecil hanya 8 $\mu\text{mol/L}$ dibandingkan kandungan kandungan sulfida dan juga fosfat terlarut, namun kandungan Fe(II) pada 2011 mencapai 22 $\mu\text{mol/L}$. Fe yang tersedia kemungkinan besar bereaksi dengan sulfida membentuk FeS, tetapi kandungan sulfida di air masih lebih besar dibandingkan kandungan Fe(II). Rasio Fe:S berkisar 0,7 – 3 menunjukkan bahwa sebagian besar Fe bereaksi dengan sulfida. Pada proses pembentukan FeS diperlukan rasio Fe:S > 1 (Stumm and Morgan, 1996). Kandungan Fe(II) pada tahun 2011 cukup signifikan peningkatannya, seharusnya semua sulfida bereaksi dengan Fe (II), tetapi kandungan sulfida yang terdeteksi masih cukup tinggi di Danau Maninjau. Rasio Fe:P hanya berkisar 0,3 – 1,9, yang mengindikasikan kandungan Fe cukup kecil untuk mengontrol fosfor di Danau Maninjau. Diperlukan rasio Fe:P > 10 untuk dapat mengontrol pelepasan fosfat oleh Fe (Caraco,1993). Sampel air untuk analisa besi (II) tidak dilakukan penyaringan mengingat Fe(II) lebih cepat teroksidasi. Analisa Fe(II) di air dengan metode HACH menggunakan reagen phenantrolin yang memang hanya mendeteksi Fe(II) bebas, kemungkinan juga bisa mendeteksi Fe(II) dalam bentuk endapan yang belum stabil seperti Fe(II)-P. Kandungan besi (II) yang terdeteksi pada lapisan hipolimnion di Danau Maninjau kemungkinan besar merupakan endapan amorphous besi (II) fosfat yang tidak stabil dan masih bisa terdeteksi pada analisa Fe(II) dengan reagen phenantrolin. Fe(II) dan fosfat dapat membentuk endapan Fe(II) posfat vivianite ($\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) (Walpersdorf et al, http://www.cost869.alterra.nl/Spain/abs_Hansen.pdf). Dapat dikatakan bahwa kandungan besi yang tersedia bebas di air danau Maninjau sangat kecil untuk bisa mengikat sulfida ataupun fosfat.

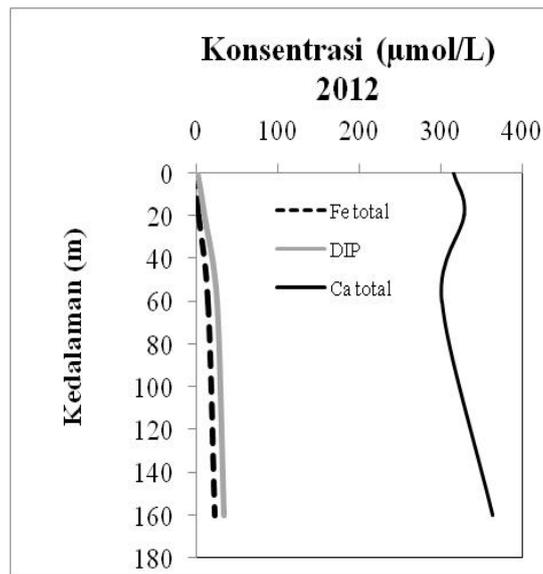


Gambar 3. Profil kandungan sulfida total, fosfat inorganik terlarut (DIP), dan besi (II)

Kandungan Fe total, Ca total dan inorganik fosfat terlarut pada tahun 2012 juga diamati. Hasil analisa menunjukkan kandungan Fe total sedikit lebih kecil dari pada kandungan inorganik fosfat terlarut, sementara kandungan Ca total sangat tinggi (Gambar 4). Hasil menunjukkan bahwa tidak cukup besi (II) bebas yang dapat bereaksi dengan fosfat sehingga fosfat terakumulasi di kolom air danau. Pada air dengan kandungan Ca yang tinggi pelepasan fosfor lebih dikontrol oleh disolusi mineral Ca-P (apatit) $(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_{0.33}\text{F}_{0.33}\text{Cl}_{0.33})$ yang dikarenakan penurunan pH akibat mineralisasi bahan organik (Golterman, 2001). Kalsium total yang dianalisa kemungkinan besar bisa didominasi oleh CaCO_3 , walaupun kemungkinan mineral Ca-

posfat juga terbentuk karena pH air yang mendukung untuk terbentuknya mineral Ca-posfat (apatite) (Stumm and Morgan, 1996).

Hasil dari pengukuran fluks P dan S(II) mengindikasikan bahwa Danau Maninjau secara konstan terus memproduksi sulfida dan melepaskan fosfor dari sedimen (Tabel 1). Baik kandungan inorganik fosfat terlarut dan nilai fluks P di Danau Maninjau cukup tinggi bila dibandingkan nilai fluks P di danau-danau empat musim (Hille et al., 2005; Schneider, 2011; Steinman et al., 2004).



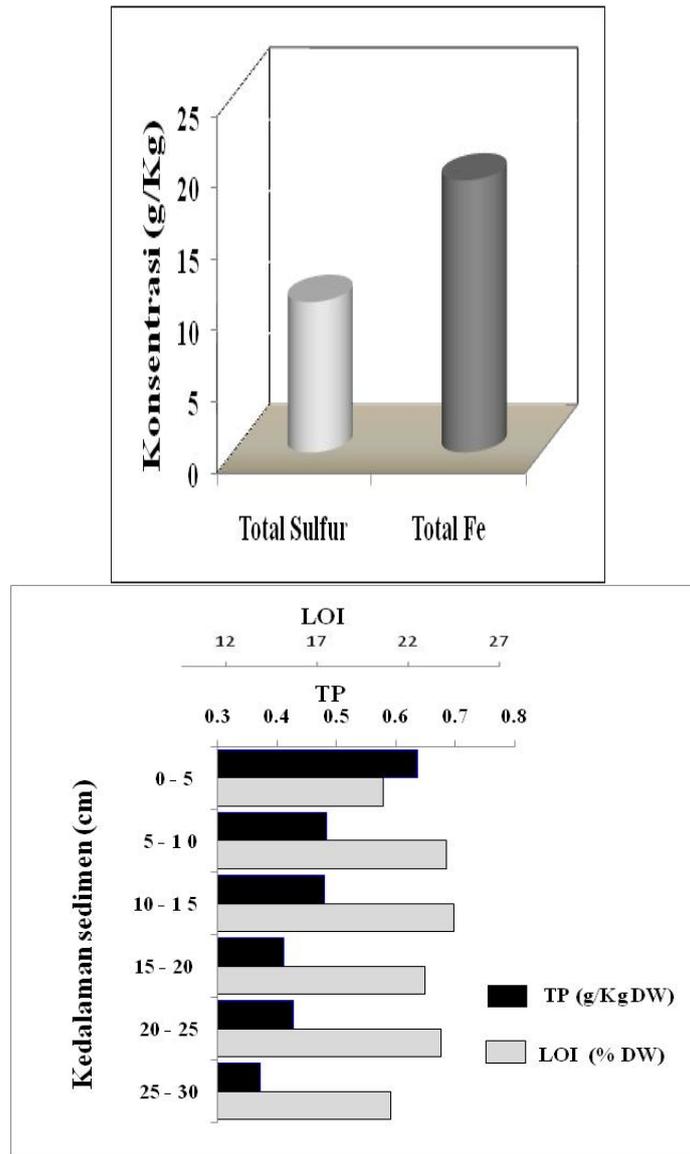
Gambar 4. Profil kandungan Fe total, fosfat inorganik terlarut (DIP), dan besi (II)

Nilai fluks fosfat sangat tinggi menunjukkan pelepasan fosfat yang sangat signifikan mengindikasikan beban masukan fosfor internal cukup signifikan. Analisa korelasi Pearson dilihat dari koefisien korelasi (Tabel 1) menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara Fe dan sulfida yang mengindikasikan Fe yang ada akan cenderung bereaksi dengan sulfida dibandingkan dengan fosfat walaupun hubungan Fe dan fosfat juga cukup signifikan. Sulfida dan fosfat juga mempunyai hubungan yang cukup kuat. Hasil menunjukkan bahwa dinamika sulfida di Danau Maninjau juga mempunyai pengaruh terhadap pelepasan fosfat di lapisan hipolimnion Danau Maninjau. Tingginya kandungan kalsium tidak menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kalsium dan fosfor. Hasil ini mengindikasikan pelepasan fosfat di Danau Maninjau tidak dikontrol oleh solubilisasi mineral Ca-P (apatit).

Tabel 1. Fluks fosfat dan sulfida dan koefisien korelasi-Pearson

Fluks ($\mu\text{mol m}^{-3}/\text{jam}$)	Koefisien Korelasi-Pearson	
Fluks P	Fe-P	R^2 (0,7550)
1,38 – 4,38	Fe-S	R^2 (0,9365)
Fluks S(II)	S-P	R^2 (0,8272)
2,2 - 13,2	Ca-P	R^2 (0,4934)

Kandungan total Fe di sedimen lebih tinggi dibandingkan kandungan total sulfur (Gambar 5) yang mengindikasikan bahwa hampir sebagian besar sulfida dan Fe mengendap dalam bentuk mineral FeS. Fe di sedimen Danau Maninjau bisa dalam bentuk endapan Fe hidroksida, mineral besi fosfat (Fe-P) dan juga siderite (FeCO_3) (Stumm and Morgan, 1996; Drever,1997; Pratt, 2006). Profil kandungan total fosfor (TP) dan bahan organik (LOI) menunjukkan peningkatan pada lapisan permukaan (0 – 5 cm) sedimen (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa pelepasan fosfat terjadi dari sedimen. Tingginya bahan organik di sedimen bahkan sampai kedalaman 30 cm mengindikasikan bahwa mineralisasi bahan organik mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pelepasan fosfat. Danau Maninjau merupakan danau eutrofik yang menerima beban masukan organik dari sisa pakan yang berasal dari budidaya ikan dengan keramba jarring apung. Dari hasil penelitian sebelumnya telah dilaporkan terjadinya akumulasi bahan organik di sedimen danau Maninjau (Henny, 2009). Tingginya input organik selain meningkatkan proses mineralisasi juga dapat memicu peningkatan produksi sulfida yang akan membentuk besi sulfida (FeS) dan menurunkan potensi fosfat terserap sehingga dapat meningkatkan pelepasan fosfat dari sedimen (Wetzel, 2001; Stumm dan Morgan,1996).



Gambar 5. Profil kandungan (total fosfat) TP dan bahan organik sebagai LOI (lost of ignition); total sulfur dan Fe di sedimen Danau Maninjau

Pelepasan posfat dari sedimen ke lapisan hipolimnion di Danau Maninjau tinggi berdasarkan P fluks yang tinggi dilapisan hipolimnion. Mekanisme pelepasan posfat kemungkinan oleh: 1. reduksi mineral Fe(III) oksida/hidroksida- posfat baik oleh bakteri pereduksi Fe(III) atau sulfida; 2. mineralisasi organik posfat oleh mikroba (Søndergaard et al, 2003). Faktor yang mempengaruhi pelepasan posfat di Danau Maninjau (pH, suhu, kondisi redox, rasio Fe:P, input organik yang tinggi, resuspensi (tingginya kandungan padatan tersuspensi), hidrogen sulfida, transportasi (diffusi) secara kimia, mineralisasi oleh mikroba (Søndergaard et al, 2003). Kandungan organik sebagai COD (chemical oxygen demand) dia air Danau Maninjau juga cukup tinggi mencapai

>200 mg/L (Henny, 2009). Tingginya kandungan organik di air dan sedimen mengindikasikan pelepasan fosfat di danau Maninjau dapat didominasi oleh mineralisasi organik fosfat oleh bakteri (Schneider, 2011). Kondisi anoksik pada lapisan hipolimnion sampai pada lapisan di kedalaman 10 m meningkatkan pelepasan fosfat dan pengontrolan fosfat oleh Fe di air menjadi sangat kecil. Dilihat dari kandungan total sulfur di sedimen, total Fe yang kemungkinan besar bukan dalam bentuk FeS hanya tinggal 3 %. Rasio kandungan organik dengan total fosfor di sedimen permukaan danau Maninjau sangat kecil hanya sekitar 2. Hal ini mengindikasikan bahwa organik fosfor termineralisasi duluan dan juga pelepasan fosfat dari proses dissolusi Fe-P juga lebih besar (Schneider, 2011). Dilihat dari kandungan Fe di sedimen permukaan setelah dikurangi molekul sulfur, rasio Fe:P hanya 0,61, yang menunjukkan bahwa sisa fosfor di sedimen dalam bentuk endapan lain seperti mineral Ca-P dan juga organik fosfor.

KESIMPULAN

Danau Maninjau secara konstan memproduksi sulfida dan mengalami pelepasan fosfat dengan P dan S fluks yang cukup tinggi. Tingginya kandungan organik di air dan di sedimen Danau Maninjau meningkatkan produksi sulfida dan menyebabkan lapisan hipolimnion yang anoksik bergeser naik ke permukaan danau pada kedalaman 10 m. Semakin naiknya lapisan yang anoksik di Danau Maninjau dapat berdampak terhadap tingginya beban internal fosfor akibat proses pelepasan fosfat dari lapisan hipolimnion dan sedimen. Dinamika sulfida berdampak terhadap pelepasan fosfat dari sedimen dengan mereduksi Fe sehingga terlepas dari ikatan mineral besi fosfat (Fe-P) dan membentuk endapan besi sulfida (FeS). Mineralisasi organik fosfat juga berkontribusi besar terhadap tingginya kandungan inorganik fosfat terlarut di lapisan hipolimnion Danau Maninjau. Pelepasan fosfat dari sedimen ke lapisan hipolimnion di Danau Maninjau tinggi berdasarkan P flux yang tinggi di lapisan hipolimnion. Mekanisme pelepasan fosfat kemungkinan oleh: 1. reduksi mineral Fe(III) oksida/hidroksida- fosfat baik oleh bakteri pereduksi Fe(III) atau sulfida; 2. oleh mineralisasi organik fosfat oleh mikroba. Lebih dari 95% Fe di sedimen dalam bentuk FeS, dan hanya < 5 % dari Fe yang tersisa mungkin dalam bentuk endapan Fe fosfat (Fe(II)-fosfat, Fe (III) oksida/hidroksida- fosfat). Tingginya kandungan total fosfor di sedimen dan inorganik

fosfat di air danau mengindikasikan beban internal fosfor yang tinggi dan berdampak terhadap eutrofikasi Danau Maninjau.

Selain identifikasi kandungan Fe(II) terlarut di air dan partikel organik fosfor identifikasi mineral di Danau Maninjau diperlukan untuk menjelaskan keberadaan kandungan sulfida dan DIP yang tinggi di hipolimnion dan juga untuk mengetahui bentuk endapan fosfat yang dominan di Danau Maninjau.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 2000, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed.
- Barton, L. L. & F. A. Tomei, 1995, Characteristics and Activities of Sulfate-Reducing Bacteria, In: L. L. Barton (ed.), *Biotechnology Handbooks Sulfate-Reducing Bacteria*. Plenum Press, New York. 1-32.
- Boudreau, B.P. 1997. Diagenetic models and their implementation: modelling transport and reactions in aquatic sediments. Springer-Verl. Berlin, 414p. Dalam: Hille, S., Gnter Naush, Thomas Leipe. 2001. Sedimentary deposition and reflux of phosphorus (P) in the Eastern Gotland Basin and their coupling with P concentrations in the water column. *Oceanologia* 47(4): 663-678.
- Caraco, N.F., J.J. Cole, G.E. Likens. (1989). Evidence for sulphur-controlled phosphorus release from sediment of aquatic systems. *Nature*, 341, 316-318.
- Caraco, N.F., J.J. Cole, G.E. Likens. (1993). Sulfur control of phosphorus availability in lakes- a test and reevaluation of Hasler and Eisen model. *Hydrobiologia* 253:275-280.
- Drever, J. I., 1997, *The Geochemistry of Natural Waters Surface and Groundwater Environments*, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 436p.
- Fraterrigo, J.M. and J. A. Downing. (2008). The influence of land use on lake nutrients varies with watershed transport capacity. *Ecosystem*, DOI: 10.1007/s10021-008-9176-6.
- Garg, J. and H. K. Garg. (2002). Nutrient loading and its consequences in a lake ecosystem. *Tropical Ecology*, 43(2), 355-358.
- Guo, Longgen and Zhongjie Li. (2003). Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*, 226 (2003) 201 – 212.
- Henny, C. (2009). Dynamics of Biogeochemistry of Sulfur of Lake Maninjau. *Limnotek*, XVIII (2), 35 – 50.

- Hille, S., Gnter Naush, Thomas Leipe. 2001. Sediemntary depositions and reflux of phosphorus (P) in the Eastern Gotland Basin and their coupling with P concentrations in the water column. *Oceanologia* 47(4): 663-678.
- Hines, M. E., P. T. Visscher, dan R. Devereux, 2002, Sulfur Cycling, In: C. J. Hurst, R. L. Crawford, G. R. Knudsen, M. J. McInerney, L. D. Stetzenbach (ed), Manual of Environmental Microbiology, ASM Press, Washington, pp 1138.
- Holmer, M & E. Kristensen, 1991, Organic matter mineralization in an organic-rich sediment: Experimental stimulation of sulfate reduction by fish food pellets. *FEMS Microbial Ecology*. Vol: 14:33-44.
- Jorgensen, S.E. 1980. *Lake Management*. Pergamon Press Ltd. Oxford-Great Britain, 167p.
- Lamers, L.P.M., H.B.M. Tomassen, J.G.M. Roelofs. (1998). Sulfate induced eutrophication and phytotoxicity. *Freshwater Wetland*, 32, 199-205.
- Meutia, Ami A, S. Aiman, R. Djuawansyah, Sulastri, G. Bayu Aji, Firmansyah, Triyanto, D.I. Hartoto, Yoyok, S, S. Nomosatryo, & Sugiarti, 2002, Penyehatan Danau Maninjau Yang Berbasis Masyarakat. Puslit Limnologi, LIPI.
- Nürnberg, G.K. 1987. A comparison of internal phosphorus loads in lakes with Nürnberg, G.K. (1987). A comparison of internal phosphorus loads in lakes with anoxic hypolimnia: laboratory incubations versus hypolimnetic phosphorus accumulation. *Limnol. Oceanogr*, 32, 1160-1164.
- Nürnberg, G.K. 1994. Phosphorus release from anoxic sediments: what we know and how we can deal with it. *Limnetica*. 10 (1): 1- 4.
- Pratt, A. J. 2006. The curious case of phosphate solubility. Chemistry in New Zealand. 78 – 80.
- Revsbech. N. P., Jorgensen B.B., Blackburn TH, Cohen Y. 1983. Microelectrode studies of the photosynthesis and O₂, H₂S and pH profiles of a microbial mat. *Limnol Oceanogr* 28:1062–1074. Dalam: Mir, J., M. Alonso., P. Cumette, R. Guerrero, and I. Esteve. 2002. Sulfide fluxes in a microbial mat from the Ebro Delta, Spain. *Int. Microbiol.* 5: 133-138.
- Schneider, B., 2011. PO₄ release at the sediment surface under anoxic conditions: a contribution to the eutrophication of the Baltic Sea. *Oceanologia*. 53:415- 420.
- Smolders, A.R., L.P.M. Lamers, Lucassen ECHET, Van Der Velde, J.G.M. Roelofs. 2006. Internal eutrophication: How it works and what to do about it. A Review. *Chem Ecol.*, 22, 93-111.
- Smolders, A.R. and J.G.M. Roelofs. 1993. Sulfate mediated iron limitation and eutrophication in aquatic system. *Aquatic Bot*, 46, 247-253.

- Søndergaard, M., J.P.Jensen and E. Jeppesen. 2003. Role of sediment internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia* 506-509: 135-145.
- Søndergaard, M. 1988. Seasonal variation in the loosely sorbed phosphorus fraction of the sediment of a shallow and hypereutrophic lake. *Environ, Geol.* 11: 115-121.
- Steinman, A., R. rediske and K. R. reddy. 2004. The reduction of internal phosphorus loading using alum in spring lake, Michigan. *J. Environ. Qual.* 33: 2040-2048.
- Stumm, W. dan Morgan, J. J., 1996, *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, John Wiley & Sons, New York, 1022p.
- Sulastri, 2001, *Lake Maninjau: Problems and Solutions*. Research Center for Limnology, Indonesian of Institute of Sciences.
- Weiner, E. R., 2000, *Applications of Environmental Chemistry: A practical Guide for Environmental Professionals*, CRC Press LLC, Boca Raton, pp 276
- Wetzel, R. G., 2001, *Limnology: River and Lake Ecology*, Academic Press, SanDiego. 1006p.
- Widdel, F., 1988, *Microbiology and Ecology of Sulfate- and Sulfur-Reducing Bacteria*, In A. J. B. Zehnder (ed.), *Biology of Anaerobic Microorgsnisms*. John Wiley & Sons, New York.469-586.
- Yee, L.T., D.D. Paka, L. Nyanti, N. Ismail, J.J. J. Emang. (2012). Water quality at Batang Ai Hydroelectric Reservoir (Sarawak, Malaysia) and implications for aquaculture . *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(6),23-30.

PEMILIHAN POTENSI ZONA INTI UNTUK MENYUSUN KONSEP KONSERVASI SUMBERDAYA IKAN ENDEMIK DI DANAU TOWUTI

**Syahroma Husni Nasution,
Iwan Ridwansyah, Sulastri dan Siti Aisyah**
Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Cibinong Science Center,
Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong 16911. e-mail:
syahromanasution@yahoo.com

ABSTRAK

Danau Towuti adalah danau tektonik-oligotrofik dan terdapat di wilayah Kompleks Malili, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan yang mempunyai luas 560 km² dan kedalaman maksimum 203 m. Danau ini memiliki endemisitas sumberdaya ikan yang sangat tinggi dan memiliki potensi ekonomi untuk mendukung kehidupan masyarakat di sekitarnya. Pemanfaatan sumberdaya ikan endemik di danau ini menunjukkan hasil tangkap lebih yang diindikasikan dengan menggunakan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan (bagan) dan permintaan pasar yang tinggi. Untuk dapat menjaga keberlangsungan pemanfaatan sumberdaya ikan tersebut perlu disusun konsep konservasinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi zona inti kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik di Danau Towuti. Penelitian dilakukan di dua wilayah yaitu wilayah Kawatang di enam stasiun: Tj. Mongi (KW1); Tj. Teteu (KW3); M.S. Kawatang (KW4); Tj. Mea (KW6); Uno-uno (KW8) dan Tj. Lengkobale (KW10) dan wilayah Tominanga di enam stasiun: Tj. Bakara (TMG1); Tj. Batu (TMG2); Saone (TMG4); Tj. Tominanga (TMG6); M.S. Tominanga (TMG8) dan Tj. Bintu (TMG10). Kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi zona inti tersebut meliputi kelimpahan dan endemisitas iktiofauna, karsinofauna dan malakofauna; status kualitas lingkungan perairan dan jarak dari permukiman. Analisis data dilakukan melalui analisis spasial (skoring dengan aplikasi GIS). Hasil overlay dari beberapa parameter tersebut memperlihatkan bahwa beberapa lokasi yang berpotensi sebagai zona inti (suaka perikanan) terletak dimuara-muara sungai yang merupakan kondisi yang cocok untuk suaka perikanan di Danau Towuti. Berdasarkan perhitungan potensi zona suaka di Danau Towuti mencapai 182 Ha.

Kata kunci: zona inti, konsep konservasi, sumberdaya ikan endemik, Danau Towuti.

ABSTRACT

Lake Towuti is a tectonic oligotrophic and is located at the Malili Lakes Complex, East Luwu Regency, South Sulawesi, which has an area of 560 km² and a maximum depth of 203 m. This lake having endemisities of fish resources very high and economic potential to support peoples arround the lake. Resource of fish endemic utilization in the Lake show results capture more indicated with the use of the fishing gears that is not environmentally friendly and the high market demand. To be able to maintain the sustainability of the use of fish resources need to arranged the concept of conservation. This research aims to know the potential core zone conservation area of endemic fish resources in Lake Towuti. Research conducted in two areas, namely the Kawatang on six stations: Cape of Mongi (KW1); Cape of Teteu (KW3); mouth of Kawatang River (KW4); Cape of Mea (KW6); Uno-uno (KW8) and Cape of Lengkobale (KW10); and Tominanga on six stations: Cape of Bakara (TMG1); Cape of Batu (TMG2); Saone (TMG4); Cape of Tominanga (TMG6); mouth of Tominanga River (TMG8) and cape of Bintu (TMG1). The criteria used to identify potential core zones include an abundance of endemisities of ichthyofauna, carsinofauna and malacofauna; quality status of the aquatic environment and the distance from the settlement. Data analysis was carried out through the analysis of spatial (GIS applications with skoring). The results of the multiple parameters of the overlay showed that some locations are potentially as a core zone (fisheries sanctuary) is located in mouths of river which is the condition that suitable for fisheries sanctuary on Lake Towuti. Based on the calculation of the potential of the core zone on Lake Towuti reached 182 Ha.

Key words: The core zone, conservation concept, endemic fish resources, Lake Towuti

PENDAHULUAN

Perairan danau bersifat multi guna, pemanfaatan bagi aktivitas perikanan merupakan salah satu bentuk aktivitas yang berkembang untuk memenuhi kebutuhan konsumsi manusia. Danau Towuti adalah tipe danau tektonik mempunyai luas 56.000 Ha, kedalaman maksimum 203 m dan tergolong oligotrofik (Haffner *et al.* 2001) dan merupakan danau purba (*ancient lake*) yang berumur > 1 juta tahun dan memiliki nilai keragaman hayati tinggi dan memiliki biota endemik rawan punah (*vulnerable species*) yang bernilai ekonomis serta kondisi perairan masih cukup alami (*pristine waters*).

Menurut Wirjoatmodjo *et al.*, (2003), terdapat 19 spesies ikan endemik yang tercatat dalam IUCN (IUCN, 2003 dan Froese and Pauly, 2004). Selain jenis-jenis Kelas Pisces, di danau ini terdapat juga beberapa jenis krustasea (15-25 jenis udang hias) dan moluska yang beberapa diantaranya bersifat endemik (von Rintelen, 2009; Nasution *et al.* 2009a; hasil *Focus Group Discussion/FGD* dengan nelayan Danau Towuti).

Selain memiliki sumberdaya ikan endemik yang berpotensi ekonomi, Danau Towuti juga dimanfaatkan untuk PLTA, perikanan tangkap, navigasi, ekowisata dan sumber air untuk kebutuhan domestik. Kondisi ini menunjukkan bahwa Danau Towuti memiliki fungsi penting untuk mendukung kehidupan masyarakat di sekitarnya. Masyarakat di sekitar Danau Towuti memanfaatkan sumber daya ikan untuk dikonsumsi dalam bentuk kering/asin maupun sebagai ikan hias dan bahan pakan hewan (Nasution, 2006).

Ancaman kepunahan sumber daya ikan di Danau Towuti antara lain: 1) penebangan hutan baik secara legal maupun *illegal*; 2) industri penggergajian kayu yang menghasilkan limbah *saw-mill*; 3) industri pertambangan nikel yang menghasilkan limbah; dan 4) penangkapan ikan yang cenderung intensif (Nasution, 2006). Kegiatan ini tentunya akan mempengaruhi lingkungan perairan Danau Towuti sebagai tempat hidup berbagai organisme akuatik yang dihuni banyak spesies endemik tersebut.

Sejalan dengan penambahan penduduk dan kegiatan-kegiatan lainnya di sekitar Danau Towuti, ditengarai akan mempengaruhi sumber daya ikan endemik yang hidup di danau tersebut. Berdasarkan fungsi sumber daya ikan sebagai sumber pangan dan mata pencaharian, sepatutnya sumberdaya ikan tersebut dikonservasi. Alasan tambahan mengapa sumber daya ikan di Danau Towuti patut dikonservasi dan dikelola adalah ikan yang ditangkap merupakan spesies endemik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi zona inti kawasan konservasi sumberdaya ikan endemik di Danau Towuti sebagai bahan

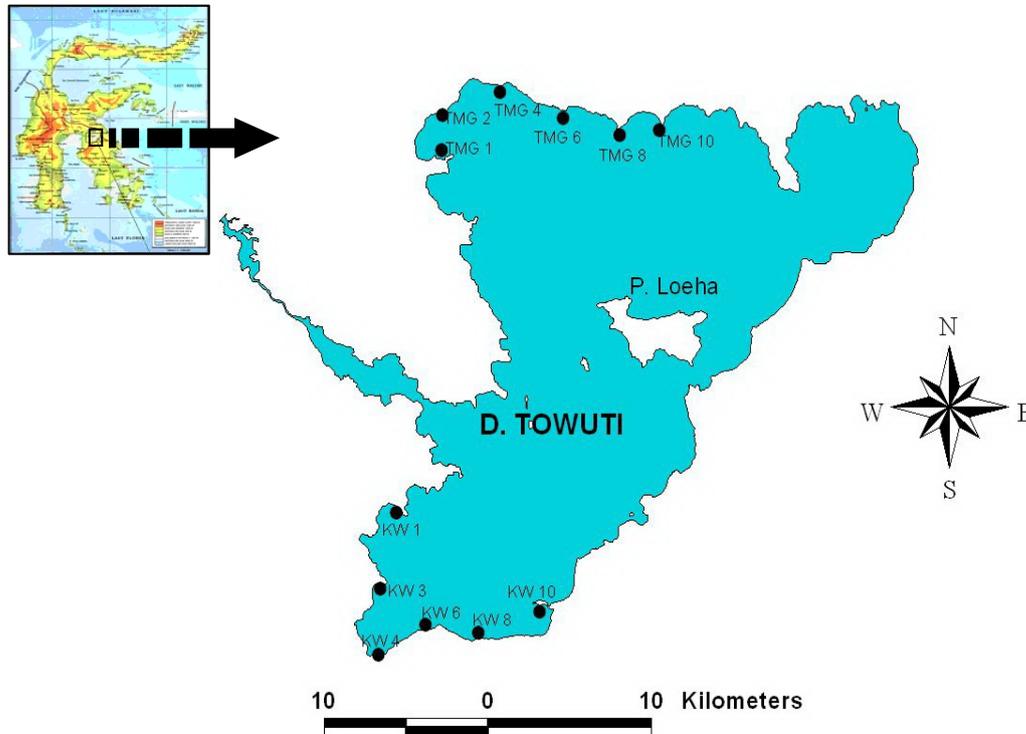
masukannya bagi pemda dalam membuat raperda (rancangan peraturan daerah) untuk konservasi sumberdaya ikan di Danau Towuti. Menurut PP 60 Tahun 2007 tentang Konservasi Sumber Daya Ikan, Zona inti diperuntukkan bagi perlindungan mutlak habitat dan populasi ikan, penelitian dan pendidikan. Konservasi itu sendiri merupakan sinergi terintegrasi semua kemampuan bangsa untuk memanfaatkan, melindungi, mencegah dan memperbaiki kerusakan perairan daratan dalam rangka memenuhi kebutuhan dan aspirasi generasi sekarang dan mendatang.

BAHAN DAN CARA KERJA

Penelitian dilakukan di perairan Danau Towuti, Kecamatan Towuti, Kabupaten Luwu Timur Propinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Metode yang digunakan adalah metode deskriptif. Penelitian dilakukan tahun 2009 hingga 2011. Penangkapan ikan menggunakan jaring insang eksperimental dengan empat ukuran mata jaring yaitu: $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, dan $1\frac{1}{2}$ inci dengan panjang masing-masing 50 m dan tinggi 2 m sehingga total panjang jaring satu unit adalah 200 m. Jaring dilengkapi pelampung pada bagian atas dan pemberat pada bagian bawah. Jaring dipasang dengan sudut $45^\circ - 90^\circ$ terhadap garis pantai. Pengoperasian jaring dilakukan pada setiap stasiun dari arah pantai ke arah perairan bebas yang dipasang di kolom air bagian atas (Nasution *et al.*, 2007). Hasil tangkapan dari masing-masing stasiun pengamatan dipisahkan menurut ukuran dan jenis kelamin. Dihitung jumlah dan ukuran ikan per penarikan alat tangkap selama dua jam agar jumlah ikan yang tertangkap memadai. Contoh ikan diawetkan dengan formalin 4% selanjutnya direndam dalam alkohol 70%. Sampel ikan diukur panjang dan bobotnya masing-masing menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 1 mm dan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram. Untuk menentukan jenis-jenis ikan diidentifikasi menggunakan buku Weber and Beaufort (1913), Weber and Beaufort (1916), Weber and Beaufort (1922) dan Kottelat *et al.* (1993).

Kepiting dan moluska dikumpulkan menggunakan alat tangkuk/*scoop net*. Metode pengambilan sampel kepiting dan moluska dengan bantuan transek yang terbuat dari tali sepanjang 10 m yang diberi tanda setiap jarak 1 m. Pengambilan sampel pada jarak 3, 6, 9 m (tiga plot) dengan jarak 1 m kiri dan kanan transek yang dilakukan oleh dua orang penyelam. Selanjutnya kepiting diawetkan menggunakan larutan alkohol 96%, sedangkan sampel moluska diawetkan menggunakan larutan formalin 4%.

Identifikasi kepinging dan moluska dilakukan di Musium Zoologi, Puslit Biologi LIPI, Cibinong.



Gambar 1. Peta stasiun penelitian di Danau Towuti

Udang dikumpulkan menggunakan alat tangguk/*scoop net*. Metode pengambilan sampel udang dengan bantuan transek yang terbuat dari tali sepanjang 10 m yang diberi tanda setiap jarak 1m. Pengambilan sampel dan dilakukan dua kali dua ulangan, setiap ulangan dilakukan selama 15 menit, sehingga total sampling selama 60 menit. Sampel udang yang tertangkap selanjutnya diawetkan menggunakan larutan alkohol 96%. Identifikasi udang dilakukan di Musium Zoologi, Puslit Biologi LIPI, Cibinong.

Berdasarkan hasil penilaian stasiun yang memiliki endemisitas biota dan kondisi lingkungan yang baik, diperoleh stasiun yang paling mempunyai endemisitas biota dan kondisi lingkungan yang baik yaitu kawasan Tominanga dan Muara Sungai Kawatang (Tabel 1).

Dari tabel tersebut, ditetapkan dua wilayah yaitu wilayah Tominanga dan wilayah Kawatang. Dari kedua wilayah tersebut, di wilayah Kawatang ada enam stasiun yaitu: Tj. Mongi (KW1); Tj. Teteu (KW3); M.S. Kawatang (KW4); Tj. Mea (KW6); Uno-uno (KW8) dan Tj. Lengkobale (KW10). Untuk wilayah Tominanga ada enam stasiun yaitu:

Tj. Bakara (TMG1); Tj. Batu (TMG2); Saone (TMG4); Tj. Tominanga (TMG6); M.S. Tominanga (TMG8); dan Tj. Bintu (TMG10). Penentuan lokasi sampling ditentukan menggunakan alat *Geographic Positioning System* (GPS) (Gambar 1).

Tabel 1. Hasil penilaian stasiun yang memiliki endemisitas biota dan kondisi lingkungan yang baik

Endemisitas biota dan kondisi lingkungan yang baik	Stasiun						
	Tominang a (A)	Tj. Manu (B)	P.Loeh a (C)	M.S. Hola- hola (D)	M.S. Kawatan g (E)	Tj. Beau (F)	Bak ara (G)
Iktiofauna	√			√	√	√	
Karsinofauna					√		
Malakofauna	√					√	
Vegetasi riparian (<i>allochtonous</i>)	√	√	√	√	√		√
Makrofit air						√	
Kualitas air	√	√	√	√	√		√

Dilakukan pengumpulan biota endemik (ikan, udang, kepiting dan moluska). Ikan dikumpulkan menggunakan alat tangkap *experimental gillnet* (jaring insang eksperimental) dengan ukuran mata jaring $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, dan $1\frac{1}{2}$ inci dan alat tangguk/*scoopnet*. Penangkapan ikan menggunakan jaring insang eksperimental dengan empat ukuran mata jaring yaitu: $\frac{3}{4}$, 1, $1\frac{1}{4}$, dan $1\frac{1}{2}$ inci dengan panjang masing-masing 50 m dan tinggi 2 m sehingga total panjang jaring satu unit adalah 200 m. Jaring dilengkapi pelampung pada bagian atas dan pemberat pada bagian bawah. Jaring dipasang dengan sudut $45^\circ - 90^\circ$ terhadap garis pantai. Pengoperasian jaring dilakukan pada setiap stasiun dari arah pantai ke arah perairan bebas yang dipasang di kolom air bagian atas (Nasution *et al.* 2007). Hasil tangkapan dari masing-masing stasiun pengamatan dipisahkan menurut ukuran dan jenis kelamin. Dihitung jumlah dan ukuran ikan per penarikan alat tangkap selama dua jam. Contoh ikan diawetkan dengan formalin 4% selanjutnya direndam dalam alkohol 70%. Sampel ikan diidentifikasi

menggunakan buku Weber and Beaufort (1913), Weber and Beaufort (1916) dan Weber and Beaufort (1922).

Krustacea (udang dan kepiting) dan moluska dikumpulkan menggunakan alat tangguk (*scoop net*). Metode pengambilan sampel udang dengan bantuan transek yang terbuat dari tali sepanjang 10 m yang diberi tanda setiap jarak 1 m. Pengambilan sampel dilakukan dua kali dua ulangan, setiap ulangan dilakukan selama 15 menit, sehingga total sampling selama 60 menit. Selanjutnya krustacea diawetkan menggunakan alkohol 96%, sedangkan moluska menggunakan formalin 4% dan disimpan dalam botol sampel berlabel dalam larutan alkohol 70%.

Potensi zona inti (zonasi suaka perikanan) di kawasan Tominangan dan Kawatang, Danau Towuti

Untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi yang berpotensi untuk zona inti (suaka perikanan) dilakukan proses *overlay* berdasarkan bobot dari kepentingan masing-masing parameter, adapun parameter-parameter yang digunakan adalah: iktiofauna (ikan), karsinofauna (kepiting), karsinofauna (udang), malakofauna (moluska), kualitas air dan jarak dari permukiman. Dilakukan penilaian sebaran biota endemik dengan membuat selang kelas (dibagi ke dalam lima kelas) dan diberi skor 1-5. Kriteria kelimpahan sebaran biota endemik yaitu: skor 1 = kelimpahan kurang, skor 2 = kelimpahan sedang, skor 3 = kelimpahan cukup tinggi, skor 4 = kelimpahan tinggi dan skor 5 = kelimpahan sangat tinggi.

Masing-masing parameter diklasifikasi, kemudian dinilai dengan nilai dari 1 sampai dengan 5. Nilai 5 menunjukkan nilai yang sesuai untuk zona inti (suaka perikanan), sedangkan nilai 1 tidak sesuai. Kemudian masing-masing parameter dibobot berdasarkan tingkat kepentingan. Bobot masing-masing parameter berdasarkan dari pendapat beberapa pakar dalam bidangnya. Selanjutnya semua parameter di *overlay* dengan aplikasi GIS, proses *overlay* menggunakan algoritma yang dibangun pada Kalkulasi raster di spasial analisis. Kemudian hasil *overlay* di klasifikasi kembali ke dalam 3 (tiga) kelas, dimana kelas tertinggi merupakan zona-zona berpotensi sebagai zona inti (suaka perikanan). Proses identifikasi potensi suaka perikanan di Danau Towuti diperlihatkan pada Gambar 2.

Gambar 2. Diagram alur potensi zona inti (suaka perikanan) di Danau Towuti

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan zonasi kawasan konservasi bagi biota endemik di perairan Danau Towuti akan merujuk PP 60 Tahun 2007 tentang Konservasi Sumber Daya Ikan pada Pasal 17 dijelaskan tentang zonasi kawasan konservasi yaitu zona inti diperuntukkan bagi perlindungan mutlak habitat dan populasi ikan, penelitian dan pendidikan.

Setiap informasi yang digunakan dalam proses analisis keruangan untuk mencari zona inti (suaka perikanan) dilakukan penilaian dan pembobotan, proses ini menggunakan metode *interview* pada beberapa pakar dalam masing-masing informasi. Hasil dari penilaian dan pembobotan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai kemampuan bobot untuk kawasan konservasi Danau Towuti berdasarkan keendemisitasan biota perairan

Parameter ekologi	Kelas	A	B	C	Kriteria
Ikhtiofauna (ikan) CPUE	<20	5	1	5	Kelimpahan kurang
	20 - 40		2	10	Kelimpahan sedang
	42 - 61		3	15	Kelimpahan cukup tinggi
	62 - 82		4	20	Kelimpahan tinggi
	>82		5	25	Kelimpahan sangat tinggi
Karsiofauna (udang) Individu/m ²	<250	5	1	5	Kelimpahan kurang
	250 - 434		2	10	Kelimpahan sedang
	434 - 619		3	15	Kelimpahan cukup tinggi
	619 - 804		4	20	Kelimpahan tinggi
	>804		5	25	Kelimpahan sangat tinggi
Karsiofauna (kepiting) Individu/m ²	<250	3	1	3	Kelimpahan kurang
	250 - 434		2	6	Kelimpahan sedang
	434 - 619		3	9	Kelimpahan cukup tinggi
	619 - 804		4	12	Kelimpahan tinggi
	>804		5	15	Kelimpahan sangat tinggi
Malakofauna Individu/m ²	<5	3	1	3	Kelimpahan kurang
	6 - 102		2	6	Kelimpahan sedang
	102 - 198		3	9	Kelimpahan cukup tinggi
	199 - 295		4	12	Kelimpahan tinggi
	>295		5	15	Kelimpahan sangat tinggi
Kualitas air Indeks Pencemaran (konfirmasi Ade)	0,8 - 1,0	3	1	3	Utuh cukup terganggu
	0,6 - 0,8		2	6	Utuh sedikit terganggu
	>0,4 - 0,6		3	9	Cukup utuh
	>0,2 - 0,4		4	12	Utuh
	0,00 - 0,2		5	15	Paling utuh, sama sekali belum pernah diganggu
Jarak dari permukiman (Km)	1 - 3	3	1	3	Jarak terlalu dekat permukiman
	4 - 5		2	6	Jarak dekat permukiman
	5 - 10		3	9	Jarak agak dekat permukiman
	20 - 50		4	12	Jarak terlalu jauh dari permukiman
	10 -15		5	15	Jarak optimum dari permukiman

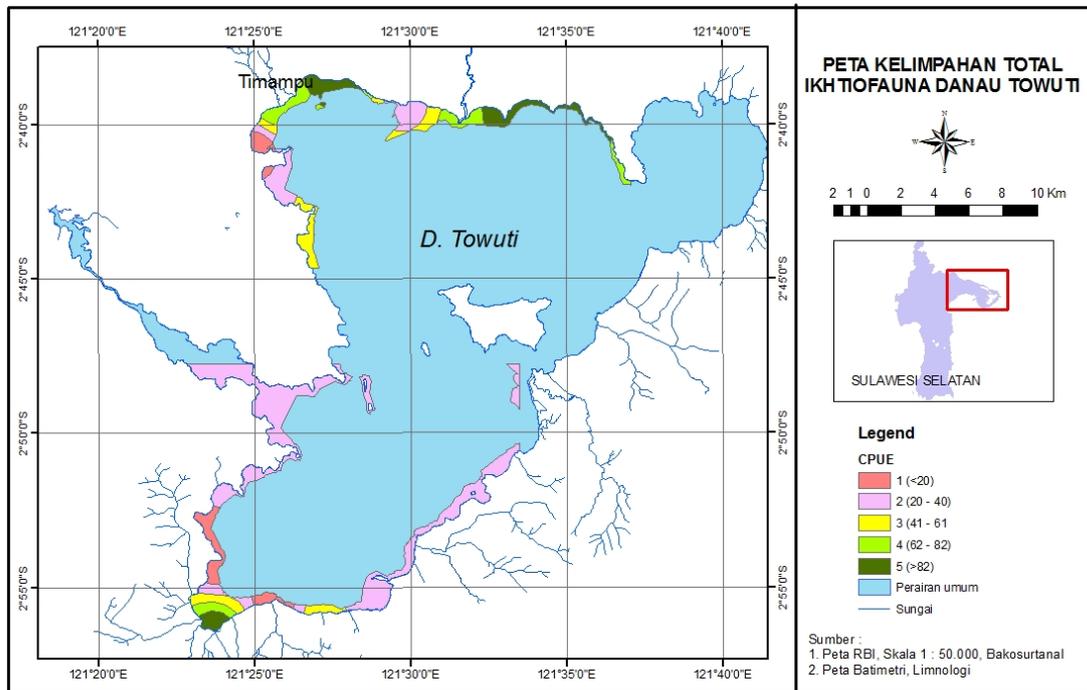
Keterangan: A= nilai bobot antar parameter ekologi, B= skor, C= A x B (total skor)

Kualitas air Danau Towuti dilihat dari indeks pencemarannya. Berikut ini disajikan kriteria ekologi untuk kualitas air berdasarkan nilai Indeks Pencemaran (IP) dan skornya (Tabel 3).

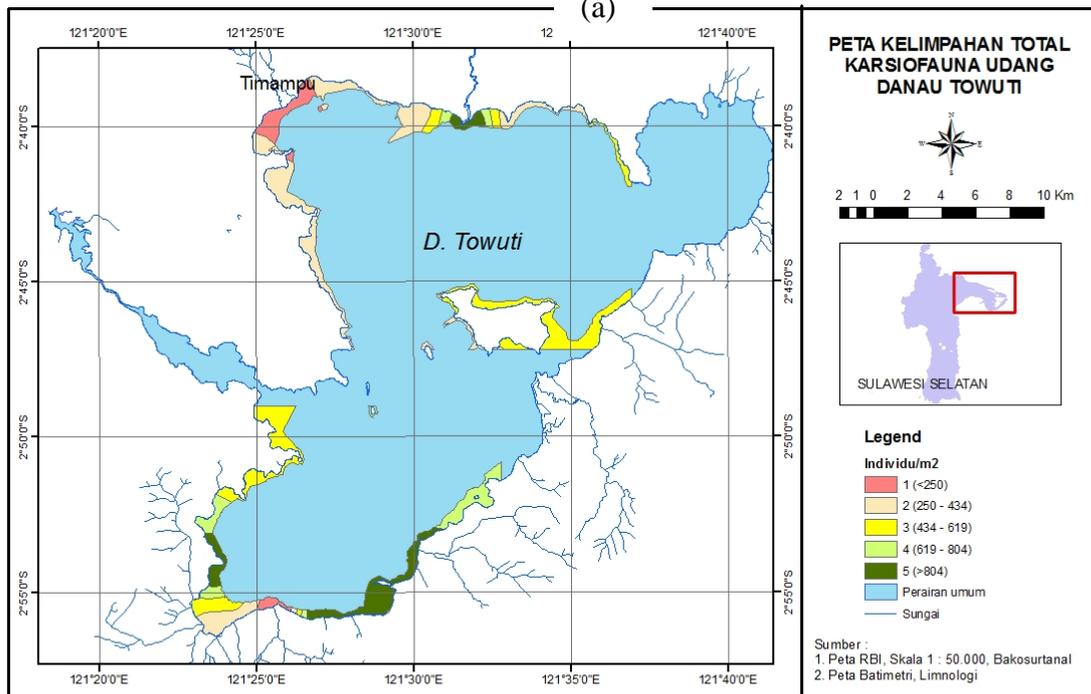
Tabel 3. Nilai IP, kriteria ekologi dan penskoran kualitas air

Nilai IP	Kriteria ekologi untuk kualitas air	Skor
0,00 - 0,2	paling utuh, sama sekali belum pernah diganggu	5
>0,2 - 0,4	utuh	4
>0,4 - 0,6	cukup utuh	3
0,6 - 0,8	utuh tapi sedikit terganggu	2
0,8 - 1,0	utuh tapi cukup terganggu	1

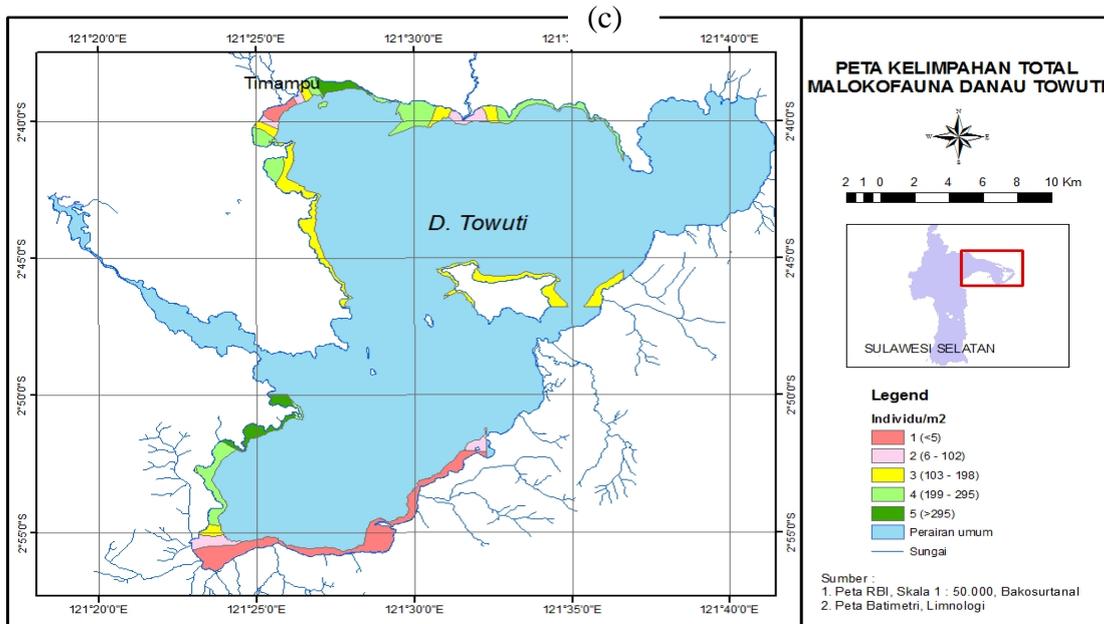
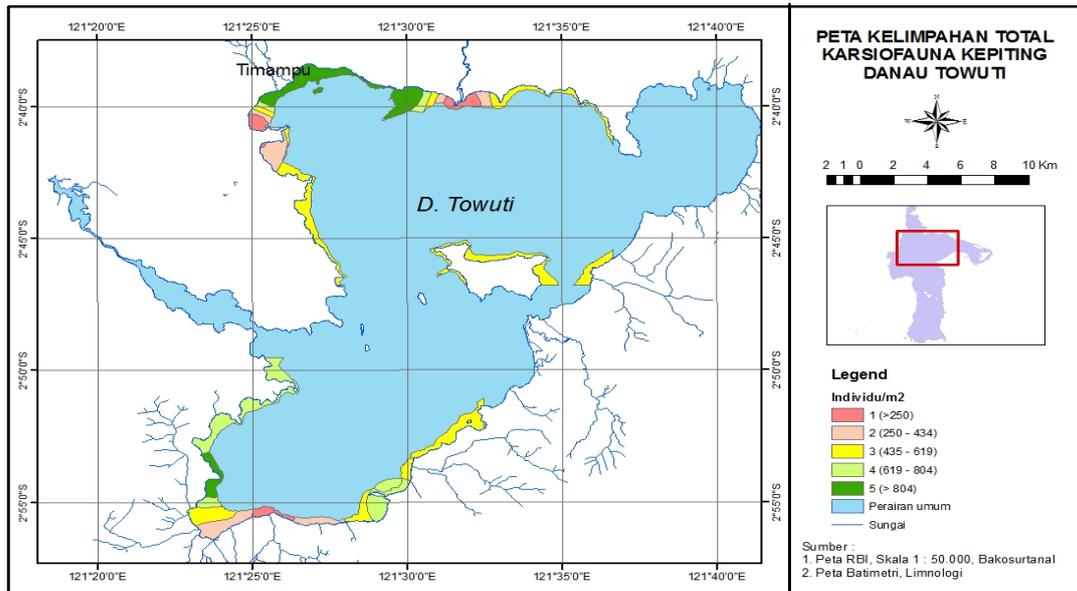
Informasi yang digunakan dalam identifikasi potensi suaka perikanan ini berupa data spasial yang diperoleh dari hasil pemetaan, dapat dilihat pada Gambar 3.



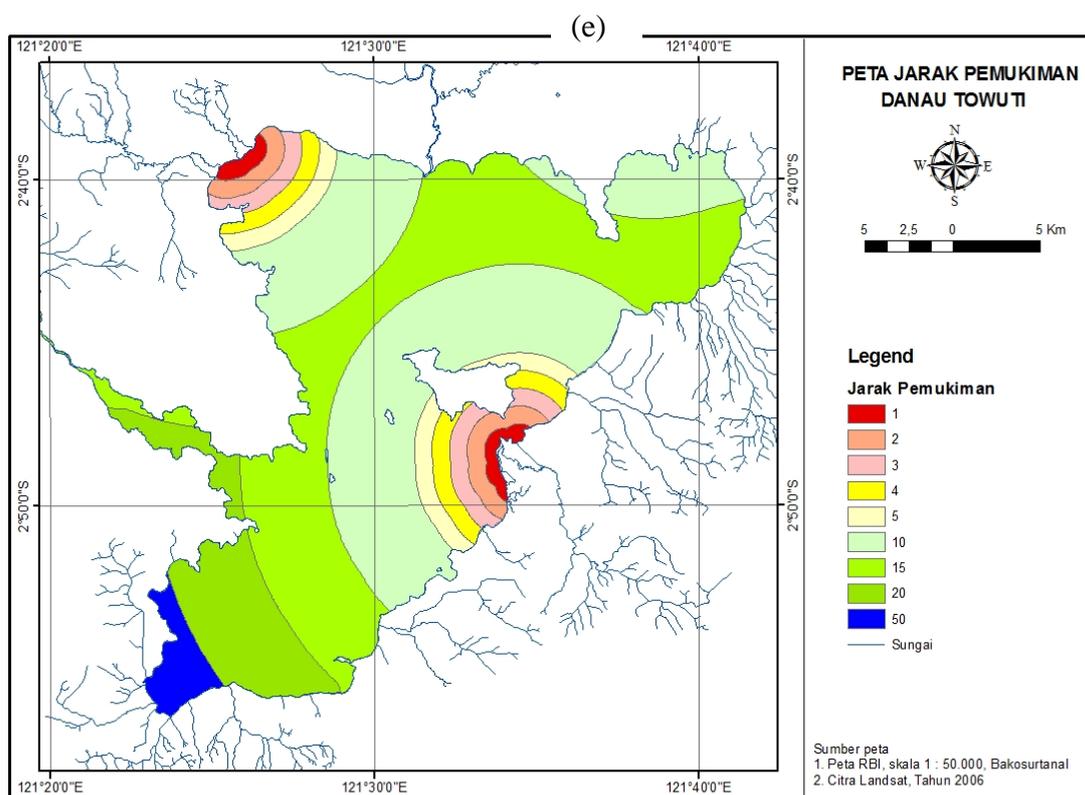
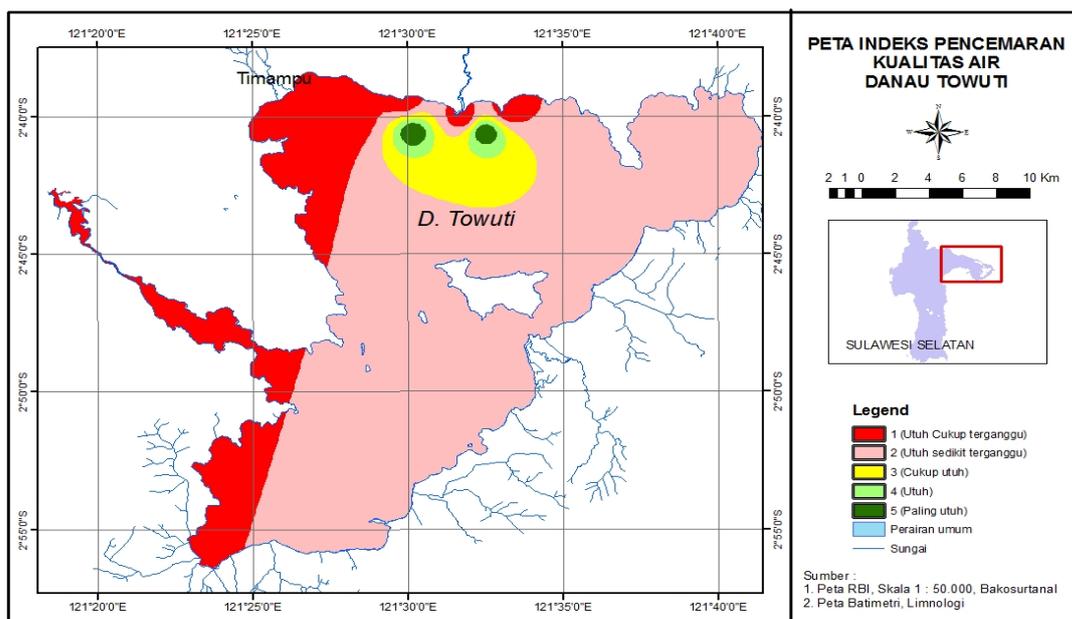
(a)



(b)



(d)



Gambar 3. Peta yang digunakan untuk identifikasi daerah suaka perikanan/zona inti di Danau Towuti, (a): peta kelimpahan total ikhtofauna; (b) peta kelimpahan total karsinofauna udang; (c) peta kelimpahan total karsinofauna kepiting; (d) peta kelimpahan total malakofauna; (e) peta indeks pencemaran kualitas air; dan (f) peta jarak dari permukiman.

Kelimpahan individu total tertinggi ditemukan di stasiun M.S. Kawatang (KW4) dengan skor 5 (Tabel 2). Stasiun ini merupakan lokasi yang mendapat masukan sumber

bahan nutrisi dan sumber *allochthonous* sebagai sumber pakan bagi biota ikan yang dibawa melalui sungai yang masuk ke dalam danau. Jenis ikan pelagis yang paling banyak jumlahnya adalah ikan *Telmatherina celebensis* ditemukan di stasiun M.S. Kawatang, sedangkan jenis ikan bentik adalah ikan *G. celebius* ditemukan di stasiun M.S. Kawatang (Gambar 3a).

Klasifikasi iktiofauna berdasarkan kelimpahan total individu per stasiun di kawasan Tominanga terlihat bahwa kelimpahan sangat tinggi (skor 5) dijumpai di stasiun Saone (TMG4) dan Tj. Bintu (TMG10) (Tabel 2 dan Gambar 3a). Kondisi habitat di stasiun ini memperlihatkan bahwa vegetasi riparian masih baik, banyak batang kayu terendam, substrat terdiri dari batu kerikil hingga *boulders* (di pinggir), ditemukan juga tanaman air Bunga pute (*Ottelia mesenterium*) sebagai shelter tempat menempelkan telur ikan dan tempat menempelnya sumber pakan di dedaunannya. Di samping itu kondisi kualitas air dalam keadaan utuh dengan skor 4 (Gambar 3e).

Hasil rujukan dari von Rintelen and Cai (2009) ditemukan 13 jenis udang di Danau Towuti, sedangkan dari hasil penelitian ini ditemukan 15 jenis (10 jenis yang sudah diketahui jenisnya dan lima jenis belum diketahui jenisnya/*Caridina* sp.1 – *Caridina* sp.5). Udang hias umumnya menempati substrat keras (batu besar/*boulders*, *gravels*, kerikil dan kayu), namun ada juga yang menempati substrat lunak seperti vegetasi air. Umumnya menempati kedalaman 2 - 10 m. Jenis-jenis udang hias ini paling banyak ditemukan di stasiun Tj. Teteu (KW3) yaitu 8 spesies. Habitat stasiun Tj. Teteu terdapat pasir, batu besar/*boulders*, kayu terendam, serasah dan disekitarnya merupakan daerah rawa-rawa, ada tanaman rumput danau berbungin, batu berbungin yang merupakan tempat menempel (*shelter*) udang dan sumber pakan berupa bahan organik yang tinggi (*autochthonous*) dan diperkirakan banyak terdapat perifiton. Meskipun perairan Danau Towuti bersifat oligotrofik (miskin unsur hara), namun apabila dilihat dari kelimpahannya, menunjukkan bahwa perifiton sebagai sumber pakan yang penting bagi biota. Habitat Tj. Teteu seperti habitat M.S.Kawatang, dimana hasil penelitian Nasution *et al*, (2009b), bahwa kelimpahan perifiton tertinggi dijumpai di stasiun M.S.Kawatang. Hal ini juga diperkirakan karena adanya masukan nutrisi yang masuk ke dalam danau ataupun yang keluar dari danau.

Klasifikasi karsinofauna (udang) berdasarkan kelimpahan total individu per stasiun di kawasan Kawatang Danau Towuti (Tabel 2 dan Gambar 3b), terlihat bahwa udang-udang cantik ini menyebar di stasiun Tj. Teteu (KW3), Uno-uno (KW8) dan Tj.

Lengkobale (KW10) dengan kelimpahan sangat tinggi (skor 5), namun bila dilihat perjenis yang dominan, stasiun Tj. Teteu lebih tinggi penyebarannya. Di stasiun kawasan Tominanga didominasi oleh jenis Black tiger (*Caridina holthuisi*), Udang coklat (*C. lingkonae*), Lama' (*C. lanceolata*), Celebes beauty (*C. woltereckae*) dan Udang coklat susu di punggung (*Caridina* sp.2). Jenis *Caridina holthuisi*, *C. lingkonae*, *C. woltereckae* dan *Caridina* sp.2 adalah udang hias yang bernilai ekonomis tinggi (Fauzi dan Nasution, 2011). *C. lingkonae* merupakan udang endemik di Danau Towuti. Udang-udang ini sebarannya di stasiun Tj. Bakara, M.S.Tominanga dan Tj. Tominanga dengan kelimpahan sangat tinggi (skor 5). Klasifikasi karsinofauna (udang) berdasarkan kelimpahan total individu per stasiun di kawasan Tominanga Danau Towuti (Tabel 2 dan Gambar 3b) juga terlihat bahwa kelimpahan sangat tinggi dijumpai di stasiun M.S.Tominanga dengan skor 5.

Di perairan Danau Towuti hanya terdapat tiga jenis kepiting yaitu *Parathelphusa ferruginea*, *Nautilothelphusa zimmeri* dan *Syntripsa plavichela*. Pada penelitian ini ditemukan tiga jenis kepiting dan memiliki distribusi yang luas di Danau Towuti. Ketiga kepiting ini paling banyak dijumpai di stasiun Tj. Teteu (KW3) (Gambar 3c). Sebaran kepiting di kawasan Tominanga kelimpahan sangat tinggi dijumpai di stasiun Tj. Batu (TMG2), Saone (TMG4) dan Tj. Tominanga (TMG6).

Jenis malakofauna dari kelompok genus *Tylomelania* endemik terdapat di danau-danau di Kompleks Malili sebanyak 25 jenis. Menurut von Rintelen *et al.* (2007) jenis *Tylomelania* endemik yang terdapat di Danau Towuti sebanyak 9 jenis. Jenis dan kelimpahan moluska yang tertangkap pada penelitian dengan menggunakan metode transek adalah sebanyak empat jenis yaitu: *Tylomelania towutensis*, *T. towutica*, *T. sarasinorum* dan *T. palicolarum*. Jumlah jenis dan jumlah individu *Tylomelania* endemik terbanyak ditemukan di stasiun Tj. Mongi (KW1) dengan skor 5 (Tabel 2 dan Gambar 3d). Jenis moluska yang paling banyak dijumpai adalah *T. towutensis*. Jenis yang tertangkap lebih sedikit dari hasil penelitian von Rintelen *et al.* (2007), hal ini diperkirakan pada saat penangkapan air danau sudah meningkat/naik setinggi 1,5 m selama 5 bulan, sehingga posisi stasiun tidak sesuai dengan habitat moluska pada saat air surut. Stasiun yang memiliki kelimpahan moluska tertinggi dengan skor 5 di kawasan Kawatang adalah di Tj. Teteu (KW3) dengan habitat yang baik, sedangkan untuk kawasan Tominanga adalah di stasiun Saone (TMG4) dengan skor 5.

Perairan Danau Towuti merupakan perairan yang sangat jernih dengan penetrasi cahaya/transparansi sedalam 22 m (Fernando *dalam* Haffner *et al.*, 2001). Berdasarkan pengamatan ini diperoleh transparansi di stasiun antara Uno-uno (KW8) dan Tj. Lengkobale (KW10) (di tengah, kedalaman 70 m) mencapai 25 m. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air Danau Towuti masih alami (*pristine water*) atau belum banyak terganggu oleh aktivitas manusia. Kualitas air rata-rata di Kawasan Kawatang dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3e. Demikian pula dengan stasiun di kawasan Tominanga kondisi kualitas airnya masih dalam keadaan utuh dengan skor 4. Jarak optimum dari permukiman ke daerah suaka perikanan/zona inti yaitu 10 km (Tabel 2 dan Gambar 3f).

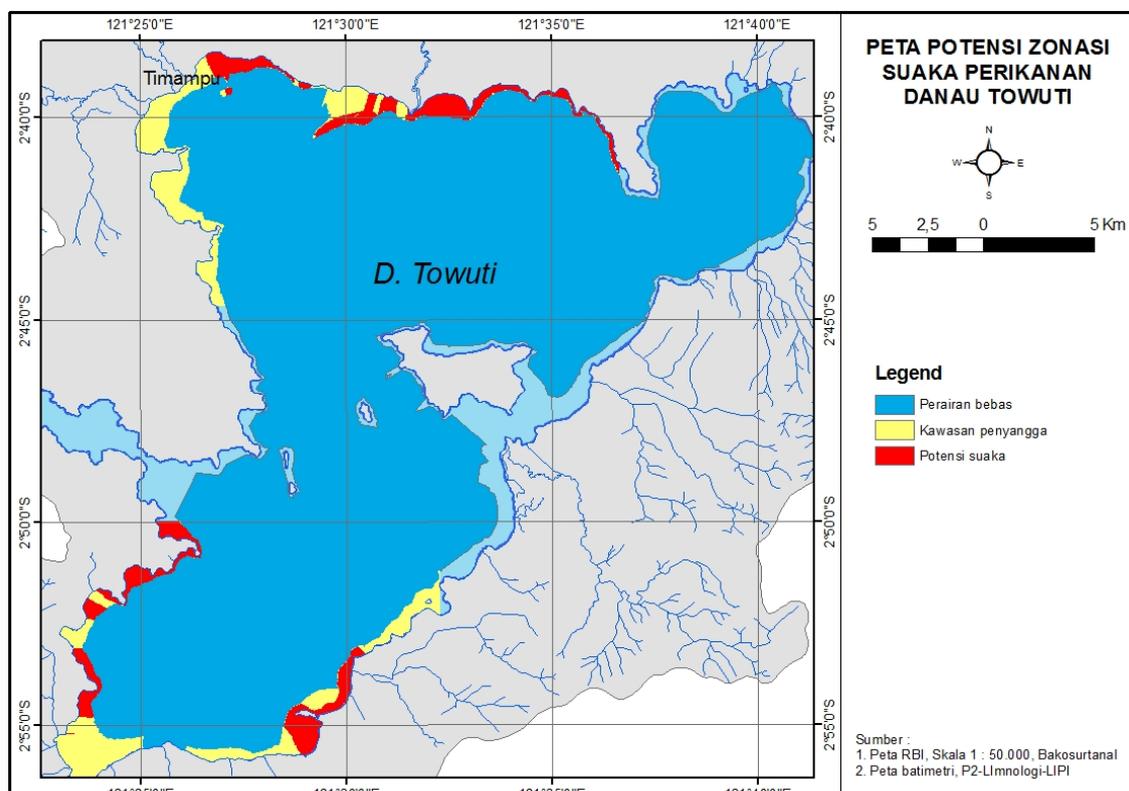
Hasil Proses Analisis Spasial

Wilayah suaka atau zona inti, baik untuk ikan (suaka perikanan) maupun biota endemik harus diberi ruang dan terbebas dari pengembangan karamba jaring apung atau kegiatan-kegiatan lainnya, hal ini dilakukan untuk menjaga kelestarian keragaman hayati biota perairan. Pentingnya wilayah zona inti di Danau Towuti karena terdapat jenis biota yang perlu dilindungi yaitu biota endemis. Wilayah zona inti harus ditetapkan oleh pemerintah dan didukung serta dipahami oleh segenap pengguna perairan. Sebagaimana diketahui beberapa kriteria zona inti diantaranya adalah membutuhkan kondisi lingkungan yang optimal dan gangguan dari manusia harus dibatasi. Di Danau Towuti belum ada zona inti untuk keberlangsungan hidup biota-biota endemik yang ada di perairan ini.

Lokasi yang berpotensi untuk dijadikan zona suaka merupakan hasil spasial analisis dengan menggunakan raster kalkulator pada aplikasi GIS, dimana masing-masing peta yang telah diberi nilai kemudian menggunakan algoritma untuk dihitung berdasarkan bobotnya. Kelas tertinggi merupakan zona-zona berpotensi sebagai zona inti (suaka perikanan) (Gambar 4).

Hasil proses overlay untuk mengidentifikasi potensi lokasi-lokasi yang dapat digunakan sebagai zona inti (suaka perikanan) diperlihatkan pada gambar dibawah ini. Beberapa lokasi yang berpotensi terletak dimuara-muara sungai yang merupakan kondisi yang cocok untuk suaka perikanan di Danau Towuti seperti di wilayah Kawatang (M.S. Kawatang, Tj. Teteu dan Tj. Lengkobale), sedangkan di wilayah Tominanga (M.S.

Tominanga, Saone dan Tj. Bintu). Berdasarkan perhitungan potensi zona inti (suaka perikanan) di Danau Towuti mencapai 182 ha (warna merah pada peta).



Gambar 4. Hasil overlay parameter-parameter untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi yang dapat dijadikan zona inti

KESIMPULAN

Beberapa lokasi yang berpotensi terletak dimuara-muara sungai yang merupakan kondisi yang cocok untuk suaka perikanan di Danau Towuti seperti di wilayah Kawatang (M.S. Kawatang, Tj. Teteu dan Tj. Lengkobale), sedangkan di wilayah Tominanga (M.S. Tominanga, Saone dan Tj. Bintu). Berdasarkan perhitungan potensi zona inti (suaka perikanan) di Danau Towuti mencapai 182 ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyandang dana penelitian ini yang berasal dari Kegiatan Kompetitif LIPI tahun 2012. Terima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian Limnologi LIPI yang telah mensupport kegiatan penelitian ini. Terima kasih juga Penulis ucapkan kepada Dr. Ir. Dede Irving Hartoto, APU (Alm) yang telah

memberi arti besar untuk kegiatan penelitian ini. Pak Agus Tornando dan kawan-kawan yang telah membantu selama sampling di Danau Towuti dan kepada semua yang telah membantu kegiatan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi, H. dan S.H. Nasution. 2011. "Si Cantik" Dekapoda berkaki sepuluh dari Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Warta Limnologi* No. 47, Desember 2011. Hal 14-16.
- Froese, R. and D. Pauly. Fish base. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, Download on July 6, 2004.
- Haffner, G.D., P.E. Hehanussa, and D. I. Hartoto. 2001. The Biology and Physical Processes of Large Lakes of Indonesia: Lakes Matano and Towuti. In M. Munawar and R.E. Hecky (eds.). *The Great Lakes of The World (GLOW): Food-web, health, and integrity*. Netherlands. p:183-192.
- IUCN. 2003. 2003 IUCN Redlist of threatened species www.redlist.org. Download on July 16, 2004.
- Kottelat, M., A.J. Whitten, S.N. Kartikasari dan S. Wirjoatmodjo. 1993. *Ikan air tawar Indonesia bagian Barat dan Sulawesi*. Periplus Edition (HK) Ltd. Bekerjasama dengan Proyek EMDI, Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Republik Indonesia, Jakarta. 293 p.
- Nasution, S.H. 2006. Pangkilang (Telmatherinidae) ornamental fish: An economic alternative for people around Lake Towuti. *Proceedings International Symposium. The Ecology and Limnology of the Malili Lakes on March 20-22, 2006 in Bogor-Indonesia*. Supported by: PT. INCO Tbk. and Research Center for Limnology, Indonesian Institute of Sciences (LIPI). p:39-46.
- Nasution, S.H., Sulistiono, D. Soedharma, I. Muschsin dan S. Wirjoatmodjo. 2007. Kajian aspek reproduksi ikan endemik Bonti-bonti (*Paratherina striata*) di Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Jurnal Biologi Indonesia*, IV(4):225-238.
- Nasution, S.H., D. I. Hartoto dan Sulastri. 2009a. Sumber Daya Ikan Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, 12 Desember 2009. Hal 984-989.
- Nasution, S.H., D.I. Hartoto, Sulastri, T. Tarigan, dan S. Aisyah. 2009b. Perumusan kriteria zonasi kawasan konservasi sumber daya ikan endemik di Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Laporan Akhir Tahun 2009 Kegiatan Program Insentif bagi*

Peneliti dan Perekayasa LIPI. Departemen Pendidikan Nasional dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 85 hal.

- von Rintellen, T., P. Bouchet and M. Glaubrecht. 2007. Ancient lakes as hotspots of diversity: a morphological review of an endemic species flock of *Tylomelania* (Gastropoda: Cerithioidea: Pachychilidae) in the Malili lake system on Sulawesi, Indonesia. *Hydrobiologia*, 592:11-94.
- von Rintelen, K. and Y. Cai. 2009. Radiation of endemic species flocks in ancient lakes: Systematic Revision of the freshwater shrimp *Caridina* H. Milne Edwards, 1837 (Crustacea: Decapoda: Atyidae) from the ancient lakes of Sulawesi, Indonesia, with the description of eight new species. *Raffles Bull Zool.*, 57(2):343-452.
- Weber, M and K.L.F. de Beaufort. 1913. *The fisheries of Indo-Australia archipelago*. Vol. II. E.J. Brill. Ltd., Leiden: 404 pp.
- Weber, M and K.L.F. de Beaufort. 1916. *The fisheries of Indo-Australia archipelago*. Vol. III. E.J. Brill. Ltd., Leiden: 455 pp.
- Weber, M and K.L.F. de Beaufort. 1922. *The fisheries of Indo-Australia archipelago*. Vol. IV. E.J. Brill. Ltd., Leiden: 410 pp.
- Wirjoatmodjo, S, Sulistiono, M.F. Rahardjo, I.S. Suwelo and R.K. Hadiyati. 2003. Ecological distribution of endemic fish species in Lakes Poso and Malili Complex, Sulawesi Island. Funded by Asean Regional Centre for Biodiversity Conservation and the European Commission. 30 p.

IDENTIFIKASI KERENTANAN LAHAN DI DAERAH TANGKAPAN AIR SEBAGAI DASAR PELESTARIAN DANAU RAWA PENING

Paimin, Agus Wuryanta dan Ugro Hari Murtiono

Peneliti pada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai

Jl. A. Yani Pabelan. Kotak Pos 295. Solo.

bpt.kpdas@gmail.com

ABSTRAK

Danau Rawa Pening merupakan sarana vital untuk wilayah di sekitar dan hilirnya sebagai penyedia air baku untuk rumah tangga dan industri, air irigasi untuk padi sawah, perikanan, pariwisata, serta energi pembangkit listrik tenaga air. Namun fungsi tersebut terancam potensinya karena pengurangan luas dan potensi air danau sebagai akibat sedimentasi. Bertolak dari masalah tersebut maka tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan informasi letak dan tingkat kerentanan lahan terhadap erosi dan tanah longsor sebagai dasar pengendalian di daerah tangkapan air danau Rawa Pening agar fungsi dan potensi danau terpelihara secara lestari. Metode identifikasi kerentanan lahan oleh erosi dan tanah longsor menggunakan formula dalam "Sidik Cepat Degradasi Sub DAS". Tingkat kerentanan lahan diklasifikasi dalam lima kategori: sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Daerah tangkapan danau Rawa Pening mencakup luas 25.613 ha, dengan luas genangan danau sekitar 2.300 ha. Tingkat kerentanan lahan terhadap erosi sebagian besar termasuk kategori "sangat rendah" (18.682 ha), sedangkan lainnya termasuk kategori "rendah" (4.373 ha), dan "sedang" (2.658 ha). Kerentanan lahan terhadap tanah longsor yang termasuk kategori "tinggi" seluas 290 ha, "sedang" mencakup 3.663 ha. "rendah" meliputi 263 ha dan "sangat rendah" seluas 21.397 ha. Berdasarkan tingkat kerentanan lahan oleh erosi di daerah tangkapannya, ancaman sedimentasi di danau Rawa Pening belum tinggi tetapi ancaman oleh endapan material tanah longsor cukup tinggi. Kegiatan yang perlu diperhatikan pada lahan budidaya pertanian adalah mempertahankan teras bangku yang kondisi "baik" dan penyempurnaan bidang teras bangku masih miring ke depan. Daerah rentan longsor ("tinggi" dan "sedang") perlu tindakan pencegahan.

Kata Kunci: erosi, tanah longsor, sedimentasi, danau, daerah tangkapan air.

ABSTRACT

Lake of Rawa Pening is a vital means for the area of its around and downstream as supplier of raw water for domestic and industrial use, irrigation of paddy field, fisheries, tourism, and hydroelectric power. However, the functions are in danger because of the area of the lake has been reduced by sedimentation. Purpose of research is to obtain the site and degree of vulnerability of land to erosion and landslides as a basis control in the catchment area of Lake of Rawa Pening so that potential function of the lake is maintained sustainably. Method of land vulnerability identification method to erosion and landslides used was the formula in "Rapid appraisal sub watershed degradation". Vulnerability level of land to erosion and landslide can be classified into five categories: very low, low, medium, high, and very high. Lake of Rawa Pening catchment area covers 25 613 ha, with a vast pool of water about 2,300 ha. Results of the research indicated that the vulnerability of land to erosion was largely categorized as "very low" (18 682 ha), while others include the category of "low" (4373 ha), and "medium" (2658 ha). Land vulnerability to landslides which includes the category "high" covers 290 ha, "medium" covers 3663 ha. "Low" covers 263 ha and "very low" covers 21 397 ha. Based on the degree of vulnerability of land to erosion in the catchment area, the threat of sedimentation in Lake of Rawa Rawa Pening is not high but the threat of landslide material deposition is high. Some activities that need to be considered in land cultivation are maintain and improving "good" condition of bench terraces. Landslide vulnerability area in "high" and "medium" categories are necessary for appropriate measure.

Key words: erosion, land slides, sedimentation, lake, catchment areas.

PENDAHULUAN

Daerah tangkapan air (*catchment area*) danau Rawa Pening merupakan bagian hulu dari daerah aliran sungai (DAS) Tuntang. Danau Rawa Pening merupakan sarana vital untuk wilayah di sekitar dan hilirnya sebagai penyedia air baku untuk rumah tangga dan industri, air irigasi untuk padi sawah, perikanan, pariwisata, serta energi pembangkit listrik tenaga air. Namun fungsi tersebut terancam potensinya karena pengurangan luas danau dan potensi air sebagai akibat sedimentasi. Laju sedimentasi dari 9 (sembilan) bagian/sub daerah tangkapan air yang masuk ke danau mencapai 150.000 m³/th, telah mempercepat pendangkalan danau (Meyria, 2007, dalam Azzumaro, 2007). Pendangkalan danau Rawa Pening (luas genangan danau sekitar 2.300 ha), selain mengakibatkan *blooming* enceng gondok, juga menurunkan fungsi danau untuk berbagai keperluan baik untuk penghidupan masyarakat di sekitar danau dan di wilayah hilirnya (Distanbunhut, 2009).

Sedimentasi merupakan pengendapan dari angkutan massa tanah yang berasal dari daerah tangkapan airnya sebagai produk proses erosi maupun gerakan tanah longsor (Rapp, 1986). Material yang terangkut dalam proses erosi tidak hanya bentuk fisik tanah tetapi juga unsur kimia (hara tanah) dan biologi tanah (Troeh, *et al.*, 1980). Indonesia sebagai daerah tropika basah umumnya erosi tanah disebabkan oleh energi air (hujan) yang berupa tetes air hujan (*rain drop*), baik alami (langsung) maupun dalam bentuk air lolos tajuk (*throughfall*) dan aliran batang pohon (*stemflow*), serta berupa limpasan air permukaan. Tetes air hujan dan limpasan permukaan, menghasilkan erosi permukaan dalam bentuk erosi percik (*splash erosion*), erosi lapis (*sheet/interill erosion*) dan erosi alur (*rill erosion*). Limpasan permukaan yang terkonsentrasi akan mengikis permukaan tanah dalam bentuk morfoerosi berupa erosi jurang (*gully erosion*), erosi tebing sungai (*stream bank erosion*), dan erosi tepi jalan. Sementara itu air yang masuk ke dalam tanah dan menjenuhi lapisan tanah di atas batuan padu yang miring terjal akan memicu gerak masa tanah (*mass movement*) atau tanah longsor (*land slide*). Material tanah hasil erosi dan tanah longsor tersebut terangkut oleh limpasan yang kemudian dibawa masuk dan diendapkan di daerah genangan danau.

Untuk mengendalikan sedimentasi waduk dimulai dari teknik pengendalian sumber erosi dan tanah longsor. Sebagai dasar pengendalian dilakukan identifikasi daerah yang rentan terhadap erosi dan tanah longsor sehingga teknologi yang

diaplikasikan sesuai dengan kondisi setempat. Bertolak dari masalah tersebut maka tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan informasi tingkat kerentanan lahan terhadap erosi dan tanah longsor sebagai dasar pengendalian di daerah tangkapan air danau Rawa Pening agar fungsi dan potensi danau terpelihara secara lestari.

BAHAN DAN METODE

A. Lokasi, Bahan dan Peralatan

Lokasi penelitian diselenggarakan di daerah tangkapan air danau Rawa Pening, merupakan bagian hulu dari DAS Tuntang, yang secara administratif sebagian besar berada di Kabupaten Semarang, sebagian kecil di Kabupaten Boyolali, dan kota Salatiga, Provinsi Jawa Tengah. Luas daerah tangkapan air danau Rawa Pening meliputi 25.613 dengan luas danau sekitar 2.300 ha.

Bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian meliputi peta-peta dasar (topografi, tanah, geologi, penutupan lahan), peta Rupa Bumi Indonesia (*hardcopy* dan *digital*), perangkat komputer PC dengan software ArcView/ArcGIS, alat tulis dan bahan pengoperasian computer, serta perlengkapan lapangan.

B. Metode

Metode identifikasi kerentanan lahan di daerah tangkapan air danau Rawa Pening dengan menggunakan formula Kerentanan Lahan terhadap erosi (Tabel 1) dan formula Kerentanan Tanah Longsor seperti pada Tabel 2 dari buku Sidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) (Paimin, *et al.*, 2010). Penghitungan nilai atau tingkat kerentanan dilakukan dengan cara menjumlahkan seluruh hasil kali dari skor dan bobot pada setiap parameter dibagi 100. Kategori tingkat kerentanan lahan terhadap erosi dan tanah dinyatakan berdasarkan hasil perhitungan nilai akhir seluruh parameter, dengan menggunakan klasifikasi peringkat sebagai berikut : (1) Sangat Tinggi/Sangat Rentan (nilai >4,3), (2) Tinggi/Rentan (3,5 – 4,3), (3) Sedang/Agak Rentan (2,6 – 3,4), (4) Rendah/Sedikit Rentan (1,7 - 2,5), dan (5) Sangat Rendah/Tidak Rentan (< 1,7).

Tabel 1. Formulasi Kerentanan Lahan Terhadap Erosi

No	Parameter/Bobot	Besaran	Kategori Nilai	Skor
A. Alami (45%)				
1.	Solum tanah (Cm) (10%)	>90	Sangat Rendah	1
		60 - <90	Rendah	2
		30 - <60	Sedang	3
		15 - <30	Tinggi	4
		<15	Sangat Tinggi	5
2.	Lereng (%) (15%)	0 - <8	Sangat Rendah	1
		8 - <15	Rendah	2
		15 - <25	Sedang	3
		25 - <45	Tinggi	4
		>45	Sangat Tinggi	5
3.	Batuan Singkapan (%) (5%)	<20	Sangat Rendah	1
		20 - <40	Rendah	2
		40 - <60	Sedang	3
		60 - 80	Tinggi	4
		>80	Sangat Tinggi	5
4.	Morfoerosi (erosi jurang, tebing sungai, sisi jalan). Persen dari Unit Lahan (10%)	0%	Sangat Rendah	1
		1 - <20 %	Rendah	2
		20 - <40%	Sedang	3
		40 - 60%	Tinggi	4
		>60 %	Sangat Tinggi	5
5.	Tekstur tanah terhadap kepekaan erosi (5%)	Sand, lomy sand, clay	Sangat Rendah	1
		Silty clay, sandy loam	Rendah	2
		Clay, silty clay	Sedang	3
		Loam, sandy clay loam, sandy clay	Tinggi	4
		Silt, silt loam	Sangat Tinggi	5
B. Manajemen				
1. Kawasan Budidaya Pertanian (55%)				
a.	Vegetasi Penutup (40%)	50 – 80% hutan/perkebunan + tanaman semusim	Sangat Rendah	1
		30 - 50% hutan/perkebunan + tanaman semusim rapat	Rendah	2
		30 - 50% hutan/perkebunan + tanaman semusim jarang	Sedang	3
		10 - 30% hutan/perkebunan + tanaman semusim rapat	Sedang	3

		Tanaman semusim rapat	Sedang	3
		10 - 30% hutan/perkebunan + tanaman semusim jarang	Tinggi	4
		Tanaman semusim jarang	Sangat Tinggi	5
b.	Konsevasi tanah mekanis (15%)	Teras bangku datar/miring ke dalam	Sangat Rendah	1
		Teras bangku miring ke luar	Rendah	2
		Teras campuran	Sedang	3
		Teras gulud, hillside ditch, tanaman terasering	Tinggi	4
		Tanpa teras	Sangat Tinggi	5
2.	Kawasan hutan dan Perkebunan (55%)			
a.	Kondisi vegetasi (45%)	Vegetasi hutan baik, Tanaman perkebunan baik + cover crop atau Tanaman perkebunan berseresah banyak	Sangat Rendah	1
		Vegetasi utama <50% + semak belukar	Rendah	2
		Semak belukar	Sedang	3
		Alang-alang	Tinggi	4
		Vegetasi sedikit (>50% tanah terbuka)	Sangat Tinggi	5
b.	Konservasi tanah (10%)	Teras gulud + tanaman penguat	Sangat Rendah	1
		Tanaman terasering/alley cropping	Rendah	2
		Guludan mulsa	Sedang	3
		Teras gulud	Tinggi	4
		Tanpa tanaman terasering	Sangat Tinggi	5

Sumber: Paimin, *et al.*, 2010.

Tabel 2. Formulasi Kerentanan Tanah Longsor

No	Parameter/Bobot	Besaran	Kategori Nilai	Skor
A	ALAMI (60%)			
a	Hujan harian kumulatif 3 hari berurutan (mm/3 hari) (25%)	< 50 50 - 99 100 - 199 200 - 300 >300	Sangat Rendah Rendah Sedang Tinggi Sangat Tinggi	1 2 3 4 5
b	Lereng lahan (%) (15%)	< 25 25 - 44 45 - 64 65 - 85 > 85	Sangat Rendah Rendah Sedang Tinggi Sangat Tinggi	1 2 3 4 5
c	Geologi (Batuan) (15%)	Dataran Aluvial Perbukitan Kapur Perbukitan Granit Perbukitan Bat. sedimen Bkt Basal-Clay Shale	Sangat Rendah Rendah Sedang Tinggi Sangat Tinggi	1 2 3 4 5
d	Keberadaan sesar patahan/gawir (m) (5%)	Tidak ada Ada	Sangat Rendah Sangat Tinggi	1 5
e	Kedalaman tanah (regolit) sampai lapisan kedap (m) (5%)	< 1 1-2 2-3 3-5 >5	Sangat Rendah Rendah Sedang Tinggi Sangat Tinggi	1 2 3 4 5
B	MANAJEMEN (40%)			
a	Penggunaan Lahan (20%)	Hutan Alam Hut Tan/Perkebunan Semak/Blkar/Rumput Tegal/Pekarangan Sawah/Pemukiman	Sangat Rendah Rendah Sedang Tinggi Sangat Tinggi	1 2 3 4 5
b	Infrastruktur (jika lereng <25% = skor 1) (15%)	Tak Ada Jalan Memotong Lereng Lereng Terpotong Jalan	Sangat Rendah Sangat Tinggi	1 5
c	Kepadatan Pemukiman (org/km ²) (jika lereng <25%, skor=1) (5%)	<2000 2000-5000 5000-10000 10000-15000 >15000	Sangat Rendah Rendah Sedang Tinggi Sangat Tinggi	1 2 3 4 5

Catatan: Formula ini hanya berlaku pada lereng >25%

Sumber: Paimin, *et al.*, 2010.

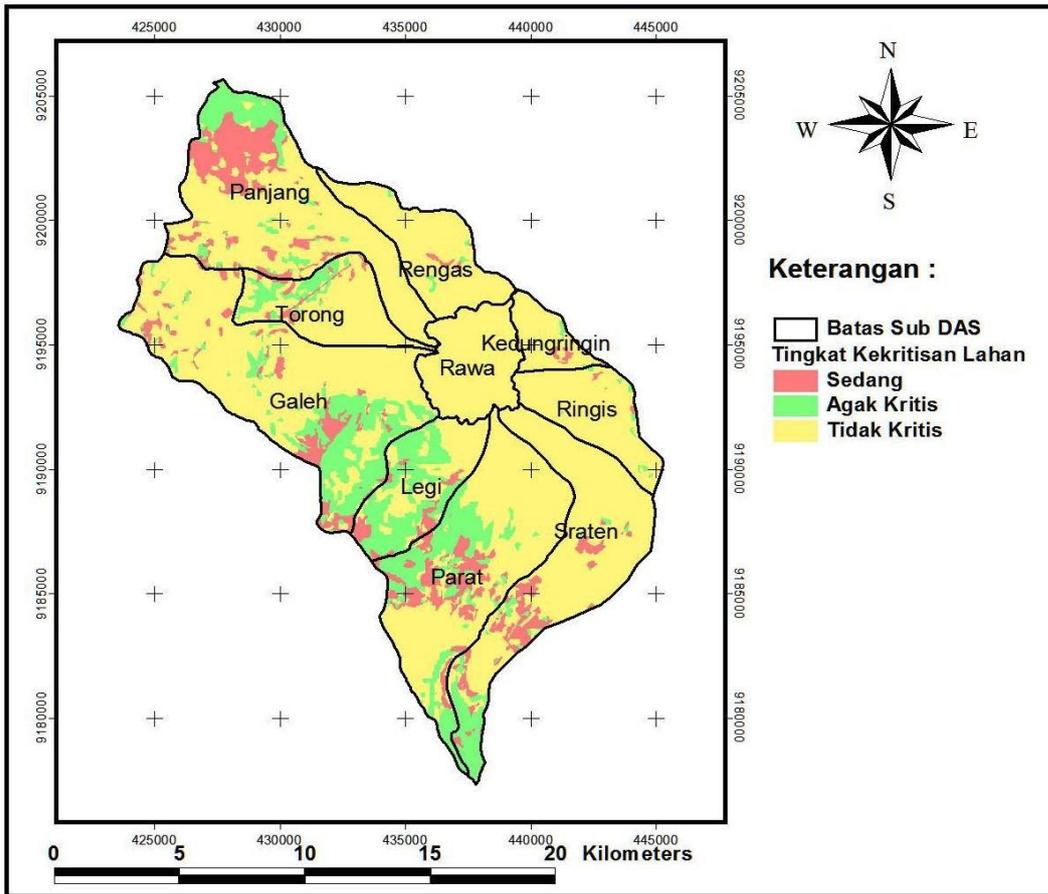
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kerentanan Lahan Terhadap Erosi

Luas lahan pada setiap tingkat kerentanan lahan terhadap erosi pada masing-masing daerah tangkapan air disajikan pada Tabel 3 dan sebarannya seperti diilustrasikan pada Gambar 1. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa di daerah tangkapan air danau Rawa Pening tidak terdapat lahan yang berada dalam kondisi tingkat kerentanan “tinggi/rentan” dan “sangat tinggi/sangat rentan” atau dengan kata lain tingkat kekritisitas lahan tertinggi di daerah tangkapan air danau Rawa Pening hanya sampai dengan kategori “sedang/agak rentan”.

Tabel 3. Luas Tingkat Kerentanan Lahan terhadap Erosi di Setiap Daerah Tangkapan Air (DTA) Rawa Pening

No	DTA	Tingkat Kerentanan (Ha)			Jumlah
		Tidak Rentan	Sedikit rentan	Sedang	
1	Galeh	4142	1169	492	5802
2	Kedungringin	593	20	32	645
3	Legi	750	818	175	1744
4	Panjang	3042	565	891	4498
5	Parat	2903	979	545	4427
6	Rengas	1622	27	26	1675
7	Ringis	1396	33	13	1442
8	Sraten	2971	401	381	3753
9	Torong	1263	261	104	1628
	Jumlah	18682	4273	2658	25613



Gambar 1. Peta Kerentanan Lahan pada Setiap Daerah Tangkapan Air di Rawa Pening

Kerentanan lahan dengan kategori “sedang” paling luas berada di daerah tangkapan air Panjang (891 ha) yang diikuti Parat, Galeh, dan Sraten. Umumnya daerah yang rentan erosi ini berada merupakan lahan yang dibudidayakan untuk sayuran maupun palawija di lereng Gunung Ungaran, Merbabu, dan Telomoyo. Teknik konservasi tanah yang diaplikasikan berupa bangunan teras bangku datar atau miring ke belakang sesuai standar teknis dan terpelihara, serta sebagian masih miring ke depan. Erosi terjadi pada saat fase penyiapan lahan, dan fase tanaman muda, serta karena tanaman semusim yang dibudidayakan kurang menutup rapat permukaan tanah. Pada lahan lainnya penutupan lahan berupa tanaman tahunan/pohon yang dibudidayakan dalam bentuk agroforestry, terutama dalam pola silvopastur. Pola demikian yang mampu melindungi tanah dari energi hujan sebagai agen alami utama penyebab erosi.

Untuk melestarikan kapasitas atau daya tampung danau Rawa Pening dari ancaman sedimentasi hasil erosi maka pengelolaan lahan untuk budidaya tanaman semusim perlu pemeliharaan bangunan konservasi tanah dan air teras bangku. Pada

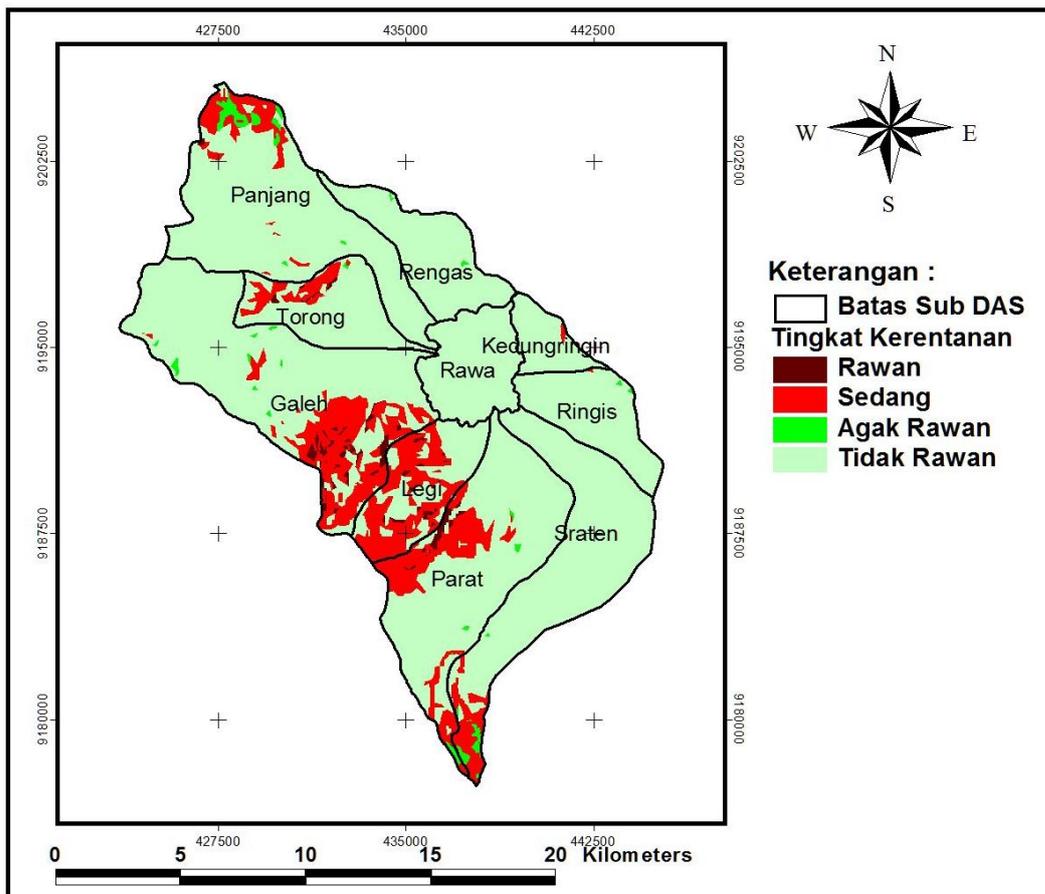
teras yang masih miring ke depan perlu diupayakan untuk miring ke belakang atau datar. Sedangkan pada lahan agroforestry agar tidak dilakukan pencabutan tanaman rumput. Apabila diperlukan peremajaan tanaman rumput harus dilakukan dengan pola jalur atau strip secara selang-seling. Pemotongan tanaman pohon dapat dilakukan asalkan tanam rumput melindungi permukaan tanah secara rapat. Pada pola hutan rakyat penebangan dilakukan secara tebang pilih (bukan tebang habis) dengan membiarkan sisa biomassa terserak menutup permukaan tanah.

B. Kerentanan Tanah Longsor

Kerentanan tanah longsor di daerah tangkapan air danau Rawa Pening diidentifikasi dengan menggunakan formula Tabel 2. Hasil identifikasi disajikan pada Tabel 4 dan sebarannya diilustrasikan pada Gambar 2. Berdasarkan Tabel 4 pada daerah tangkapan air danau Rawa Pening tidak dijumpai kerentanan tanah longsor dalam kategori “sangat rentan”. Daerah yang rentan tanah longsor dengan kategori “rentan” (307 ha) sebagian terbesar berada daerah tangkapan air Galeh, Legi, dan Parat, di lereng Gunung Telomoyo, serta Torong. Walaupun tidak luas tetapi daerah ini perlu diwaspadai.

Tabel 4. Luas dan Tingkat Kerentanan Tanah Longsor di Daerah Tangkapan Air Danau Rawa Pening

No	Sub DTA	Tingkat Kerentanan/Kerentanan (Ha)				
		Tidak Rentan	Sedikit Rentan	Sedang/agak rentan	Rentan	Sangat Rentan
1	Galeh	4.511	33	1.105	154	-
2	Kedungringin	630	-	15		-
3	Legi	852	-	845	47	-
4	Panjang	3.982	125	384	7	-
5	Parat	3.551	33	783	59	-
6	Rengas	1.667	7	-	-	-
7	Ringis	1.432	5	4	-	-
8	Sraten	3.404	57	293	-	-
9	Torong	1.368	3	234	23	-
	Jumlah	21.397	263	3.663	290	



Gambar 2. Peta Kerentanan Tanah Longsor pada Setiap Daerah Tangkapan Air di Rawa Pening

KESIMPULAN

1. Ancaman pendangkalan danau Rawa Pening oleh sedimentasi hasil erosi masih dalam kategori belum berbahaya karena erosi dari daerah tangkapan air danau Rawa Pening hanya sekitar 10% luas dalam kategori sedang dan sisnya dalam kategori rendah dan sangat rendah.
2. Pengelolaan lahan di daerah tangkapan air danau Rawa Pening adalah pemeliharaan bangunan teras bangku dan teknik pengelolaan hutan rakyat agar lahan selalu dalam kondisi terlindungi sehingga erosi yang terjadi masih dalam batas yang dapat ditenggang.
3. Kerentanan lahan terhadap tanah longsor yang termasuk kategori “tinggi” seluas 290 ha, “sedang” mencakup 3.663 ha. “rendah” meliputi 263 ha dan “sangat rendah” seluas 21.397 ha. Ancaman kerentanan tanah longsor terhadap kelestarian danau Rawa Pening cukup membahayakan karena jarak angkutan massa tanah ke

danau tidak jauh. Ancaman bahaya yang perlu diperhatikan terutama daerah rentan longsor di dekat pemukiman dan di tebing sungai yang tinggi dan terjal.

4. Daerah yang rentan longsor dengan kategori “tinggi” perlu tindakan pencegahan dengan perlakuan teknik sipil maupun vegetatif; sedangkan yang termasuk kategori “sedang” tetapi terpotong jalan atau pemukiman juga perlu dilakukan tindakan pengendalian untuk pencegahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzumaro, L. K. 2007. Menakar Masa Depan Rawa Pening. <http://malamilalang.blogspot.com/2007/12/menakar-masa-depan-rawapening.html> (10212009).
- Bruijnzeel, L.A. 2004. Hydrological Functions of Tropical Forests: Not seeing the Soil for the Trees?. *Agric. Ecosystem & Env.* 104: 185 – 225. Elsevier.
- Distanbunhut. 2009. 202 Hektar Sawah Tergenag Air Rawa Pening. <http://www.jawatengah.go.id/news.php?NEWS=2009020910> (10212009).
- Paimin, Sukresno, I.B. Pramono. 2009. Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor. *Tropenbos International. Indonesia Programme.*
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2010. Sidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS). Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam, Badan Litbang Kehutanan, Dep. Kehutanan, Bogor. Cetakan kedua.
- Paimin, 2010. Analisis Banjir di Wasior, Kabupaten Teluk Wandama, Provinsi Papua Barat. *Wana Tropika*. Vol.4. No.2: 4 – 8.
- Rapp,A. 1986. Soil Erosion and Sedimentation in Tanzania and Lesotho. In. Morgan, R.P.C. ed. Soil Erosion and Its Control. *Van Nostrand Reinhold Soil Science Series*. VNR Co. New York.
- Troeh, F.R., J.A. Hobbs, dan R.L. Donahue. 1980. Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental Production. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

ANALISIS KERENTANAN SOSIAL EKONOMI KELEMBAGAAN UNTUK MITIGASI KERUSAKAN EKOSISTEM DANAU BATUR BALI

C.Yudilastianto dan S. Andy Cahyono

¹Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Surakarta
Jl. A. Yani Po Box 295 Pabelan - Kartasura. Tel/Fax.: (0 271) 716709/716959
Email: lastiantoro@yahoo.co.id

ABSTRAK

Permasalahan lingkungan danau di Indonesia adalah pendangkalan danau, pencemaran air, kerusakan habitat flora dan biota serta pemanfaatan yang berlebihan. Permasalahan-permasalahan tersebut dipicu oleh kurang harmonisnya hubungan timbal balik antara danau dengan lingkungan daerah tangkapan airnya atau daerah aliran sungai. Persoalan sosial, ekonomi dan kelembagaan menjadi salah satu penyebab dan pemahaman atas kerentanan sosial ekonomi kelembagaan dapat menjadi solusi atas masalah tersebut. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kerentanan sosial, ekonomi dan kelembagaan masyarakat untuk mitigasi kerusakan ekosistem Danau Batur Bali. Analisis kerentanan menggunakan sidik cepat degradasi daerah aliran sungai aspek sosial ekonomi kelembagaan. Data yang dipergunakan merupakan data primer dan data sekunder pada DAS Bungbung dimana Danau Batur berada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sidik Cepat Degradasi Daerah Aliran Sungai dapat dipergunakan untuk memitigasi kerentanan sosial ekonomi kelembagaan pada daerah aliran sungai yang masuk ke Danau Batur. Hasil analisis terhadap DAS Bungbung yang aliran airnya masuk ke Danau Batur menunjukkan bahwa secara sosial tergolong sedikit rentan, secara ekonomi agak rentan dan secara kelembagaan tergolong rentan. Secara keseluruhan DAS Bungbung tergolong agak rentan. Penyelesaian masalah kerusakan ekosistem Danau Batur secara sosial ekonomi kelembagaan dilakukan terutama pada aspek yang memiliki kerentanan: kelembagaan, ekonomi kemudian sosial.

Kata kunci : Kerentanan, daerah aliran sungai, sosial ekonomi kelembagaan

ABSTRACT

The environmental lake problems in Indonesia are silting of the lake, water pollution, habitat destruction and biota flora and excessive utilization. The problems are triggered by a lack of harmony of the interrelationships between the environment of the lake with catchment area or watershed. Problem social, economic and institutional become one of the causes and understanding of the socio-economic vulnerability may be a solution to solve that problems. The study aims to determine the vulnerability of social, economic and community institutions for mitigating damage to the ecosystem to Lake Batur Bali. Vulnerability analysis use a "Sidik Cepat Degradasi Daerah Aliran Sungai" socio-economic aspects of the institution. The data used are the primary data and secondary data on the DAS Bungbung where Lake Batur is located. The results show that the "Sidik Cepat Degradasi Daerah Aliran Sungai" can be used to mitigate the vulnerability of socio-economic institutions in the watershed that goes to Lake Batur. The analysis of DAS Bungbung which water flow into Lake Batur indicates that relatively less vulnerable socially, somewhat vulnerable economically and vulnerable institutionally. Overall Bungbung considered somewhat vulnerable watersheds. The settlement of the damage ecosystem issue of Lake Batur as socioeconomic institutional performed mainly on aspects that have vulnerabilities: institutional, economic and social.

Keywords: Vulnerability, watersheds, socio-economic institutional

PENDAHULUAN

Danau adalah cekungan di permukaan bumi yang digenangi oleh air yang bersifat menggenang. Ekosistem ini menempati daerah yang relatif tidak luas pada permukaan bumi dibandingkan dengan laut dan daratan (Thomas, 1992; Connell dan Miler, 1995; Effendi, 2003). Di Indonesia terdapat 840 danau, 735 situ (danau kecil), dan sekitar 162 waduk, luas genangan air keseluruhannya mencapai 1,8 juta ha (Kartamihardja, 2006 dalam Chrismadha, *et.al.*, 2011) dengan menyimpan cadangan sumber daya air lebih dari 500 juta m³.

Permasalahan lingkungan danau di Indonesia adalah pendangkalan danau, pencemaran air (Irianto, *et.al.*, 2005), ledakan populasi fitoplanton di danau dan waduk (Chrismadha dan Lukman, 2008; Sulawesty dan Lukman, 2009) serta situ-situ di kawasan Jabodetabek (Prihantini, *et.al.*, 2006), endapan bahan pencemar pada sedimen serta dampak toksitasnya (Lukman, *et.al.*, 2008; Yoga, *et.al.*, 2005), kerusakan habitat flora dan biota serta pemanfaatan yang berlebihan. Permasalahan-permasalahan tersebut dipicu oleh kurang harmonisnya hubungan timbal balik antara danau dengan lingkungan daerah tangkap airnya atau daerah aliran sungai (DAS). Persoalan sosial, ekonomi dan kelembagaan menjadi salah satu penyebab dan pemahaman atas kerentanan sosial ekonomi kelembagaan dapat menjadi solusi atas masalah tersebut.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui kerentanan sosial, ekonomi dan kelembagaan masyarakat untuk mitigasi kerusakan ekosistem Danau Batur Bali. Danau Batur dipilih karena merupakan salah satu danau prioritas yang mengalami kerusakan ekosistem serta berdampak luas pada sosial ekonomi baik nasional dan internasional. Perubahan kondisi sosial ekonomi dan kelembagaan masyarakat berdampak pada perubahan pengelolaan lahan dan aktivitas di danau yang selanjutnya mempengaruhi kondisi DAS dan danau. Oleh karena itu, analisis kerentanan sosial ekonomi dan kelembagaan masyarakat diharapkan dapat digunakan untuk mendiagnosis dan memitigasi kerusakan ekosistem danau Batur.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan untuk kegiatan penelitian ini antara lain: 1) ATK (kertas HVS, tonner printer, ordner, stopmap, flashdisk), 2) Bahan perlengkapan lapangan

(*blocknote*, pensil, *ballpoint*, dan spidol), 3) Kamera, 4) Kuesioner, dan 5) Bahan untuk diskusi kelompok (kertas metaplan, plano, dan alat tulis menulis).

B. Metode

Untuk menilai kerentanan sosial ekonomi kelembagaan masyarakat digunakan formulasi yang disajikan dalam Buku Sidik Cepat Degradasi Sub DAS (Paimin *et.al.*, 2010). Dalam formulasi kerentanan dan potensi sosial ekonomi dan kelembagaan (terlampir) tersebut digunakan tiga kriteria yaitu:

1. Kriteria sosial terdiri dari parameter kepadatan penduduk, baik geografis maupun agraris, budaya seperti perilaku konservasi dan hukum adat, serta nilai tradisional.
2. Kriteria ekonomi terdiri dari parameter ketergantungan terhadap lahan, tingkat pendapatan, dan kegiatan dasar wilayah.
3. Kriteria kelembagaan yang terdiri dari parameter keberdayaan kelembagaan konservasi dan keberdayaan lembaga formal pada konservasi.

Masing-masing parameter tersebut kemudian diberikan bobot dan besaran sebagaimana disajikan dalam Lampiran 1. Adapun klasifikasi tingkat kerentanan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tingkat kerentanan sosial-ekonomi dan kelembagaan
Table 1. Classification level of socio-economic vulnerability and institutional

Kategori <i>Category</i>	Nilai <i>Skor</i>	Tingkat Kerentanan/Degradasi <i>Level of vulnerability / Degradation</i>
Tinggi	>4,3	Sangat rentan/sangat terdegradasi
Agak tinggi	3,5 – 4,3	Rentan/terdegradasi
Sedang	2,6 – 3,4	Agak rentan/agak terdegradasi
Agak rendah	1,7 – 2,5	Sedikit rentan/sedikit terdegradasi
Rendah	< 1,7	Tidak rentan/tidak terdegradasi

Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai suatu kategori memberikan gambaran sebuah kondisi yang semakin buruk terkait dengan parameter bersangkutan, dan sebaliknya. Untuk memperoleh sumber penyebab kerentanan dilakukan dengan menelusuri parameter yang memiliki nilai tinggi sehingga rekomendasi penanganannya disesuaikan dengan tingkat masalah yang dihadapi.

Data yang dipergunakan merupakan data primer dan data sekunder pada DAS Bungbung dimana Danau Batur berada. Data primer yang digunakan untuk melihat parameter budaya, ketergantungan terhadap lahan, tingkat pendapatan dan

kelembagaan dikumpulkan dengan teknik wawancara dengan responden yang diambil dari masyarakat desa setempat. Data sekunder yang digunakan untuk melihat parameter kepadatan penduduk, kegiatan dasar wilayah dengan mengumpulkan data dan publikasi terkait penelitian. Tabel 2 menunjukkan parameter, teknik pengumpulan data dan sumber data yang dipergunakan.

Tabel 2. Parameter, teknik pengumpulan data dan sumber data

Table 2. Parameters, data collection techniques and data sources

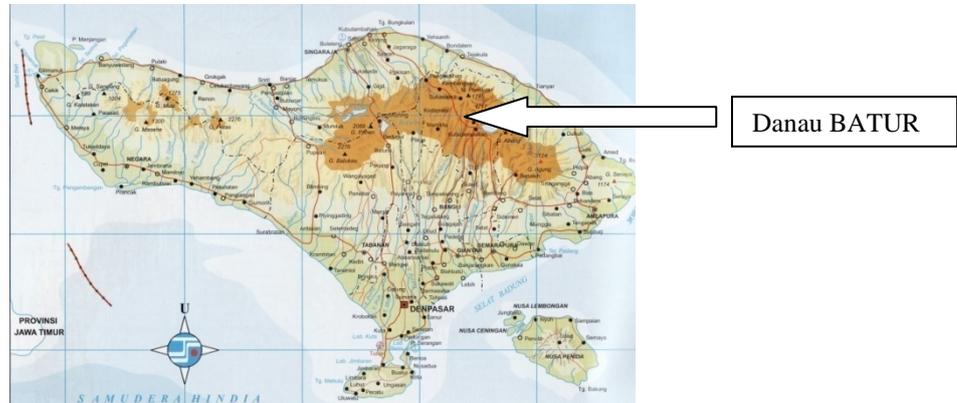
No	Parameter	Teknik pengumpulan data	Sumber data
<i>No.</i>	<i>Parameter</i>	<i>Data collection techniques</i>	<i>Sources of data</i>
1	Kepadatan penduduk geografis dan agraris	Data sekunder	BPS kabupaten/kecamatan
2	Prilaku konservasi tanah	Survei, diskusi kelompok	Masyarakat
3	Hukum adat	Survei, diskusi kelompok	Masyarakat
4	Nilai tradisi	Survei, diskusi kelompok	Masyarakat
5	Ketergantungan penduduk terhadap lahan	Survei	Kepala keluarga
6	Tingkat pendapatan	Data sekunder, survei	BPS Kabupaten/Kecamatan, Kepala Keluarga
7	Kegiatan dasar wilayah	Data sekunder	BPS Kabupaten/Kecamatan
8	Kelembagaan	Survei	Masyarakat

HASIL DAN PEMBAHASAN

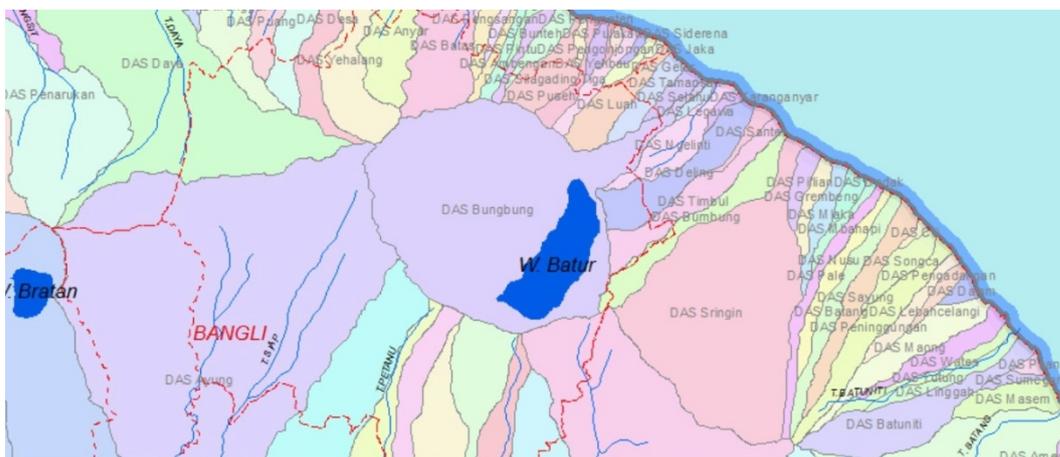
A. Letak Geografis dan Luas Danau

Danau Batur termasuk jenis danau kaldera aktif yang berada pada ketinggian 1.050 meter diatas permukaan laut (dpl). Danau Batur merupakan danau terbesar di Pulau Bali. Secara geografis, Danau Batur terletak pada posisi $115^{\circ} 22' 42,3''$ – $115^{\circ} 25' 33,0''$ Bujur Timur dan $8^{\circ} 13' 24,0''$ – $8^{\circ} 17' 13,3''$ Lintang Selatan. Luas permukaan air danau adalah $16,05 \text{ km}^2$, dengan volume air 815,38 juta m^3 dan kedalaman rata-rata 50,8 m. Air Danau Batur bersumber dari air hujan dan rembesan-rembesan air dari pegunungan sekitarnya dengan luas daerah tangkapan $105,35 \text{ km}^2$. Panjang garis pesisir Danau Batur kurang lebih 21,4 km yang dikelilingi oleh lahan dengan dua topografi yang berbeda, yaitu di bagian barat merupakan dataran rendah yang bergelombang sampai gunung (Gunung Batur dengan ketinggian 1.717 meter dpl) dan di bagian utara, timur dan selatan merupakan daerah perbukitan terjal sampai gunung (Gunung Abang dengan ketinggian 2.172 meter dpl). Kondisi suhu perairan

Danau Batur berkisar $22,8 - 26,60^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif rata-rata tahunannya adalah 87,67 %.



Gambar 1. Pulau Bali



Gambar 2. Lokasi penelitian di DAS Bungbung, Kec.Kintamani, Kabupaten Bangli Bali.

B. Penggunaan Lahan dan penduduk di DAS Bungbung

Penggunaan lahan di DAS Bungbung sebagian besar berupa tegal/huma yang dijadikan lahan pertanian terutama sayuran. Penggunaan lahan per desa disajikan Tabel 3.

Tabel 3. Penggunaan lahan per desa di DAS Bungbung
 Table 3. The use of watershed lands per village in Bungbung

No No.	Desa Village	Luas Wide (Km ²)	Sawah Paddy field	Kebun Farm	Tegal/huma Field (Ha) (Hectare)	Pekarangan Garden	Kuburan Grave	Lainnya Others
1	Kedisan	11.75	0	6	737	23	1	407
2	Buahan	14.23	0	25	528	17	1	852
3	Terunyan	19.63	0	115	972	36	4	836
4	Songan B	11.88	0	65	700	95	3	325
5	Songan A	17.01	0	60	1321	44	0	276
6	Batur Selatan	13.86	0	100	360	22	1	904
7	Batur Tengah	4.74	0	210	215	14	0	35
8	Batur Utara	3.36	0	0	167	9	0	160
9	Kintamani	15.13	0	98	488	40	2	885
Jumlah		111.59	0	679	5488	300	12	4680

Sumber: Kecamatan Kintamani dalam angka (2011)

Sources: District of Kintamani in figures (2011)

Perubahan penggunaan lahan dan kerusakan ekosistem salah satunya dipicu oleh tekanan penduduk. Sumber pendapatan utama masyarakat disekitar Danau Batur adalah dari sektor pertanian dengan tingkat penghasilan rendah. Hanya sebagian kecil yang bergerak di sektor pariwisata maupun perdagangan dengan tingkat penghasilan yang lebih besar (KLH, 2011). Tingkat pendidikan penduduk di Kecamatan Kintamani masih tergolong rendah. Hal ini dicerminkan dari banyaknya anggota masyarakat yang hanya mencapai pendidikan SD (43%), serta penduduk yang tidak tamat SD (23%). Tingkat pendidikan yang rendah berkorelasi positif dengan kemiskinan karena kurangnya wawasan, kreativitas, dan etos kerja. Di samping itu, tingkat pendidikan penduduk yang rendah cenderung lebih sulit memotivasi pola hidup sehat dan melestarikan lingkungan karena mereka masih berkonsentrasi untuk pemenuhan kehidupan pokok. Tabel 4 mendiskripsikan kondisi kependudukan DAS Bungbung yang mempengaruhi kondisi ekosistem Danau batur.

Tabel 4. Penduduk, kepadatan geografis dan agraris DAS Bungbung
 Table 4. Population, density and agricultural watersheds geografis Bungbung

No No	Desa Village	Laki- laki Male (jiwa) (Person)	Perempua n Female (Jiwa) (person)	Jumlah Amount (Jiwa) (Person)	Kepadatan Geografis Density Geographic Density (Jw) (person (person/km2)	KK HH (Jw) (person)	ART Hm (Jw) (person)	Kepadatan Agraris Density agrarian (jw/ha) (Person/ha)
1	Kedisan	858	882	1740	148	662	3	2
2	Buahan	903	819	1722	121	406	4	3
3	Terunyan	1344	1294	2638	134	756	3	3
4	Songan B	3568	3484	7052	594	2276	3	10
5	Songan A	2742	2630	5372	316	1633	3	4
6	Batur Selatan	2479	2700	5179	374	1646	3	14
7	Tengah	1254	1245	2499	527	778	3	12
8	Batur Utara	873	877	1750	521	518	3	10
9	Kintamani	2704	2721	5425	359	1366	4	11
DAS Bungbung		16725	16652	33377	299	10041	3	6

Sumber: Kecamatan Kintamani dalam angka (2011) diolah.

Sources: Analysis District of Kintamani in figures (2011).

Keterangan:

KK = Kepala rumah tangga atau rumah tangga

HH = householder

ART= Anggota rumah tangga

Hm = Household members

C. Permasalahan ekosistem danau Batur

1. Kerusakan Daerah Tangkapan Air (DTA)

Kerusakan DAS karena ilegal logging, kebakaran hutan, erosi dan sedimentasi.

2. Kerusakan Sempadan

Pesatnya pembangunan dan pemukiman penduduk mengurangi fungsi sempadan danau dalam melindungi kelestarian Danau Batur. Okupasi lahan oleh masyarakat dan kegiatan pertanian mencapai bibir danau (indeks pertanaman pertanian pertahun mencapai 300% (IP-300). Selain itu, Penggunaan pestisida yang berlebihan.

3. Pencemaran Perairan

Pencemaran air oleh air limbah dan sampah serta eutrofikasi (kadar fosfat rata-rata 0,053-0,153 ppm) sebagai akibat dari pencemaran pupuk dan pestisida oleh aktivitas pertanian. Selain itu pesatnya perkembangan keramba jaring apung (KJA)

meningkatkan pencemaran dari pakan dan kotoran ikan. Pada musim hujan, air yang turun dari pegunungan membawa kotoran manusia dan ternak yang ada disekitar pemukiman dan bercampur dengan air danau.

4. Sedimentasi

Sedimentasi mengakibatkan meningkatnya laju pendangkalan danau dan disertai pertumbuhan enceng gondok yang mengganggu populasi biota air yang ada di danau. Akibatnya terjadi penurunan kualitas air dan pemanfaatan air danau.

D. Analisis Kerentanan Sosial Ekonomi dan Kelembagaan Danau Batur

Hasil penelitian menunjukkan bahwa **Sidik Cepat Degradasi Daerah Aliran Sungai** dapat dipergunakan untuk memitigasi kerentanan sosial ekonomi kelembagaan pada daerah aliran sungai yang masuk ke Danau Batur (Tabel 5). Hasil analisis terhadap DAS Bungbung yang aliran airnya masuk ke Danau Batur menunjukkan bahwa secara sosial tergolong sedikit rentan (2,4), secara ekonomi agak rentan (3) dan secara kelembagaan tergolong rentan (4). Secara keseluruhan DAS Bungbung tergolong agak rentan (2,8). Penyelesaian masalah kerusakan ekosistem Danau Batur diprioritaskan pada masalah yang memiliki skor tinggi yaitu berurutan kriteria kelembagaan, ekonomi dan sosial.

Tabel 5. Hasil analisis kerentanan sosial ekonomi dan kelembagaan DAS Bungbung Danau Batur

Table 5. The results of the analysis of socio-economic and institutional vulnerability Bungbung watershed of Lake Batur

Kriteria <i>Criteria</i>	Parameter <i>Parameter</i>	Kategori <i>Catagory</i>	Skor <i>Score</i>	Bobot X Skor <i>Weight X Score</i>	
Sosial	Kepadatan penduduk geografis	sedang	3	30	
	Kepadatan penduduk agraris	rendah	1	10	
	Prilaku Konservasi	sedang	3	60	
	Hukum adat	sedang	3	15	
	Nilai tradisional	rendah	1	5	
	Skor sosial			2.4	Sedikit rentan
Ekonomi	Ketertgantungan terhadap lahan	sedang	3	60	
	Tingkat pendapatan	tinggi	1	10	
	Kegiatan dasar wilayah	tinggi	5	50	
	Skor Ekonomi			3	Agak rentan
Kelembagaan	Keberdayaan lembaga informal	sedang	3	15	
	Keberdayaan lembaga formal	tinggi	5	25	
	Skor Kelembagaan			4	Rentan
Total				2.8	Agak rentan

Kriteria sosial tergolong sedikit rentan di Danau Batur (skor 2,4) terutama terkait perilaku konservasi yang belum optimal. Kepadatan penduduk geografis (299 jiwa/km²) tergolong sedang dan kepadatan agraris termasuk rendah (6 orang/ha). Usaha tani sayur yang dilakukan kurang memperhatikan konservasi tanah. Masyarakat tahu manfaat konservasi tanah dan air, teknik dan pelaksanaannya tetapi mereka tidak melaksanakannya. Kondisi ini dikarenakan meskipun tidak dilakukan konservasi tanah kesuburan lahan tetap karena input pupuk yang tinggi (seperti menanam dalam pot batu). Lahan yang sangat miring dan berbatu masih digunakan untuk tanaman semusim sehingga dari segi perilaku konservasi memiliki kerentanan yang agak tinggi.

Budaya hukum adat tidak ada yang secara langsung berkaitan dengan konservasi tanah dan air. Namun apabila masyarakat merusak atau mengebom ikan maka akan ditegur oleh ketua adat atau orang lain (kategori sedang). Nilai tradisional yang spesifik pada konservasi tanah sudah tidak ada sehingga kerentanannya tinggi. Awiq-awiq kelestarian hutan tidak ada karena aturan pemerintah sudah jelas, artinya masyarakat mengikuti aturan atau undang-undang dari pemerintah.

Filosofi yang melandasi organisasi tradisional masyarakat Bali adalah Tri Hita Karana (Sudaratmaja *et.al.*, 2004). Ajaran ini merupakan kearifan lokal masyarakat yang bertumpu pada konsep keserasian hubungan antara manusia dengan Tuhannya (moral dan mental), keserasian hubungan antar sesama manusia (pengabdian), dan keselarasan hubungan antara manusia dengan alam lingkungannya (kepedulian).

Solidaritas sosial masyarakat Bali sangat erat terkait dengan sanggah-nya atau kelompok doa atau tempat sembahyangnya. Walau berjauhan letak rumahnya tetapi bila masih masuk dalam sanggahnya atau puranya, maka keluarga tersebut merupakan satu keluarga dan saling membantu mulai dari keperluan sembahyang sampai gotongroyong membersihkan atau membangun puranya. Namun untuk konservasi lingkungan tidak umum dilakukan.

Budaya Bali memungkinkan wanita bekerja disemua sektor, mulai dari menari untuk doa di pura, pentas tari di hotel-hotel sampai buruh tani di ladang yang berdebu. Sementara itu, lelaki setelah selesai mengerjakan lahan, menanam tanaman, dan memelihara tanaman, kemudian mereka bersantai menunggu panen. Warisan orang tua jatuh ke anak laki-laki, anak wanita tidak mendapat warisan orang tuanya. Mereka ikut suaminya yang memiliki warisan dari orang tua pihak laki-laki. Kedudukan wanita

lemah, hanya ikut suami. Padahal wanita dapat berperan penting dalam konservasi ekosistem danau dan DAS.

Secara ekonomi DAS Bungbung dan Danau Batur tergolong agak rentan (skor 3). Kondisi ini karena dominannya sektor pertanian pada kehidupan masyarakat. Para petani mengolah lahan di tepi danau Batur dan bukit berbatu yang curam merupakan satu cara untuk mempertahankan hidup yang didasari kepada pendapat Weber (1974), bahwa kehidupan harus disiasati dengan etos kerja. Etos kerja yang merubah nasib dan potret sosial. Marx (1971) menyebutnya sebagai usaha perjuangan kelas dari ketidakadilan dunia sosial, baik yang tercipta secara natural maupun sengaja diciptakan.

Mata pencaharian utama masyarakat adalah sebagai petani, pemilik maupun penggarap, dengan pendapatan rata-rata Rp 38.989.000 per tahun per keluarga. Apabila setiap keluarga terdapat 5 orang maka pendapatan per kapita per bulan sebesar Rp649.800 yang lebih besar dibandingkan dengan standar garis kemiskinan sebesar Rp153.000/kap/bulan sehingga tidak rentan. Ketergantungan masyarakat terhadap lahan cukup tinggi sebesar 74,38% (kategori sedang) dan sebagian besar tenaga kerja bekerja dipertanian sehingga sektor pertanian menjadi basis ekonomi yang ditunjukkan dengan nilai LQ lebih besar daripada satu (kategori tinggi). Kondisi ini akan membuat kerusakan pada ekosistem Danau Batur.

Salah satu upaya menekan kerusakan danau Batur adalah mencari alternatif mata pencaharian bagi masyarakat sekitarnya agar tidak merusak lingkungan sekitarnya. Mata pencaharian yang tepat antara lain dengan mengembangkan ekonomi kreatif, seperti mengembangkan kerajinan bambu dan wisata. Masyarakat diharapkan terdorong untuk menanam bambu yang merupakan tanaman dengan kekuatan mengikat air. Kegiatan lainnya adalah mengabungkan wisata dengan konservasi seperti melakukan penanaman pohon penghijauan yang diberi nama sesuai si penanamnya (1 wisatawan menanam minimal 1 pohon) dan ikut serta melepaskan bibit ikan ke Danau Batur.

Usaha tani yang dilakukan masyarakat di DAS Bungbung dan sekitar Danau batur berupa sayuran antara lain bawang merah (Bawang Probo), tomat (Idola), cabe (Hot Chili) dan kubis/kol yang diusahakan secara diversifikasi. Petani dalam budidaya sayuran memanfaatkan sumber air danau dan air hujan. Petani disekitar danau merubah teknologi pengairannya yang semula secara tradisional (dengan timba) menjadi menggunakan teknologi pompa. Pompa air digunakan untuk menarik air danau ke lahan petani sampai 500 meter (batas maksimal pompa air) dan untuk dataran tinggi tetap

menggunakan air hujan (Wahyuni, 2007). Tanpa pompa petani hanya sanggup menyiram untuk 150 m² lahan yang berjarak kurang dari 50 meter dari tepi danau. Penggunaan pompa berpengaruh nyata terhadap penggunaan tenaga kerja dan produktivitas tenaga kerja dalam usaha tani sayuran. Petani dengan menggunakan pompa dapat memproduksi tiga kali dalam setahun sedangkan dengan air hujan hanya dua kali tanam dalam setahun. Pemasaran sayuran dilakukan oleh petani secara individual dengan menghubungi pengepul untuk mengambil hasil produksi dan sering pula pengepul yang langsung datang ke petani tanpa ada pemberitahuan dari petani.

Analisis kerentanan secara kelembagaan menunjukkan bahwa DAS Bungbung rentan (Skor 4) terutama karena tidak berperannya secara optimal lembaga formal dan informal. Kelembagaan informal ada tetapi belum berperan pada konservasi lahan dan belum melembaga, masyarakat tahu tentang pentingnya konservasi tanah tetapi belum melakukan sepenuhnya. Sedangkan lembaga formal seperti desa belum mendukung tentang konservasi tanah sehingga tingkat kerentanannya tinggi. Kelompok yang bergerak dibidang kehutanan pada saat penelitian sudah tidak aktif lagi, namun pengurus dan anggotanya masih dapat ditemui. Saat ini anggota kelompok kehutanan mempunyai tugas membantu menjaga kelestarian hutan dengan cara ikut memadamkan api bila terjadi kebakaran hutan dan dilarang menebang pohon. Untuk itu perlu pengembangan kelembagaan melalui pengembangan organisasi, nilai-nilai, dan aturan main (North, 1991; Kartodiharjo, 2000; Marut, 2000) dan kognitif masyarakat (Scott, 1995) tentang konservasi tanah dan air.

KESIMPULAN

1. Sidik Cepat Degradasi Daerah Aliran Sungai dapat dipergunakan untuk memitigasi kerentanan sosial ekonomi kelembagaan pada daerah aliran sungai yang masuk ke Danau Batur.
2. Hasil analisis terhadap DAS Bungbung menunjukkan bahwa secara sosial tergolong sedikit rentan (2,4), secara ekonomi agak rentan (3) dan secara kelembagaan tergolong rentan (4). Secara keseluruhan DAS Bungbung tergolong agak rentan (2,8). Penyelesaian masalah kerusakan ekosistem Danau Batur secara sosial ekonomi kelembagaan dilakukan terutama pada aspek yang memiliki kerentanan: kelembagaan, ekonomi kemudian sosial.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Bapak Nyoman Ardana, S.Pd kepala dusun Toyabungkah, Batur, Bali.

DAFTAR PUSTAKA

- Chrimadha, T. dan Lukman. 2008. Struktur komunitas dan biomassa fitoplankton Danau Limboto, Sulawesi. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 15(2): 87-98.
- Conell, D. W. dan Miller, G.J., 1995, *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, UI.Press., Jakarta.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air; Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan ke-5. Kanisius. Yogyakarta.
- Irianto, E.W., A. Yuasa, P. Sudjono, dan A. Heriansyah. 2005. Application of AHP-GIS Method to Identify Potential Polluting Areas in the Upper Citarum River Basin. *Proceedings of International Symposium on Ecohydrology*. Bali, 21 – 26 November 2005. 251 – 254.
- Kartamihardja, E.S. 2006. Status Lingkungan Perairan Umum Daratan sebagai Habitat Perikanan di Indonesia. Makalah dipresentasikan pada 'Forum Diskusi Limnologi di Jakarta, tanggal 6 Desember 2006.
- Kartodihardjo, H. 2000. Kajian Institusi Pengelolaan DAS dan Konservasi Tanah. Kelompok Pengkajian Pengelolaan Sumberdaya Berkelanjutan (K3SB). Bogor.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2011. *Profil 15 Danau Prioritas Nasional*. Jakarta.
- Lukman, T. Suryono, T. Chrimadha, M. Fakhruddin, dan J. Sudarso. 2008. Struktur komunitas biota bentik dan kaitannya dengan karakteristik sedimen di Danau Limboto, Sulawesi. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 34(3): 479-494.
- Marx, K. 1971. *Economy, Class and Social revolution*. Essay diedit oleh Z.A Jordan. Michael Joseph. London.
- Marut, D.K. 2000. Penguatan Institusi Lokal dalam Rangka Otonomi Daerah. *Wacana. Jurnal Ilmu Sosial Transformatif*. Edisi 5 Tahun II: 54-73.
- North, D.C. 1991. *Institutions: Institutional Change and Economic Performance, Political Economy of Institutions and Decisions*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Paimin, Sukresno dan Purwanto. 2010. *Sidik Cepat Degrasi Sub Daerah Aliran Sungai*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.

- Prihantini, N.B., W.Wardhana, A. Widhyawan, dan R. Rianto. 2006. Pengamatan Komunitas Cyabobakteria di Beberapa Situ dan Sungai di Jakarta dan Depok, Indonesia. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 13 (1): 9 – 17.
- Scott, R. 1995. *Institutions and Organizations*. Sage Publication: An International and Profesional Publisher. Thousand Oaks, London-New Delhi.
- Sudaratmaja, IGAK, IW.Suyasa, IGK.Dana Arsana. 2004. Isyarat Weda dan Kearifan Lokal dalam Sisitem Integrasi Tanaman – Ternak. *Prosiding seminar*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Sulawesi, F dan Lukman. 2009. Komunitas Fitoplankton Danau Paparan Banjir, Kalimantan Timur. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 16(2): 99 – 108.
- Thomas, R., M. Meybeck, dan A. Beim. 1992. *Water Quality Assessments- A Guide to Use Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. 2nd ed. UNESCO/WHO/UNEP.
- Wahyuni, L.M. 2007. Pengaruh irigasi pompa terhadap penggunaan dan produktivitas tenaga kerja pada usahatani sayuran di Kecamatan Kintamani. *Jurnal Bisnis dan Kewirausahaan*, vol 3 No 2: 113—122.
- Weber, M. 1974. *The Protestant Ethic and the Sprit of Capitalism*. Scribners. New York.
- Yoga, G.P., Y.Sударso, T.Suryono. 2005. Sediment Toxicity of Cascade Sistem Reservoirs in Citarum River. *Proceedings of International Symposium on Ecohydrology*. Bali, 21 – 26 November 2005. 51 – 57.

Lampiran 1. Formulasi Kerentanan Sosial Ekonomi dan Kelembagaan

KRITERIA	PARAMETER	BESARAN	KATEGORI	SKOR
SOSIAL (50%)	Kepadatan Penduduk: Geografis (10%)	< 250 jiwa/km ²	Rendah	1
		250-400 jiwa/km ²	Sedang	3
		> 400 jiwa/km ²	Tinggi	5
	Kepadatan Penduduk: Agraris (10%)	> 0,05 ha (kepadatan agraris <20 orang/ha)	Rendah	1
		0,025- 0,05 ha	Sedang	3
		< 0,025 ha (kepadatan agraris > 40 orang/ha)	Tinggi	5
Budaya : Perilaku/tingkah laku konservasi (20%)	- Konservasi telah melebaga dalam masyarakat (masyarakat tahu manfaat konservasi, tahu tekniknya dan melaksanakan)	Rendah	1	
	- Masyarakat tahu konservasi tetapi tidak melakukan	Sedang	3	
	- Tidak tahu dan tidak melakukan konservasi	Tinggi	5	
Budaya : Hukum Adat (5%)	- Adat istiadat (<i>custom</i>) Pelanggar dikucilkan	Rendah	1	
	- Kebiasaan (<i>folkways</i>) Pelanggar didenda dengan pesta adat.	Agak Rendah	2	
	- Tata kelakuan (<i>Mores</i>) Pelanggar biasanya ditegur ketua adat/orang lain	Sedang	3	
	- Cara (<i>usage</i>) pelanggar dicemooh	Agak Tinggi	4	
	- Tidaka ada hukuman	Tinggi	5	
Nilai Tradisional (5%)	- Ada	Rendah	1	
	- Tidak ada	Tinggi	5	
EKONOMI (40%)	Ketergantungan terhadap lahan (20%)	<50%	Tinggi	1
		50 – 75%	Sedang	3
		>75%	Rendah	5

	Tingkat Pendapatan (10%)	>1,5 standar kemiskinan (SK) 1,26-1,5 SK 1,1-1,25 SK 0,67 – 1 SK <0,67 SK	Tinggi Agak tinggi Sedang Agak rendah Rendah	1 2 3 4 5
	Kegiatan Dasar Wilayah (10%)	LQ < 1 LQ = 1 LQ > 1	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5
Kelembagaan (10%)	Keberdayaan kelembagaan informal pada konservasi (5%)	-Ada dan berperan -Ada tetapi tidak berperan -Tidak berperan	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5
	Keberdayaan lembaga formal pada konservasi (5%)	Sangat berperan Cukup berperan Tidak berperan	Rendah Sedang Tinggi	1 3 5

STUDI PENGEMBANGAN PEMANFAATAN DANAU RAWADANAU DI PROVINSI BANTEN UNTUK BUDIDAYA PERIKANAN DAN EKOWISATA

Rostika, R.¹, Avenzora, R.², Masyamsir¹, Yustiati, A.¹

¹Program Studi Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Unpad, Bandung

²Program Studi Konservasi sumberdaya Hutan dan Ekowisata,

Fakultas Kehutanan, IPB,

Email korespondensi : ritarostika_unpad@yahoo.com

ABSTRAK

Sejalan dengan munculnya berbagai masalah ekosistem yang serius pada berbagai danau di Indonesia, maka Kesepakatan Bali (2009) telah menetapkan 14 Danau Prioritas Nasional; salah satunya adalah Danau Rawa Danau di Kabupaten Serang Provinsi Banten. Berkaitan dengan itu, maka suatu studi yang bertujuan untuk mencari pola pengelolaan dan pemanfaatann yang berkelanjutan di Danau Rawa Danau telah dilakukan sejak Februari 2012; dimana paper ini adalah merupakan hasil awal dari studi tersebut. Dalam aspek kualitas perairan, maka penelitian telah dilakukan dengan menggunakan metoda pengambilan sampel air yang diukur secara komposit; dan pada setiap titik diambil pada 2 kedalaman yang berbeda. Pengambilan data sampel air dilakukan pada bulan Mei 2012, pada 3 titik yaitu Stasiun I (merupakan inlet perairan), Stasiun II (merupakan outlet perairan), dan Stasiun III (merupakan bagian tengah perairan). Bersamaan dengan itu, suatu penilaian potensi ekowisata yang dimiliki Danau Rawa Danau juga telah dilakukan dengan menggunakan Avenzora (2008). Hasil penelitian menunjukkan kadar Oksigen terlarut, BOD, pH, ammonia, nitrit dan nitrat, di ketiga stasiun berturut turut adalah 8.1 – 8.9 ppm; 8,43 – 16.83 ppm; 6 – 7; 0,48 – 1,43 ppm; 0,0 ppm dan 0 – 2.5 ppm. Sedangkan suhu, transparansi dan kekeruhan di ketiga stasiun berturut turut adalah 26° C – 27° C, 40 – 60 cm, dan 19.73 – 37.74 NTU. Dengan kondisi ini maka dapat dilakukan berbagai kegiatan budidaya ikan air tawar, yaitu 1 periode dalam setahun ; sejalan dengan kondisi ketersediaan air yang hanya tersedia pada bulan tertentu saja. Selain itu, penilaian terhadap berbagai potensi alam dan budaya juga menunjukan skor rata-rata 5.1; yang berarti juga sangat potensial untuk dimanfaatkan bagi pembangunan dan pengembangan eco-limno tourism. Pembangunan eco-limno tourism di wilayah ini dipercaya akan meningkatkan manfaat berganda bagi ekologi, sosial budaya dan ekonomi secara berkelanjutan. Untuk itu, maka suatu perubahan status dan fungsi kawasan Cagar Alam menjadi Kawasan Lindung adalah perlu dilakukan.

Kata kunci : rawadanau, kualitas perairan, budidaya ikan, ekowisata

PENDAHULUAN

Rawa Danau merupakan suatu cagar alam yang terletak di Kabupaten Serang Provinsi Banten, yang secara geografis terletak pada 6°12' – 6°19' S, 105°25' – 105 °58' E dengan elevasi 90 meter. Danau ini memiliki luas 2500 Ha dengan luas lahan basahnya 1860 Ha pada ketinggian 623 m dpl. Rawa Danau ini merupakan danau hutan gambut yang masih alami. Sebagian besar permukaan danau tersebut ditutupi oleh vegetasi yang mengapung. Lima belas buah sungai kecil yang menjadi inlet danau tersebut merupakan aliran dari air pegunungan dengan 1 buah outlet yang bernama

sungai Cidanau dengan aliran yang berbentuk air terjun dengan ketinggian 12 meter (Curug Betung).

Sumber air Danau Rawadanau adalah Sungai Cidanau yang merupakan Sungai yang cukup besar di Kabupaten Serang. Sungai Cidanau mengalir dari lereng Gunung Karang melalui berapa anak sungai masuk ke Danau Rawadanau, dan membentuk pola aliran rectangular, sungai ini mengalir ke arah Barat dan bermuara di Selat Sunda.

Saat ini fungsi Danau Rawa Danau hanya terbatas sebagai sumber air baku bagi perindustrian, padahal seharusnya danau ini dapat berperan lebih, diantaranya dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, wisata, irigasi, dan budidaya perikanan. Namun, daya dukungnya terus menyusut drastis akibat pola pembangunan dan pengelolaan yang mengabaikan fungsi penting dan daya tampungnya. Oleh sebab itu pada Kesepakatan Bali (2009) telah ditetapkan danau ini sebagai salah satu dari 15 Danau Prioritas Indonesia (periode 2010 – 2014). Kesepakatan tersebut dideklarasikan atas keprihatinan kondisi ekosistem danau di Indonesia yang semakin terancam akibat kerusakan dan pencemaran lingkungan pada daerah tangkapan air (DTA) hingga perairan dananya.

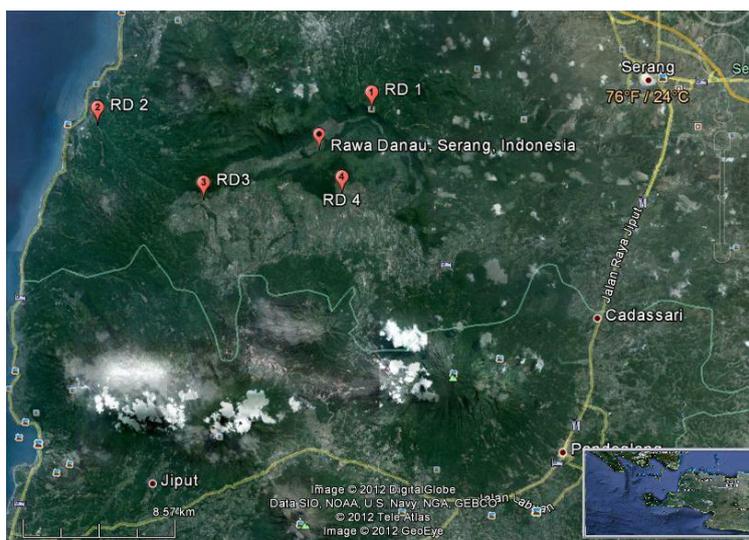
Penyelamatan danau tersebut ditujukan untuk memulihkan, melestarikan dan mempertahankan fungsi danau berdasarkan prinsip keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungannya melalui 7 program yaitu: (1) pengelolaan ekosistem danau; (2) pemanfaatan sumber daya air danau; (3) pengembangan sistem monitoring, evaluasi dan informasi danau; (4) penyiapan langkah-langkah adaptasi dan mitigasi perubahan iklim terhadap danau; (5) pengembangan kapasitas, kelembagaan dan koordinasi; (6) peningkatan peran masyarakat; dan (7) pendanaan berkelanjutan.

Budidaya perikanan dan ekowisata memiliki potensi dan peluang usaha yang memberikan keuntungan, selain finansial juga berdampak terhadap pembangunan daerah, antara lain pertumbuhan ekonomi, penyerapan tenaga kerja, pendapatan daerah (PAD), devisa negara, pemanfaatan lahan dan memacu perkembangan sektor lain seperti pemukiman dan investasi.

Dalam rangka mencapai ke arah tersebut maka disusunlah “Studi Pengembangan Pemanfaatan Danau Rawadanau Di Provinsi Banten Untuk Budidaya Perikanan Dan Ekowisata” yang bertujuan untuk meneliti sejauh mana danau ini bermanfaat sebagai lokasi budidaya perikanan dan ekowisata.

BAHAN DAN METODE

Data primer yang diobservasi adalah sampel air yang diukur diambil secara komposit pada badan air, dan pada setiap titik diambil di 2 kedalaman yang berbeda. Pengambilan data sampel air diambil pada 3 titik yaitu Stasiun I (merupakan inlet perairan), Stasiun II (merupakan outlet perairan), dan Stasiun III (merupakan bagian tengah perairan). Lokasi titik sampe studi dapat di lihat pada Gambar 1.



Keterangan : RD1 : Cagar Alam, RD2 : Outlet, RD3: Inlet, RD 4 Badan Air

Gambar 1. Peta Danau Rawa Danau, Kabupaten Serang, Provinsi Banten

Data kualitas air yang diukur adalah DO, BOD, Kekeruhan, suhu, pH, Ammonia, Nitrat, Nitrit dan Kecerahan. Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan metoda komparatif (membandingkan). Data hasil analisis kualitas air Danau Rawa Danau dibandingkan dengan kualitas air untuk ikan air tawar unggulan (ikan mas, nila dan lele) berdasarkan Standar Nasional Indonesia Untuk Ikan Mas (1999), untuk Ikan Nila (1999) dan untuk Ikan Lele (2000).

Potensi ekowisata di wilayah studi telah dievaluasi dengan menggunakan Metoda Avenzora (2008). Metoda ini mengevaluasi potensi ekowisata atas 7 kriteria, yaitu keindahan, keunikan, kelangkaan, aksesibilitas, seasonalitas, fungsi sosial dan sensitifitas. Penilaian dilakukan dengan menggunakan skor 1 sampai dengan 7 sesuai dengan kriteria dan indikator dari setiap kriteria; dimana skor 1 adalah merepresentasikan nilai yang sangat rendah, berturut-turut hingga skor 7 yang merepresentasikan nilai yang sangat tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air. Danau Rawa Danau Pada keadaan normal berfungsi sebagai tempat terjadinya proses purifikasi dan sedimentation reservoir untuk Sungai Cidanau, tetapi dikarenakan penurunan curah hujan (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2011) air di Rawa Danau tidak dapat tersirkulasikan dengan baik maka proses purifikasi nitrogen dan sedimentasi di reservoir tidak terjadi. Hal ini mengakibatkan kandungan nitrogen dan zat organik didalam air menumpuk di Rawa Danau saat musim kemarau dan di keluarkan pada saat musim hujan, berakibat memburuknya kualitas air Sungai Cidanau secara drastis. Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa agar kualitas dan kuantitas air di Sungai Cidanau terjaga dibutuhkan suatu besaran debit yang konstan mengalir dari Rawa Danau dan hal ini dapat dicapai dengan memperbaiki kondisi DAS Cidanau. DAS Cidanau dikelilingi oleh pegunungan di sebelah barat laut dan di sebelah tenggara. Lebih dari 39% dari daerah DAS Cidanau merupakan dataran. Tabel 1 berikut menggambarkan Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) dari DAS Cidanau.

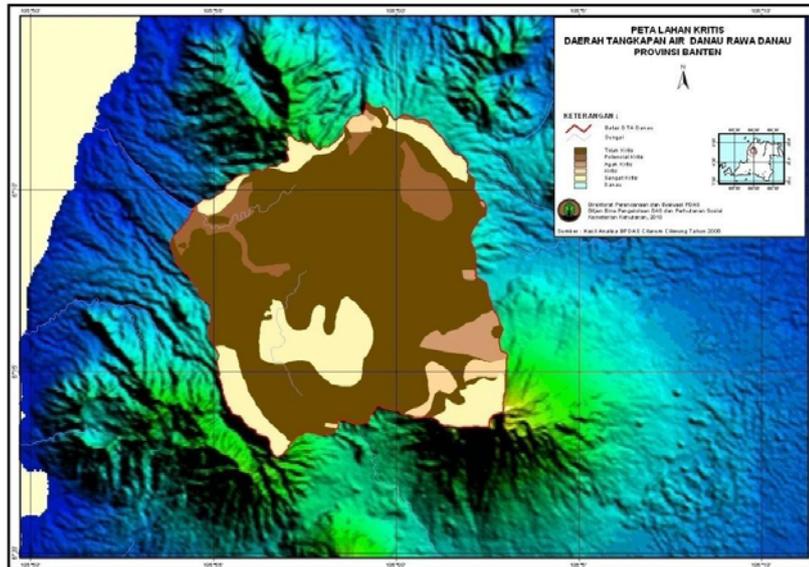
Tabel 1. DAS Cidanau, Sub DAS dan luasannya

Sub DAS	Luas (Ha)
Cikakalumpay	7.831
Cisaat	4.900
Cisawarna	4.579
Cibojong	2.960
Cihoreang	1.040
Cicangkadan	1.310
Total	22.620

Sumber : Rencana Strategis Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil Kabupaten Serang 2011-2030

Dari Peta Lahan Kritis di Daerah Tangkapan Air di Danau Rawa Danau pada Gambar 2 menunjukkan bahwa lahan kritis dan potensial kritis mencapai lebih dari 30 % dari luas lahan yang ada. Berdasarkan pengamatan peneliti, pada saat ini Danau Rawa Danau mengalami fluktuasi debit sungai Cidanau antara musim penghujan dan musim kemarau yang cukup parah (Gambar 3) bahkan hasil kajian Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2011), dalam tigabelas tahun terakhir ini cenderung meningkat, dan rasionya bisa mencapai 111 : 1. Rata-rata debit air sungai Cidanau

dari tahun ke tahun cenderung menurun, hal ini disebabkan karena adanya erosi dan pendangkalan disekitar daerah alur sungai Cidanau.



Gambar 2. Peta Lahan Kritis Di Daerah Tangkapan Air Danau Rawa Danau Provinsi Banten (BPDAS, 2010 dalam KNLH, 2011)



Gambar 3. Tanda Bekas Batas Rendaman Air Pada Tiang Listrik Di Tepi Genangan Rawadanau

Hasil pengukuran kualitas air di badan air Danau Rawa Danau pada inlet, outlet dan badan air danau yang masih ada genangan air, terdapat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Air Pada 3 Stasiun Di 2 Kedalaman Yang Berbeda Danau Rawa Danau Kabupaten Serang Provinsi Banten

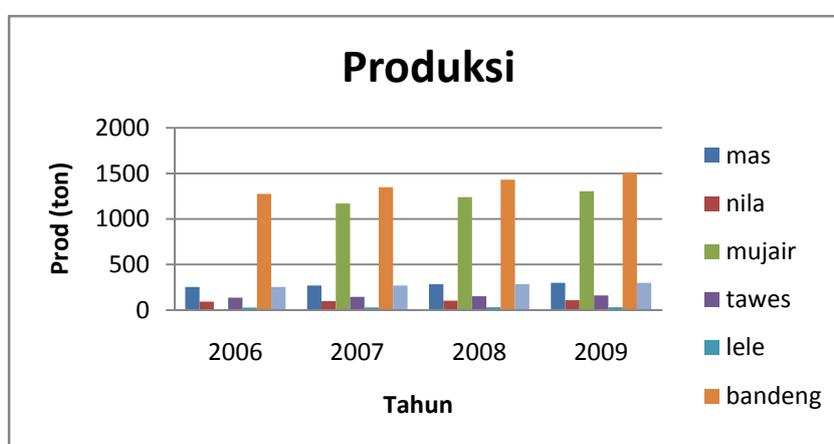
No	Parameter	Inlet Danau		Danau		Outlet Danau	
		permukaan	1 m	permukaan	1 m	permukaan	1 m
1	DO (ppm)	8.1	8.2	8.2	8.8	8,7	8,9
2	BOD (mg/L)	13.38	14.37	10.89	16.83	17.31	8.43
3	Kekeruhan (NTU)	37.74	33.51	28.78	28.60	33.06	19.73
4	Suhu	26	26	27	26	27	26
5	pH	6.5	6.5	7	6	6	6
6	Ammonia (mg/L)	1.429	1.381	0.524	0.476	1.238	1.286
7	Nitrat (ppm)	0	0	2.5	2.5	2.5	2.5
8	Nitrit (ppm)	0	0	0	0	0	0
9	Kecerahan (cm)	40		66		50	
9	Kecerahan (cm)			66		40	

Hasil penelitian menunjukkan kisaran kadar Oksigen terlarut, BOD, pH, ammonia, nitrit dan nitrat, di ketiga stasiun berturut turut adalah 8.1 – 8.9 ppm; 8,43 – 16.83 ppm; 6 – 7, 0,48 – 1,43 ppm; 0,0 ppm dan 0 – 2,5 ppm. Sedangkan suhu, transparansi dan kekeruhan di ketiga stasiun berturut turut adalah 26° C – 27° C, 40 – 60 cm, dan 19,73 – 37,74 NTU. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia yang terdapat pada Lampiran B 1, B2 dan B3 menunjukkan bahwa dengan kondisi ini dapat dilakukan berbagai kegiatan budidaya ikan air tawar baik ikan mas, nila maupun lele, di kolam di kedalaman 1- 2 meter ataupun di KJA di kedalaman 2 – 5 meter, namun ketersediaan air hanya bulan tertentu saja, maka hanya dapat dilakukan 1 atau 2 periode pendederan yang berlangsung masing masing hanya 20 hari.

Berdasarkan data produksi ikan budidaya di Kabupaten Serang dari tahun 2006 – 2009 terlihat adanya peningkatan dari jumlah produksi dan nilai produksinya (Tabel 3 dan Gambar 4).

Tabel 3. Jumlah Produksi dan Nilai Produksi Perikanan Budidaya Kabupaten Serang

no	jenis	2006		2007		2008		2009	
		Prod (ton)	Nilai (Rp)						
1	Mas	254	2.540.000	269	269.000	284	2842900	299.11	4.558.312
2	Nila	93	697.500	98	735.000	104	777075	109.04	141.262
3	Mujair	1.107	8.302.500	1170	8.775.000	1240	9299.550	1304.94	12.374.600
4	Tawes	137	1.027.500	145	1.087.500	153	1149225	161.22	1.477.502
5	Lele	28	252.000	29	261.00	31	276.030	32.28	387.341
6	Bandeng	1,275	12.750.000	1349	13.490	1430	14.296.000	1504.5	21.786.990
7	Blanak	254	2.286.000	269	2.421.000	285	2.565.720	300.02	2,923.013



Gambar 4. Produksi (Ton) Ikan Air Tawar Dan Payau Di Kabupaten Serang

Potensi Ekowisata. Hasil evaluasi potensi ekowisata menunjukkan bahwa rata-rata skor dari setiap kriteria adalah 5,1; yang berarti “agak tinggi”. Perlu diingat bahwa nilai skor tersebut adalah masih dalam kondisi natural, dalam arti belum mendapat sentuhan manajemen apapun; sehingga dengan demikian sangat potensial untuk menjadi lebih tinggi ketika telah mendapatkan sentuhan manajemen. Gambaran nilai potensi ekowisata pada Danau Rawa Danau tersebut adalah seperti tertera pada Tabel 4.

Sejalan dengan relatif tingginya potensi ekonomi yang terdapat di areal Danau Rawa Danau ini, maka kiranya perlu suatu usaha untuk merubah fungsi kawasan dari Kawasan Konservasi menjadi Kawasan Lindung. Meskipun penetapan areal Danau rawa Danau ini sebagai Cagar Alam awalnya adalah memenuhi kriteria suatu Cagar Alam sebagaimana dinyatakan dalam Pasal 23 KEPRES No. 32 tahun 1990, namun

kenyaataan yang ada selama ini menunjukkan bahwa pengelolaan danau tersebut sebagai suatu Cagar Alam adalah telah menjadikan munculnya pola pengelolaan yang bersifat “zero-management” yang berujung pada terus terdegradasinya kualitas ekosistem kawasan dari tahun ke tahun; yaitu sejalan dengan terbatasnya tindakan manajemen yang diperbolehkan dalam pengelolaan Cagar Alam dan terbatasnya dana pemerintah dalam melakukan pencegahan terhadap berbagai hal yang menekan status dan fungsi kawasan.

Tabel 4. Rata-rata Skor Potensi Ekowisata di Danau Rawa Danau

No.	Elemen Ekowisata	Skor Kriteria							Rata-rata
		A	B	C	D	E	F	G	
1.	Flora	4	3	4	5	4	6	4	4.5
2.	Fauna	4	4	4	5	4	6	4	4.7
3.	Bentang Alam	5	5	4	6	5	5	5	5
4.	Sosial-Budaya	6	6	4	6	6	6	5	5.9
Rata-rata		4.8	4.5	4	5.5	4.8	5.6	4.8	5.1

Catatan : A= Keindahan; B= Keunikan; C= Kelangkaan; D= Aksesibilitas;

E = Seasonalitas; F = Fungsi Sosial dan G = Sensitifitas

Skor 1 = sangat rendah; Skor 2= rendah; Skor 3 = agak rendah; Skor 4 = sedang;

Skor 5 = agak tinggi; Skor 6 = tinggi; Skor 7 = sangat tinggi.

Pasal 23 KEPRES No. 32 tahun 1990 menyatakan bahwa suatu cagar alam ditunjuk dan ditetapkan dengan kriteria: (a) mempunyai keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa dan tipe ekosistemnya, (b) mewakili formasi biota tertentu dan/atau unit-unit penyusun, (c) mempunyai kondisi alam baik biota maupun fisiknya yang masih asli dan tidak atau belum diganggu manusia, (d) mempunyai luas dan bentuk tertentu agar menunjang pengelolaan yang efektif dengan daerah penyangga yang cukup luas, (e) mempunyai ciri khas dan dapat merupakan satu-satunya contoh di suatu daerah serta keberadaannya memerlukan upaya konservasi. Meskipun saat ini sebagian besar kriteria tersebut masih bisa terpenuhi di Danau Rawa Danau, namun tingginya aktifitas sosial-ekonomi masyarakat disekitar danau telah menyebabkan timbulnya tekanan fisik dan ekologi yang mengganggu keberlanjutan ekosistem danau tersebut. Degradasi kawasan hutan pada areal hulu sungai yang mengalir ke danau ini telah mengindikasikan tingginya endapan erosi yang menimbulkan pendangkalan pada danau serta berubahnya komposisi dan struktur vegetasi pada danau. Sedangkan aktifitas ekonomi (pertanian) yang bersifat ilegal disekeliling danau juga mengindikasikan telah semakin cepatnya proses penyempitan luas badan air danau.

Sejalan dengan adanya tiga Fungsi Pokok Hutan di dalam Undang-undang No. 41 tahun 1999 – yaitu Hutan Konservasi, Hutan Lindung dan Hutan Produksi – maka sebaiknya fungsi pokok kawasan ini diubah dari Cagar Alam (Fungsi Konservasi) menjadi Hutan Lindung. Perubahan fungsi pokok kawasan hutan ini adalah bertujuan untuk menciptakan ruang manajemen yang memadai sesuai dengan kebutuhan pembangunan berkelanjutan dari Danau Rawa Danau ini. Usulan perubahan fungsi pokok kawasan hutan tersebut dapat diajukan oleh Bupati kepada Menteri Kehutanan RI.

KESIMPULAN

Mengamati berbagai kondisi ekologi yang ada saat ini di Danau Rawa Danau maka suatu proses penyelamatan Danau Rawa Danau perlu untuk segera dilakukan. Sejalan dengan tingginya kebutuhan masyarakat terhadap berbagai produk dan jasa lingkungan yang dihasilkan oleh danau tersebut, maka pola penyelamatan ekosistem danau tersebut perlu dilakukan dengan menerapkan pola pengelolaan berbasiskan masyarakat.

Dalam konteks perikanan budidaya, badan air dari Danau Rawa Danau tersebut sangat potensial untuk dijadikan sebagai ruang pemberdayaan ekonomi masyarakat berupa budidaya perikanan air tawar tahap pendederan untuk ikan mas, nila dan lele. Sedangkan untuk memenuhi kebutuhan rekreasi masyarakat, maka badan air dan berbagai daerah riparian yang ada di sekeliling danau dapat dijadikan sebagai tapak ekowisata bagi berbagai bentuk kegiatan eco-limno-tourism. Untuk mewujudkan suatu pola pengelolaan yang lebih berkelanjutan dengan manfaat yang lebih berganda tersebut maka status kawasan Danau Rawa Danau perlu untuk diusulkan dirubah dari Cagar Alam menjadi Hutan Lindung; yang dimungkinkan oleh Undang-undang No. 41 tahun 1999.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran, Kepala Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Banten dan Kepala Dinas Budaya dan Pariwisata Provinsi Banten.

DAFTAR PUSTAKA

- Avenzora, R. 2008. Ekoturisme: Terori dan Praktek. BRR NAD-Nias. ISBN :978-979-25-2223-5.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2011. Profil 15 Danau Prioritas Nasional.
- Dhahiyat, Y. 2011. Ekologi Perairan. Buku Ajar. Unpad Press
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Produksi benih ikan lele dumbu (*Clarias gariepinus x C.fuscus*) kelas benih sebar. No SNI : 01- 6484.4 – 2000
- Standar Nasional Indonesia. 1999. Produksi Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio Linneaus*). No SNI: 01.6133.1999
- Standar Nasional Indonesia. 2000. Produksi Benih Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus Bleeker*) kelas benih sebar. No SNI : 01- 6141 – 1999
- Anonymous. 2010. Rencana Strategis Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Kabupaten Serang 2011-2030

Lampiran 1



Gambar Atas Kanan : Pengambilan contoh air di kedalaman 1 meter

Gambar Atas Kiri : pengumpulan sampel air

Gambar Bawah Kanan: Aktifitas Penduduk Sekitar Rawa Danau Mengambil Ikan Dengan Alat Tangkap “Kecrik”

Gambar Bawah Kiri : Aktifitas Penduduk Sekitar Rawa Danau Mengambil Ikan Dengan Alat Tangkap “Bubu”

Lampiran 2. Kualitas Air untuk budidaya benih ikan mas(1999), nila (1999) dan lele (2000) di kolam dan KJA berdasarkan SNI

No	Parameter	Benih mas		Benih nila		Benih lele	
		Kolam	KJA	Kolam	KJA	Kolam	KJA
1	Suhu opt(°C)	28	25 - 30	25 - 30	25 - 30	25 - 30	25 - 30
2	pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	5 - 8,5	6,5 - 8,5	5 - 8,5
3	Debit air (l/dtk)	0,4 - 0, luas kolam 500 m ²		0,4 - 0, luas kolam 500 m ²	1 m - 1,5 m	0,4 - 0, luas kolam 500 m ²	1 m - 1,5 m
4	O terlarut	Min 5 mg/l		min 5mg/l		min 5 mg/l	
5	Ketinggian air	50 -70 cm		20 cm - 40 cm		20 cm - 40 cm	
6	Kedalaman air		min 5 m dari dasar jaring pada saat surut terendah		1 m - 1,5 m, min 5 m dari dasar jaring pada surut terendah		1 m - 1,5 m, min 5 m dari dasar jaring pada surut terendah
7	Kepadatan fito-plankton				5000 - 10000 ind/ml		5000 - 10000 ind/ml
8	Kecerahan <i>sechi disk</i>	25 cm	> 3 meter	25 cm	65 - 85 cm	25 cm	65 - 85 cm

SUMBER-SUMBER SEDIMENTASI DI DTA WADUK GAJAHMUNGKUR, WONOGIRI

Irfan Budi Pramono

Balai Penelitian Teknologi Kehutanan Pengelolaan DAS

ibpramono@yahoo.com

ABSTRAK

Tingkat sedimentasi yang di Waduk Wonogiri makin lama makin meningkat. Hal ini dicirikan dengan endapan sedimen yang terdapat di mulut (intake) waduk. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat sedimentasi dari sungai-sungai yang masuk ke waduk Gajahmungkur. Metode yang digunakan adalah pengukuran langsung secara periodik pada stasiun pengamat aliran sungai yang sudah dipasang SPAS (Stasiun Pengamatan Arus Sungai). Hasil pengukuran tahun 2011 menunjukkan bahwa dari 4 (empat) sungai yang masuk DTA Waduk Gajahmungkur yaitu Sungai Keduang, Wuryantoro, Temon, dan Alang, tingkat sedimentasi yang paling besar berasal dari Sungai Keduang. Tingkat sedimentasi di Sub DAS Keduang mencapai 202,77 ton/ha/tahun, sedangkan untuk Sub DAS Wuryantoro, Temon dan Alang masing-masing sebesar 25,61 ton/ha/tahun, 0,99 ton/ha/tahun, dan 9,17 ton/ha/tahun. Selain tingkat sedimentasi yang paling besar, letak outlet sungai Keduang juga memperparah sedimentasi di mulut waduk karena letaknya yang berdekatan dengan mulut waduk. Dengan mengetahui tingkat sedimentasi dari sungai-sungai yang masuk waduk maka prioritas penanganan dapat dilakukan. Penanganan dapat dibagi menjadi jangka pendek dan jangka panjang. Penanganan jangka pendek dengan membuat bangunan-bangunan penahan sedimen, sedangkan jangka panjang dengan memperbaiki penutupan lahan di daerah hulu.

Kata Kunci : sedimentasi, debit, waduk Gajah Mungkur

PENDAHULUAN

DAS Bengawan Solo termasuk salah satu DAS yang masuk kategori kritis. Salah satu hulu DAS Bengawan Solo terletak di Kabupaten Wonogiri. Luas Kabupaten Wonogiri sekitar 182.232 ha, dengan penutupan lahan yang dominan adalah tegal (31,6 %), diikuti oleh pekarangan (20,5 %), sawah (16,9 %). Hutan negara dan hutan rakyat mempunyai luas yang sama, yaitu 8,9 % dan yang 13,1 % merupakan penutupan lahan lain-lain. Jika dilihat dari topografi maka sebagian besar (65 %) daerah Wonogiri berbentuk perbukitan dengan lereng yang terjal, areal landai (30 %) dan hanya 5% merupakan areal datar (<http://www.wonogiri.go.id/>). Lahan dengan lereng yang terjal ini umumnya digunakan untuk tanaman semusim yang potensial untuk mempertahankan ketahanan pangan, tetapi kegiatan tersebut menyebabkan erosi tanah dan limpasan yang tinggi sehingga mengancam bangunan air dan menyebabkan banjir.

Kondisi hidrologi DAS Bengawan Solo antara lain dipengaruhi oleh hujan, jenis tanah, tutupan lahan, topografi, iklim dan faktor-faktor lain. Berkurangnya tutupan lahan akan mendorong semakin luasnya lahan kritis di beberapa daerah tangkapan

hujan, semakin menurunnya infiltrasi tanah terhadap air hujan, meningkatnya limpasan permukaan dan erosi, dan berakibat meningkatnya sedimentasi pada kawasan yang lebih rendah. Pendangkalan sungai dan waduk akibat meningkatnya sedimentasi akan menurunkan fungsi waduk sehingga terjadi banjir pada musim hujan (Widiasmoro, 2005).

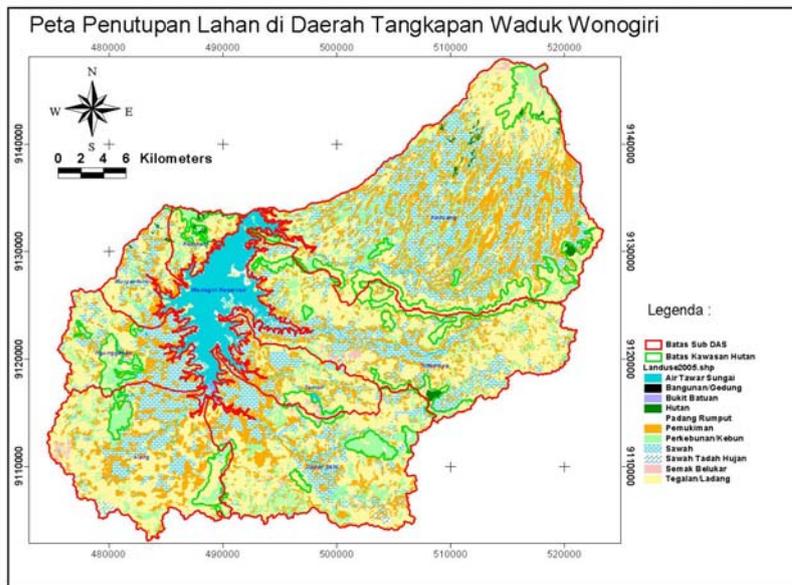
Waduk Gajahmungkur dibangun untuk pengendalian banjir di kota Solo dan sekitarnya, waduk tersebut menampung air dari hulu sungai DAS Bengawan Solo, yaitu sungai Keduang, Temon, Wuryantoro, Alang, Solo hulu, dan Wiroko. Waduk Gajahmungkur yang direncanakan bisa digunakan sampai umur 100 tahun namun kenyataannya sulit tercapai karena tingkat sedimentasi yang cukup besar. Untuk mengatasi atau memperpanjang umur waduk, maka PT Jasa Tirta sebagai pengelola melakukan pengerukan sedimen khususnya disekitar mulut (*Intake*) waduk agar fungsinya masih dapat dipertahankan. Namun cara ini bukan cara yang efektif untuk menyembuhkan atau menyehatkan Waduk Gajahmungkur. Cara yang efektif adalah dengan mengurangi sumber-sumber sedimentasi yang masuk ke Waduk Gajahmungkur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sumber-sumber sedimentasi dari sungai-sungai yang masuk ke Waduk Gajahmungkur.

BAHAN DAN METODE

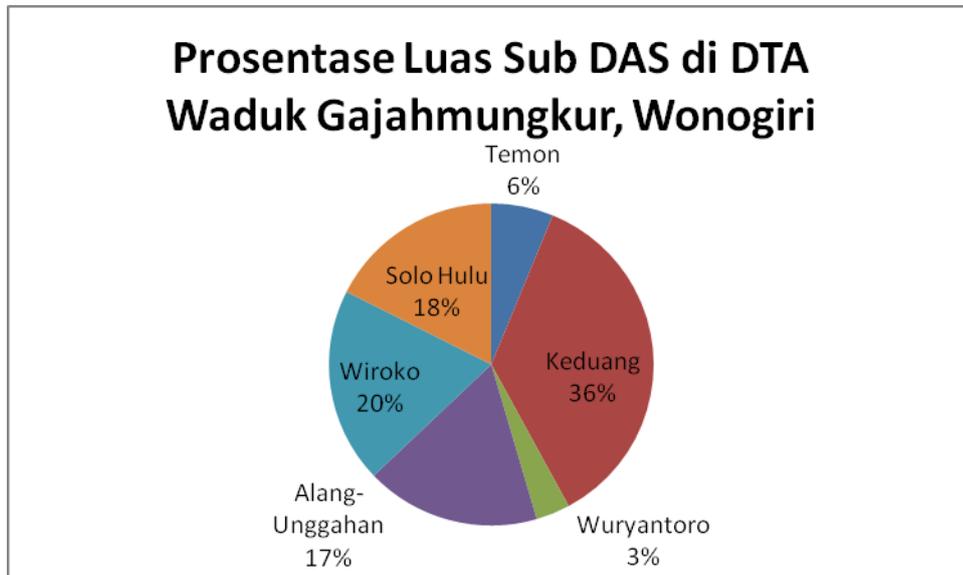
A. Bahan

1) Lokasi Penelitian

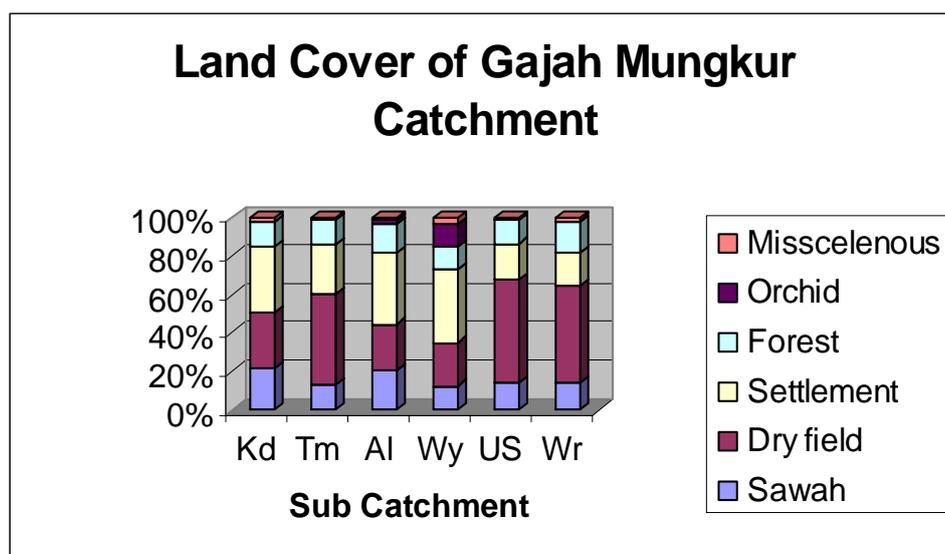
Lokasi Penelitian terletak di hulu-hulu sungai DTA Waduk Gajahmungkur yaitu sungai Keduang, Temon, Alang, dan Wuryantoro. Peta DTA Waduk Gajahmungkur dapat dilihat pada Gambar 1, luas masing-masing sub DAS dapat dilihat pada Gambar 2 sedangkan penutupan lahan pada masing-masing sub DAS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Penutupan Lahan di DTA Waduk Gajahmungkur



Gambar 2. Prosentase luas masing-masing Sub DAS di DTA Gajahmungkur



Gambar 3. Komposisi penutupan lahan pada masing-masing Sub DAS

2) Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah Automatic Water Level Recorder (AWLR) untuk mencatat tinggi muka air setiap saat, suspended water sample untuk mengambil contoh sedimen suspensi, gelas ukur, timbangan, dan oven.

3) Metode

a) Pengukuran curah hujan

Curah hujan sebagai input dalam suatu DAS diukur dari beberapa stasiun hujan kemudian dibuat hujan rata-rata dengan poligon thiesen

b) Pemantauan tinggi muka air:

Pemantauan tinggi muka air dilakukan dengan pemasangan AWLR. Data debit sungai diperoleh dari data tinggi muka air dikonversi menjadi debit dengan bantuan *rating curve* (hubungan antara tinggi muka air dan debit). *Sedimen yield* didekati dengan kandungan sedimen dan debit.

c) Pengukuran debit pada variasi tinggi muka air

Pengukuran debit ini dilakukan untuk membuat hubungan antara tinggi muka air dan debit.

d) Pengambilan contoh sedimen suspensi

Contoh suspensi ini merupakan dasar perhitungan besarnya sedimen. Tingkat sedimentasi didapatkan dengan mengalikan kandungan suspensi dengan debit. Agar

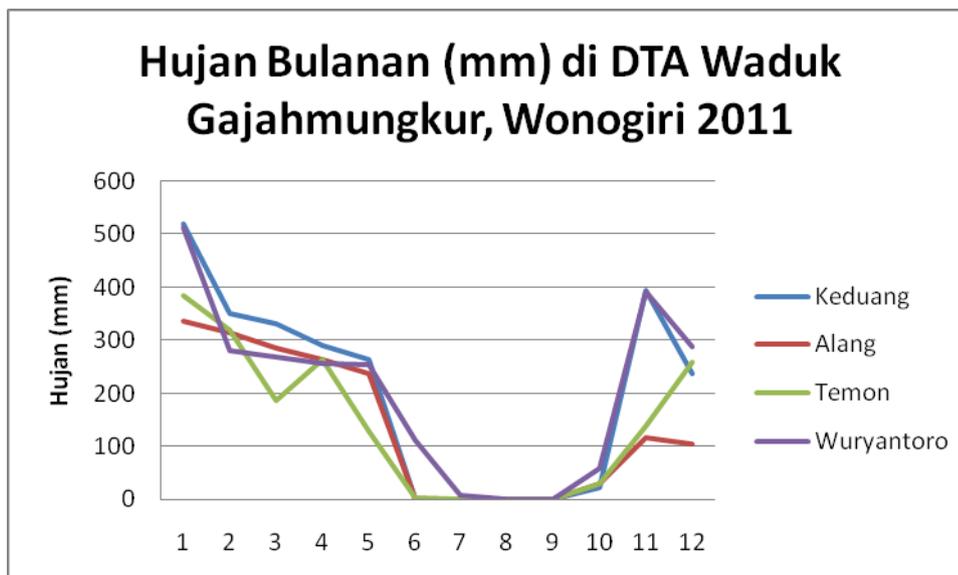
masing-masing Sub DAS dapat dibandingkan maka besarnya sedimen dikoreksi dengan luasan sub DAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1) Hujan Bulanan

Hujan sebagai input yang menyebabkan proses erosi menjadi sedimentasi. Pada umumnya curah hujan di DTA Waduk Gajahmungkur hampir sama, tapi hanya yang terbesar Sub DAS Keduang karena posisinya yang relatif paling tinggi (hujan orografis). Selama tahun 2011 terjadi musim kemarau yang sangat nyata (tidak ada hujan) pada bulan Juli sampai September. Distribusi hujan bulanan pada setiap Sub DAS dapat dilihat pada Gambar 4.

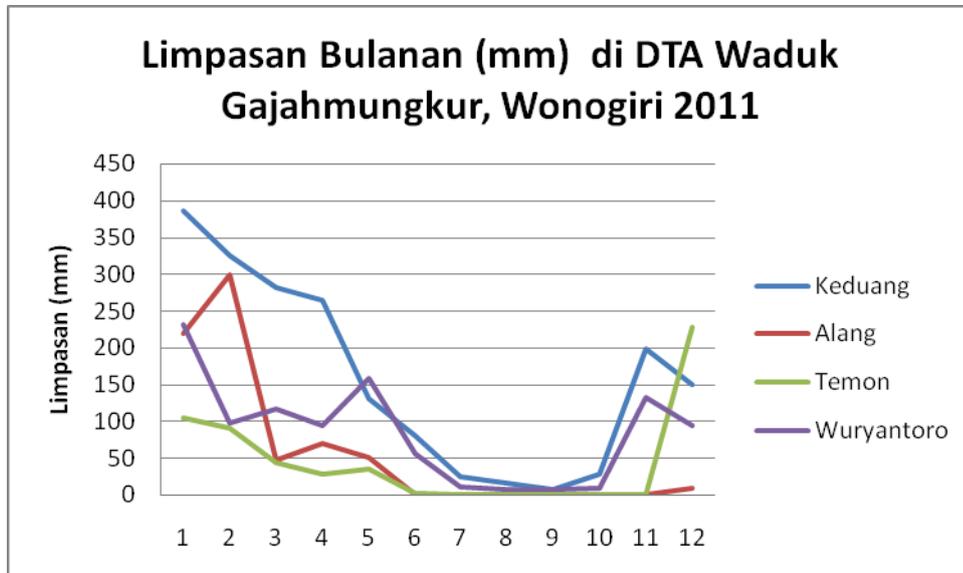


Gambar 4. Curah hujan bulanan di DTA Waduk Gajahmungkur th. 2011

2) Limpasan Bulanan

Salah satu output dari suatu DAS adalah hasil air. Hasil air diperoleh dari pemantauan tinggi muka air. Hasil pemantauan tinggi muka air dirubah menjadi data debit aliran dengan bantuan *stage-discharge rating curve*. Debit dihitung rata-rata harian kemudian dihitung rata-rata bulanan. Agar bisa dibandingkan dengan Sub DAS yang lain yang luasnya berbeda maka data debit ini dibagi dengan luas DAS sehingga diperoleh tebal limpasan. Limpasan bulanan yang terbesar terjadi di Sub DAS Keduang

karena memang curah hujan di Sub DAS tersebut juga paling tinggi dan limpasan terendah terjadi di Sub DAS Temon. Perincian limpasan bulanan di DTA Waduk Gajahmungkur dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Limpasan Bulanan Sungai-Sungai di DTA Waduk Gajahmungkur tahun 2011

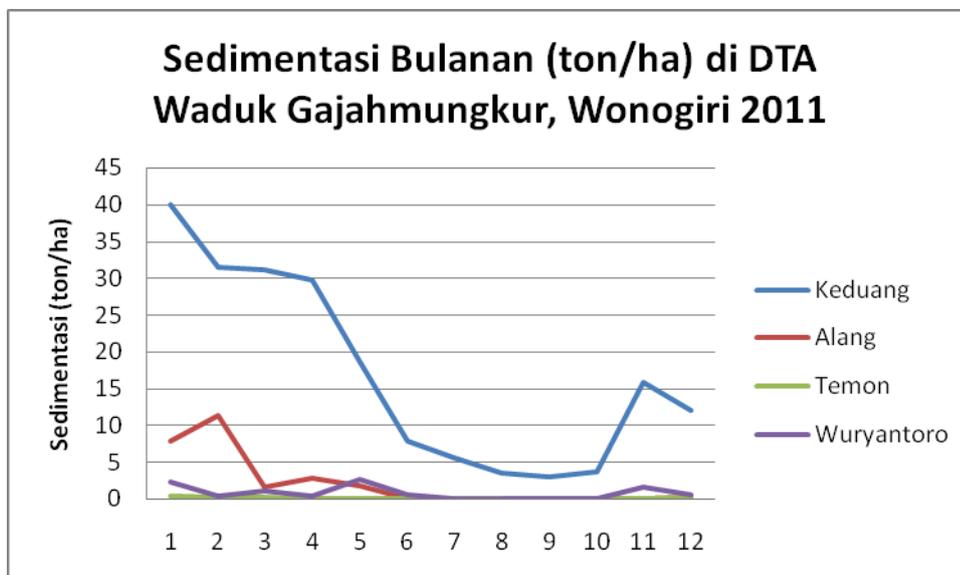
3) Sedimentasi Bulanan

Salah satu output yang tidak diharapkan dalam pengelolaan DAS adalah sedimentasi. Sedimentasi merupakan konsekuensi dari proses yang ada di dalam suatu DAS. Sedimentasi ini merupakan proses lanjutan dari erosi yang masuk ke sungai. Sedimentasi yang masuk ke sungai akan terendapkan di waduk dan atau laut.

Berdasarkan pengukuran sedimen sepanjang tahun 2011 maka tingkat sedimentasi yang paling besar di DTA Waduk Gajahmungkur adalah yang berasal dari Sub DAS Keduang. Sub DAS yang lain cukup rendah bila dibandingkan dengan sedimentasi sub DAS Keduang. Sedimentasi di DAS Keduang selama tahun 2011 adalah 202,77 ton/ha/th., sedangkan sedimentasi sub DAS Alang, Temon, dan Wuryantoro berturut-turut adalah 25,61 ton/ha/th, 0,99 ton/ha/th, dan 9,17 ton/ha/th.

Sedimentasi di Sub DAS Keduang sangat tinggi disebabkan oleh beberapa hal, antara lain: 1) Kelerengan yang terjal dan digunakan untuk tanaman semusim, 2) Solum tanah tebal dan peka erosi, 3) Curah hujan relatif tinggi. Sedangkan tingkat sedimentasi di Sub DAS Temon sangat kecil karena solum tanahnya sangat tipis sehingga tidak

tersedia solum tanah untuk menjadi sedimen. Distribusi sedimentasi bulanan di DTA Waduk Gajahmungkur dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tingkat sedimentasi sungai-sungai di DTA Waduk Gajahmungkur tahun 2011

B. Pembahasan

Dari hasil pengukuran sedimentasi di atas, maka prioritas penanganan pengelolaan DAS di DTA Waduk Gajahmungkur dapat di fokuskan ke Sub DAS Keduang. Karena luas Sub DAS Keduang juga cukup besar (35.000 ha) maka urutan prioritas penanganan juga harus dilakukan. Untuk itu perlu dilakukan identifikasi tingkat sedimentasi yang terjadi di Sub-sub DAS yang masuk ke Sub DAS Keduang sehingga prioritas penanganan bisa lebih terfokus.

Berdasarkan data kemiringan lereng dan penutupan lahan, maka daerah yang kritis terletak di bagian utara sub DAS Keduang (lereng Gunung Lawu). Daerah ini mempunyai kelerengan yang cukup terjal (>45 %) namun dimanfaatkan untuk tanaman semusim dengan konservasi tanah yang kurang memadai. Lahan-lahan tersebut seharusnya ditutupi hutan namun karena lahan tersebut milik masyarakat maka pemerintah hanya bisa menghimbau untuk ditanami tanaman keras. Namun kenyataannya petani di daerah tersebut masih menanam lahan-lahan miring tersebut dengan tanaman semusim. Mereka tidak yakin dengan tanaman keras bisa mencukupi kebutuhan hidup sehari-hari. Solusinya adalah dengan pembuatan demplot agroforestri dengan

mengenalkan tanaman keras yang potensial menguntungkan dan tanaman semusim yang masih toleren terhadap naungan.

Sistem *agroforestry* telah diyakini sebagai cara yang efektif untuk mencegah erosi dan mempertahankan kesuburan tanah di hulu DAS. Selain menjadi sumber pendapatan petani, *agroforestry* juga berfungsi mempertahankan layanan lingkungan seperti memelihara biodiversitas (Van Schaik and Van Noordwijk, 2002). Selain itu, gabungan dari pengaruh tajuk, seresah dan pembentukan pori makro tanah pada sistem *agroforestry* akan meningkatkan infiltrasi dan mengurangi aliran permukaan dan erosi (Agus *et al.*, 2002). Pertanian dengan sistem *agroforestry* tersebut diharapkan tingkat sedimentasi di waduk Gajahmungkur dapat dikurangi sehingga fungsinya dapat dipertahankan.

KESIMPULAN

1. Tingkat sedimentasi di Sungai Keduang adalah yang paling besar diantara sungai-sungai yang masuk ke DTA Waduk Gajahmungkur.
2. Prioritas penanganan Sub DAS Keduang perlu difokuskan pada Sub-sub DAS yang paling kritis, terutama bagian utara sub DAS Keduang (lereng Gunung Lawu).
3. Penanganan sedimentasi di Waduk Gajahmungkur tidak hanya dengan pengerukan di mulut waduk namun penanganan daerah hulu baik mekanis maupun vegetatif perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F; Ginting, A.N dan Van Noordwijk, M. 2002. *Pilihan Teknologi Agroforestry/ Konservasi Tanah untuk Areal Pertanian Berbasis Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat*. ICRAF Southeast Asia. 60 p.
- Van Schaik, C.P. and Van Noordwijk, M. 2002. Agroforestry and biodiversity: are they compatible? In: Sitompul, S.M. dan Utami, S.R. (eds.) Akar pertanian sehat, Konsep dan pemikiran. Rangkuman makalah pemerhati pertanian sehat. *Jurusan tanah Unibraw*. 37-48.
- Widiasmoro, J. 2005. Penanganan lahan kritis di satuan wilayah Pengelolaan daerah Aliran Sungai Solo. Prosiding Ekspose Hasil Litbang Pengelolaan DAS dalam Perspektif Otonomi Daerah. Dept Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. *Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan*. 4-15.

KARAKTER LIMNOLOGIS PERAIRAN EMBUNG DI LOMBOK TENGAH, NUSA TENGGARA BARAT

Fachmijany Sulawesty, Tjandra Chrismadha, Awalina Satya, Gunawan P. Yoga,
Yayah Mardiaty, Endang Mulyana dan Mey R. Widoretno.

Pusat Penelitian Limnologi, LIPI
Email : fachmi@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Perairan embung memiliki peran penting dalam menunjang berbagai aktifitas kehidupan masyarakat propinsi Nusa Tenggara Barat terutama untuk pertanian, peternakan dan air baku. Musim penghujan berdurasi lebih pendek dibandingkan musim kemarau, sehingga perairan embung pada dasarnya berfungsi sebagai penampung air di musim penghujan dan sumber air di musim kemarau. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data karakteristik limnologis perairan embung khususnya di Kabupaten Lombok Tengah, Propinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Pengambilan data dilakukan pada bulan April 2012 di enam stasiun pada lima embung, di Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat, yaitu 1) Batujai (Bendungan), 2) Batujai (karamba jaring apung/KJA), 3) Dabak (Sengkol), 4) Pengkemit, 5) Cerigi, dan 6) Pejanggi. Parameter yang diukur adalah N-nitrat, N-amonia, N-nitrit, nitrogen total (TN), ortofosfat, fosfor total (TP), klorofil-a, materi organik total (TOM), Suhu, pH, Konduktivitas, Total padatan terlarut (TDS), oksigen terlarut (DO), kejenuhan oksigen (DO saturation), kekeruhan, dan kedalaman Secchi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perairan embung cenderung memiliki tingkat kesuburan yang tinggi berdasarkan kandungan senyawa nitrogenik dan fosfor, serta klorofil-a. Perairan embung dengan kelimpahan tumbuhan air yang tinggi menunjukkan tingkat kejenuhan oksigen yang tinggi pula. Kelimpahan zoobenthos di perairan embung jauh lebih tinggi dibandingkan kelimpahan individu komunitas fitoplankton. Akan tetapi indeks keragaman komunitas fitoplankton di keenam lokasi pengamatan di embung-embung tersebut lebih tinggi dibandingkan indeks keragaman zoobenthos.

Kata Kunci: embung, karakteristik limnology, Lombok Tengah

ABSTRACT

Embung (shallow lake) having primary role in supporting of various activities in Nusa Tenggara Barat Province mainly in agriculture, live stock and raw waters. Wet season duration is shorter than dry season, so as embung waters basically functioned as reservoir in both wet season and dry season. The aim of this research was to gain basic limnological characteristics of embung waters specifically in Lombok Tengah Regency, Nusa Tenggara Barat (NTB) Province. Data was taken in April 2012 at six sampling stations at five embung embung, in 1) Batujai (reservoir), 2) Batujai (nearby floating fish cage/KJA), 3) Dabak (Sengkol), 4) Pengkemit, 5) Cerigi, and 6) Pejanggi. Observed parameter were N-nitrate, N-ammonia, N-nitrite, total nitrogen (TN), ortho-phosphate, total Phosphorous (TP), chlorophyll-a, Total Organic Matter (TOM), water temperature, pH, water conductivity, Total dissolved Solid (TDS), Dissolved Oxygen (DO), DO saturation, turbidity, and Secchi depth. Results shows that embung waters were prone to have high aquatics fertility based on its nitrogenous and phosphorous contents as well as chlorophyll-a, but some of them were poor in phytoplankton community diversity. High aquatics abundance reflected likewise elevated DO saturation. Zoobenthos abundance in embung waters were higher compares to its phytoplankton community. However, biodiversity index of phytoplankton community on those observed embung relatively higher than those of zoobenthos.

Keywords: embung, limnological characteristics, central of Lombok

PENDAHULUAN

Embung adalah bangunan konservasi air berbentuk kolam untuk menampung air hujan dan air limpasan (*run off*) serta sumber air lainnya untuk mendukung usaha pertanian, perkebunan dan peternakan (Anonim, 2007). Disebutkan pula oleh Anonim, (2007) bahwa embung atau tandon air adalah waduk berukuran mikro dilahan pertanian (*small farm reservoir*) yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan diwaktu musim hujan dan menggunakannya jika diperlukan tanaman pada waktu musim kemarau. Teknik pemanen air (*water harvesting*) demikian cocok bagi ekosistem tadah hujan dengan intensitas dan distribusi curah hujan tidak pasti (*eratic*) (Syamsiah dan A.-M. Fagi dalam Surahman, dkk. 2005). Teknik panen air dan aliran permukaan ini, selain dapat meningkatkan indeks panen juga dapat mengurangi resiko banjir pada musim hujan (Fahmudin, dkk. 2003).

Perairan embung memiliki peran penting dalam menunjang berbagai aktifitas kehidupan masyarakat propinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) terutama untuk pertanian, peternakan dan air baku. Musim penghujan berdurasi lebih pendek dibandingkan musim kemarau, sehingga perairan embung pada dasarnya berfungsi sebagai penampung air di musim penghujan dan sumber air di musim kemarau.

Sedimentasi merupakan salah satu permasalahan di perairan embung, karena dapat mengakibatkan pendangkalan yang akan mengancam keberadaan embung. Hasil penelitian Widiyono, dkk. (2005) di Kupang, Nusa Tenggara Timur menunjukkan bahwa karena pertimbangan hidrologis seringkali dijumpai daerah tangkapan air (DTA) suatu embung berupa areal pertanian lahan kering, padang penggembalaan ternak dan petak-petak sawah, sehingga bersamaan dengan terkirimnya air aliran permukaan dari DTA membawa pula sedimen dari proses erosi. Selain itu tumbuhan air terutama eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) tumbuh subur di perairan embung, jika pertumbuhannya tidak terkendali dapat menyebabkan pendangkalan. Saat ini, embung – embung digunakan juga untuk kegiatan budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA), hal ini dikhawatirkan akan menurunkan kualitas airnya.

Informasi tentang karakter dasar limnologis perairan embung masih sangat jarang, padahal informasi ini diperlukan sebagai masukan untuk penyusunan konsep pengelolaan perairan embung, agar dapat terus dimanfaatkan secara berkesinambungan mengingat pemanfaatannya yang multi fungsi. Penelitian ini bertujuan untuk

memperoleh data karakteristik limnologis perairan embung khususnya di Kabupaten Lombok Tengah, Propinsi NTB.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan data dilakukan pada bulan April 2012 di enam stasiun pada lima embung, di Kabupaten Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat, yaitu 1) Batujai (Bendungan), 2) Batujai (dekat karamba jaring apung/KJA), 3) Dabak (Sengkol), 4) Pengkemit, 5) Cerigi, dan 6) Pejanggi (Tabel 1). Pengukuran dan pengambilan sampel air dilakukan pada bagian permukaan perairan. Parameter yang diukur, alat yang digunakan dan pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Deskripsi lokasi embung

No.	Nama Embung	Titik Koordinat	Status	Keterangan
1	Batujai (bendungan)	S: 08°34'53.9" E: 116°06'15.0"	Bendungan Pemerintah	Bendungan, menerima masukan dari kota Praya, bagian litoral dipenuhi tumbuhan air eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)
2	Batujai (karamba jaring apung/KJA)	S: 08°43.228' E: 116°15.664'	Bendungan Pemerintah	Budidaya nila dalam KJA, tumbuhan air eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)
3	Dabak (Sengkol)	S: 08°48.686' E: 116°17.904'	Embung Pemerintah	Didominasi oleh tumbuhan air eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>), KJA
4	Pengkemit	S: 08°50.029' E: 116°19.560'	Embung Pemerintah	Relatif bersih dari tumbuhan air
5	Cerigi	S: 08°46.293' E: 116°18.448'	Embung Rakyat	Didominasi oleh tumbuhan air kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i>), dibuat dua bagian, terletak di tengah persawahan, sekelilingnya ditanami pohon bambu.
6	Pejanggi	S: 08°45.107' E: 116°20.227'	Embung Desa	Terletak dipinggir jalan raya, air berwarna kecoklatan

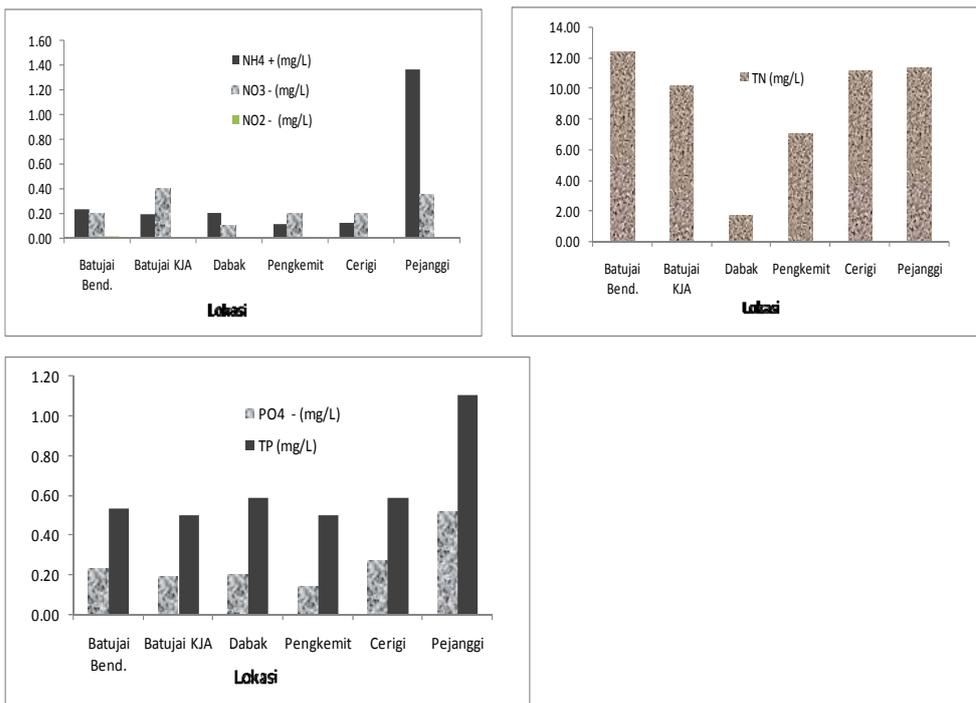
Tabel 2. Parameter dan alat ukur/metoda

Parameter	Alat/Metoda	Keterangan
Suhu, pH, Konduktivitas, TDS, oksigen terlarut, kejenuhan oksigen.	YSI 101012030 Yellow Spring	Insitu
Kekeruhan	Turbidimeter	Insitu
NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}	Spektrofotometer HACH DR 2800	Insitu
TN dan TP	Spektrofotometer	Laboratorium
Klorofil-a	Spektrofotometer	Laboratorium
TOM	Titrimetri	Laboratorium
Kedalaman <i>Secchi</i>	Keping <i>Secchi</i>	Insitu
Posisi	Garmin GPS 60	Insitu
Fitoplankton	Plankton net / Lackey Drop Microtransec	Laboratorium
Makrobentos	<i>Hand net</i>	Laboratorium

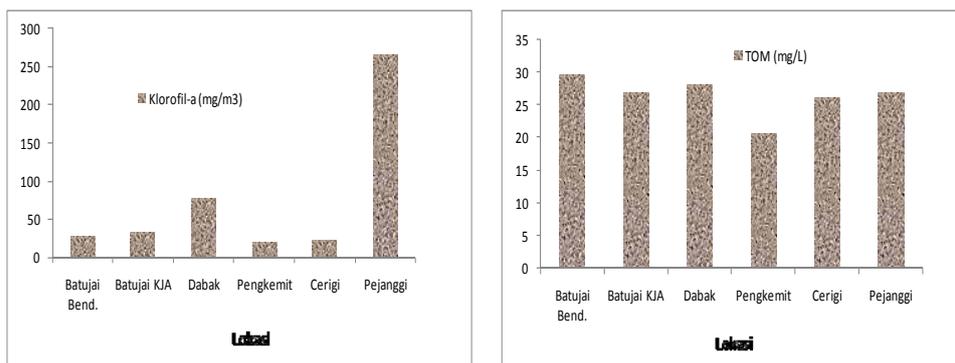
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan kualitas air di perairan embung Kabupaten Lombok Tengah, NTB pada bulan April 2012 dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 5. Kandungan amonium berkisar antara 0,11 mg/L di Pengkemit dan tertinggi 1,36 mg/L di Pejanggi, nitrat berkisar mulai dari 0,1 mg/L di Dabak sampai dengan 0,4 mg/L di Batujai KJA, nitrit nilainya mulai dari 0,0 mg/L di Cerigi dan Pejanggi sampai dengan tertinggi (0,007 mg/L) di Batujai bendungan, sedangkan nitrogen total (TN) konsentrasi terendah teramati di Dabak (1,73 mg/L) dan tertinggi di Batujai bendungan (12,4 mg/L) (Gambar 1). Kandungan ortofosfat berkisar mulai dari 0,14 mg/L di Pengkemit sampai 0,52 mg/L di Pejanggi, total fosfor berkisar pada 0,5 mg/L di Pengkemit dan tertinggi pada 1,11 mg/L di Pejanggi. Nilai-nilai ini cukup tinggi untuk suatu perairan, berdasarkan standar OECD (Ryding and Rast, 1989) dan (Wetzel, 2001) perairan dikatakan subur (eutrofik) jika kandungan TP berkisar antara 0,016 mg/L sampai 0,368 mg/L dan kisaran kandungan TN mulai dari 0,393 mg/L sampai 6,100 mg/L. Berdasarkan kriteria ini, maka embung Batujai, Dabak, Pengkemit, Cerigi dan Pejanggi termasuk perairan yang tinggi kandungan nutriennya (eutrofik). Jika dilihat konsentrasi nitrat dan amonium (Gambar 1) terlihat bahwa konsentrasi amonia cukup tinggi walaupun untuk nitrat tidaklah terlalu tinggi, sebab menurut Goldman and Horne (1983) di danau umumnya konsentrasi amonia dibawah 0,1 mg/L dan nitrat sampai 1 mg/L. Kandungan ortofosfat di semua embung tergolong tinggi, menurut Wetzel (1975) nilai

kisaran kandungan ortofosfat adalah 0,031 sampai 0,100 mg/L menunjukkan perairan yang subur (eutrofik). Tingginya kandungan nutrisi di perairan embung - embung ini diduga disebabkan masukan nutrisi dari sekeliling embung baik secara langsung maupun tidak langsung. Danau dangkal seperti situ dan embung cenderung menjadi tempat terakumulasinya material (termasuk nutrisi) dari daratan sekitarnya, secara proporsional masukan nutrisi ke dalam danau dangkal lebih tinggi dibanding danau-danau dalam (Wetzel, 2001). Kondisi ini juga dapat dilihat dari perairan situ di Jawa yang menerima masukan dari kegiatan disekitarnya sehingga kandungan nutrisi senyawa nitrogenik (N) dan senyawa fosfor (P) nya tinggi, seperti Situ Pondok di Tangerang (Sulawesty dan Sumarni, 2004), Situ Cibuntu di Cibinong (Sulawesty dan Awalina, 2008), Situ Rawa Besar di Depok (Wasfi, 2000), Waduk Saguling, Cirata dan Juanda, Jawa Barat (Tjahjo dan Sri, 2010), Situ Rawa Pening di Jawa Tengah (Suparjo, 2012).

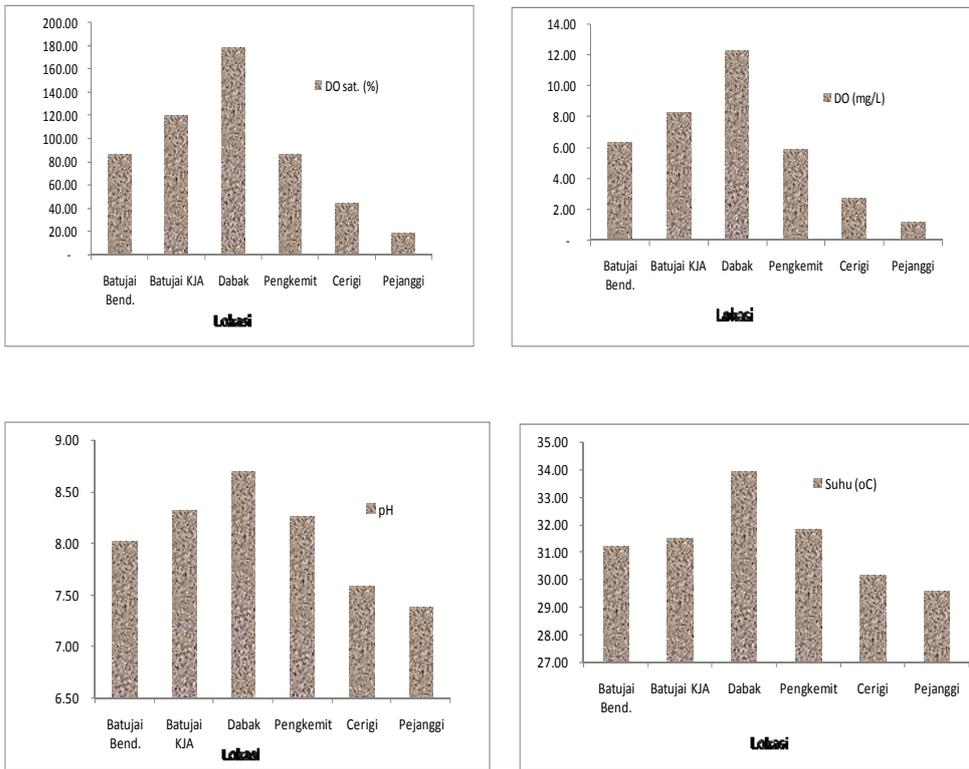


Gambar 1. Kandungan N-nitrat, N-amonia, N-nitrit, TN, orto-fosfat dan TP di beberapa perairan embung, pada bulan April 2012

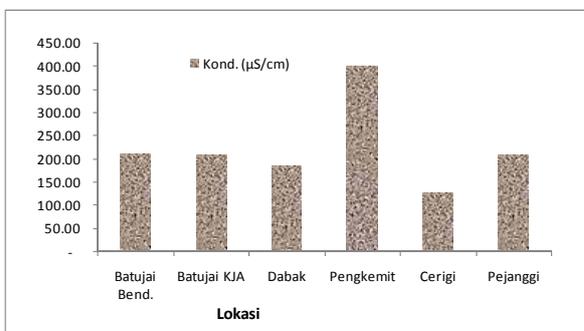


Gambar 2. Kandungan klorofil-a dan TOM di beberapa perairan embung, pada bulan April 2012

Berdasarkan kandungan klorofil-a, embung – embung yang diamati di Lombok Tengah ini termasuk subur (eutrofik), karena menurut Sellers and Markland (1983) perairan dikategorikan subur (eutrofik) jika kandungan klorofil-a berkisar antara 10 sampai 100 mg/m³. Kandungan klorofil-a di embung-embung berkisar 19,56 – 264,58 mg/m³ (Gambar 2), kandungan terendah dijumpai pada Embung Pengkemit dan tertinggi di Embung Pejanggi.



Gambar 3. Kejenuhan Oksigen (DO sat.), oksigen terlarut (DO), pH dan suhu di beberapa perairan embung, pada bulan April 2012

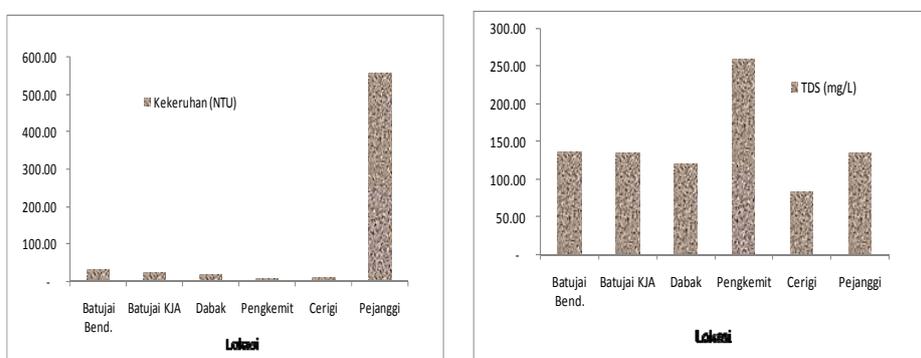


Gambar 4. Nilai konduktifitas di beberapa perairan embung, pada bulan April 2012

Embung yang memiliki nilai fosfor pada level tinggi sangat rawan terhadap gejala eutrofikasi yaitu berupa ledakan populasi tumbuhan air. Penetrasi cahaya di danau-danau dangkal umumnya dapat mencapai permukaan sedimen atau dasar perairan (Wetzel, 2001), kondisi ini menyebabkan danau-danau dangkal menjadi subur dan produktif. Konsentrasi TDS tertinggi (Gambar 5) teramati di embung Pengkemit tampaknya hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan material anorganik atau

kemungkinan oleh material organik tapi non komunitas fitoplankton karena di embung ini sama sekali tidak dijumpai adanya komunitas fitoplankton (Tabel 3). Turbiditas di embung Pejanggi (Gambar 5) yang merupakan embung desa tampaknya didominasi oleh tingginya kandungan klorofil-a dan juga TOM yang tinggi (Gambar 2).

Konduktifitas di embung Pangkemit jauh diatas rerata konduktifitas embung lain yang diamati (Gambar 4), tampaknya hal ini terkait dengan perbedaan jenis tanah dimana embung ini berada. Berbeda dengan lokasi embung lainnya yang diamati, embung Pangkemit dikelilingi oleh tanah berpasir hitam. Kandungan TOM pun relatif paling rendah dibandingkan embung lain yang diamati. Tumbuhan air pun juga sama sekali tidak dijumpai di lokasi embung ini (Tabel 1).



Gambar 5. Nilai kekeruhan dan padatan tersuspensi (TDS) di embung-embung Kabupaten Lombok Tengah , pada bulan April 2012

TDS di embung Pejanggi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan embung lainnya yang diamati dan secara visul terlihat paling keruh kecoklatan. Tampaknya hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan organik yang terlarut didalamnya. Data Turbiditas dan klorofil-a pun tampaknya juga mendukung dugaan untuk menjelaskan fakta yang teramati di perairan embung ini.

Tabel 3. Komunitas fitoplankton di beberapa perairan embung di NTB

Taxa	Batujai Bend.	Batujai KJA	Dabak	Pengkemit	Cerigi	Pejanggi
CHLOROPHYTA						
<i>Chlorella</i> sp.	0	0	0	0	40	0
<i>Coelastrum sphaericum</i>	0	0	20	0	0	0
<i>Desmidium swartzii</i>	0	0	640	0	60	20
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0	20	0	0	0	0
<i>Spirogyra weberi</i>	0	0	100	0	20	0
<i>Ulothrix subtilis</i>	0	0	180	0	40	0
CHRISOPHYTA						
<i>Melosira granulata</i>	20	300	40	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	20	280	0	0	0	0
CYANOPHYTA						
<i>Oscillatoria</i> sp.	0	0	0	0	200	0
<i>Spirulina</i> sp.	0	0	120	0	0	0
Jumlah (Individu/Liter)	40	600	1100	0	360	20
Jumlah Jenis	2	3	6	0	5	1
Indeks Keragaman (H')	1.000	1.177	1.824	0.000	1.838	0.000

Tabel 3 menyajikan struktur komunitas fitoplankton di perairan embung yang diamati, terlihat embung Dabak memiliki jumlah kelimpahan individu yang tertinggi dan jumlah jenis yang lebih banyak dibandingkan perairan embung lainnya. Embung Dabak didominasi oleh CHLOROPHYTA dari jenis *Desmidium swartzii*. Secara umum, kelimpahan komunitas fitoplankton pada perairan embung yang diamati tidak sampai mengalami *blooming* karena kurang dari 100.000 individu/L (http://www.oilgae.com/ref/glos/algal_blooms.html). Embung Pangkemit dan embung Pejanggi tampaknya merupakan embung yang paling buruk kondisinya bila ditinjau dari aspek struktur komunitas fitoplanktonnya. Sama sekali tidak dijumpai adanya komunitas fitoplankton di Embung Pangkemit. Hal ini juga didukung dengan data kualitas air yang sebelumnya sudah dibahas. Jumlah kelimpahan individu, jumlah jenis dan index keragaman di Embung Cerigi lebih baik kondisinya dibandingkan embung Pangkemit dan Pejanggi, sedangkan bila dibandingkan bendung Batu Jai dan Batu Jai dekat KJA hanya sedikit lebih baik. Bendung Batu Jai didominasi oleh CHRYSOPHYTA terutama di Batu Jai dekat KJA. Tampaknya Bendung Batu Jai

memang lebih baik dibandingkan embung Pangkemit dan Pejanggi. Komunitas fitoplankton di Embung Cerigi didominasi oleh CYANOPHYTA dari jenis *Oscillatoria sp.*, meskipun kelimpahan individu di embung ini hanya sepertiga dari embung Dabak akan tetapi jumlah spesiesnya atau index keragamannya tidak terpaut jauh. Embung Pejanggi yang ber kandungan TDS klorofil-a dan turbiditas yang tinggi, ternyata hanya dihuni oleh CHLOROPHYTA dari jenis *Desmidium swartzii* dengan kelimpahan yang cukup rendah.

Tabel 4. Zoobenthos di perairan embung Kabupaten Lombok Tengah 12 April 2012

Taxa	Batujai Outlet	Batujai KJA	Dabak	Pangkemit	Cerigi	Pejanggik
Molusca						
<i>Gyraulus sp.</i>			44	44		
<i>Indoplanorbis sp.</i>	44	267				
<i>Thiara rudis</i>		44				
<i>Thiara scabra</i>	356	267		1,911		
<i>Tarebia sp.</i>	89	133				
<i>Melanoides plicaria</i>		533				
<i>Pomacea canaliculata</i>		44				
<i>Filopaludina sp.</i>		89				
Insecta						
Odonata	222		133			
Chironomidae			311		44	
Coleoptera	89		44			
Oligochaeta						
<i>Aulodrilus piqueti</i>			44	44		1,022
Crustacea						
Palaemonidae			0	222		
Jumlah (Individu/m ²)	800	1,378	578	2,222	44	1,022
Indeks Keragaman (H')	0.593	0.707	0.549	0.224	0.000	0.000

Pada Tabel 4 dijumpai adanya empat kelas dalam taksonomi zoobenthos di keenam lokasi embung yang diamati, yaitu Molusca, Insecta, Oligochaeta dan Crustacea. Urutan kelimpahan jumlah individu per meter persegi adalah embung Pangkemit, BatuJai KJA, Pejanggik, Batujai outlet, Dabak dan yang terendah adalah embung Cerigi. Sedangkan Index keragaman dari yang tertinggi hingga terendah berturut-turut teramati di batujai KJA, BatuJai out let, Dabak, Pangkemit dan Cerigi serta Pejanggik. Kedua embung terakhir ini indeks keragamannya hanya 0,000. Jenis Molusca terbanyak (7 jenis) ditemukan di BatuJai KJA yang didominasi oleh *Melanoides plicaria*. Urutan terbanyak kedua kelimpahan Molusca adalah di Batu Jai out let yang didominasi oleh *Thiara*

Scabra, jenis Molusca ini juga sangat mendominasi di embung Pangkemit. Hanya dijumpai satu jenis Oligochaeta yaitu *Aulodrilus piqueti*, dan jenis ini paling melimpah di embung. Jenis dan kelimpahan Insecta terbanyak ditemukan di embung Dabak yang didominasi oleh Chironomidae. Hanya di embung Pangkemit ditemukan Palaenomidae dari kelas Crustacea dengan jumlah individu per meter persegi yang lumayan (222 ind/m²). Sementara itu jumlah kelimpahan dan jenis Insecta terbanyak dijumpai di Dabak (Chironomidae, Odonata dan Coleoptera) sedangkan Batujai outlet menempati urutan kedua tapi hanya dari Odonata dan Coleoptera. Secara umum dapat dikatakan bahwa embung Cerigi memiliki kondisi terburuk bila dilihat dari aspek potensinya untuk mendukung kehidupan zoobenthos. Terlihat pula Embung Pejanggi bahkan tidak mendukung kehidupan biota hal ini dapat diindikasikan dari nilai indeks keragamannya yang hanya 0,000 baik untuk komunitas fitoplankton maupun zoobenthos di perairannya.

KESIMPULAN

Keenam perairan embung yang diamati di Kabupaten Lombok Tengah ini meskipun dari aspek kandungan senyawa nitrogenik, fosfor dan klorofil-a nya tergolong perairan eutrofik tetapi ternyata dari aspek struktur komunitas fitoplanktonnya termasuk perairan yang tidak mengalami *algal blooming*. Kelimpahan zoobenthos di perairan embung jauh lebih tinggi dibandingkan kelimpahan individu komunitas fitoplankton. Akan tetapi indeks keragaman komunitas fitoplankton di keenam lokasi pengamatan di embung-embung tersebut lebih tinggi dibandingkan indeks keragaman zoobenthos.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas terselenggaranya penelitian ini yang dibiayai oleh kegiatan Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perakayasa (PKPP) Kementerian Riset dan Teknologi tahun 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007, Pedoman Teknis Konservasi Air Melalui Pembangunan Embung. 28 hal. <http://www.scribd.com/doc/97049256/Pedoman-Teknis-Embung-2007-Lkp>.
- Anugrah, Wasfi. 2000. Tingkat kesuburan Situ Rawa Besar Depok berdasarkan kandungan unsur hara N dan P. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Kelautan IPB.

- Bogor. 57 hal. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/22361/C00AWA.pdf?sequence=2>. 6 Agustus 2012.
- Fahmuddin, Agus., Kasdi Subagyo & Elsa Surmaini. 2003. Teknologi konservasi air dan irigasi suplemen untuk optimasi pertanian lahan kering., Lokakarya Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi, hal : 233 – 244.
- Goldman, C.R., dan A.J. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill Book Company. New York. 464 p.
- Ryding., S.O. and W. Rast. 1989. *The Control of Eutrophication of Lakes and Reservoirs*. Vol. I. The Parthenon Publishing Group. 314pp.
- Sellers, B-Henderson and H.R. Markland. 1983. *Decaying Lakes*. John Wiley and Sons. New York. 254 p.
- Sulawesty, F., dan Sumarni. 2004. Komunitas fitoplankton di Situ Pondok, Kabupaten Tangerang. *Limnotek Perairan Darat Indonesia*. Vol. XI, No. 2 : 36 – 44.
- Sulawesty, F., and Awalina Satya. 2008. Shift in dominance pattern of phytoplankton in tropical shallow lakes in temporal and spatial scale: a monthly study. *Proceedings of The 6th International Symposium on Southeast Asian Water Environment*. Pp. : 64 – 68.
- Suparjo, Mustofa Niti. 2012. Kajian potensi sumberdaya perikanan Rawa Pening Kabupaten Semarang. http://eprints.undip.ac.id/33694/1/Kajian_PotensiPerikanan_Rawapening_-_Mustofa.pdf) 13 Agustus 2012.
- Surahman, Arif, I. M. Wisnu W dan Sasongko. 2005. Optimalisasi embung dalam pengembangan usahatani lahan kering di NTB (Kasus Desa Sukaraja, Kecamatan Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur). *Prosiding Seminar Nasional 2005 : Pemasarakatan Inovasi Teknologi dalam Upaya Mempercepat Revitalisasi Pertanian dan Pedesaan di Lahan Marginal.*, Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, NTB (ISBN: 979-3556-41-2). Hal : 718 – 724.
- Tjahjo, Didik Wahyu Hendro dan Sri Endah Purnamaningtyas. 2010. Bio-limnologi waduk kaskade Sungai Citarum, Jawa Barat. *Limnotek Perairan Darat Indonesia*. Vol. XVII, No. 2 : 147 – 157.
- Wetzel, R.G. 1975. *Limnology*. 2nd edition. W.B. Saunders Company. Philadelphia. 767p.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology*. 3rd edition. Academic Press. San Francisco. 1005p.
- Widiyono, Wahyu., R. Abdulhadi & B. Lidon. 2005. Model analisis embung secara terpadu meliputi bagian hulu, tengah dan hilir (Studi kasus : embung Desa Oemasi, Kupang, NTT). *Limnotek*, Vol. XII, No. 1, hal : 1 –

9.http://www.oilgae.com/ref/glos/algal_blooms.html. Algal Blooms - Definition, Glossary, Details – Oilgae. Di akses pada 4.20 PM

KELAYAKAN PERAIRAN WADUK PANGLIMA BESAR SOEDIRMAN BANJARNEGARA BAGI KEGIATAN PERIKANAN

Endang Widyastuti, Sukanto, Siti Rukayah

*Fakultas Biologi Unsoed
endang.widyastuti@yahoo.com*

ABSTRAK

Pemanfaatan waduk bagi kegiatan perikanan harus didukung dengan data karakteristik lingkungan fisik, kimia dan biologi perairannya. Kualitas perairan tersebut bersifat dinamis sehubungan dengan aktifitas manusia di perairan tersebut maupun di sekitar waduk. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kelayakan Waduk Panglima Besar (PB) Soedirman, Banjarnegara bagi kegiatan perikanan. Penelitian dilakukan dengan metode survei pada Agustus 2010 di sembilan stasiun terhadap kondisi fisik, kimia dan plankton perairan waduk. Dilakukan analisis status tropik, nutrisi pembatas dan status perairan berdasarkan baku mutu kualitas perairan bagi kegiatan perikanan. Di musim kemarau didapatkan kandungan P total 2,1326mg/l dan N total 5,7686mg/l, sedangkan di awal musim hujan menurun menjadi 0,2104mg/l dan 4,9586mg/l. Berdasarkan status tropik perairan Waduk PB Soedirman termasuk pada kondisi hipereutropik. Nutrien pembatas yang dominan pada musim kemarau adalah N, sedangkan di musim penghujan adalah P. Parameter yang berada di atas ambang batas mutu air untuk kegiatan perikanan adalah COD, P total dan nitrit, khususnya di musim kemarau. Dominansi jenis fitoplankton tidak didapatkan, namun dijumpai kelimpahan relatif dari Cyanophyta hingga 20,6% di musim kemarau. Berdasarkan status tropik, nutrisi pembatas, baku mutu air kelas III, dan struktur kelimpahan relatif fitoplankton, maka perairan Waduk PB Soedirman kurang layak untuk usaha budidaya ikan.

Kata kunci: status tropik, nutrisi pembatas, klasifikasi mutu air, budidaya perikanan, Waduk Panglima Besar Soedirman.

PENDAHULUAN

Waduk merupakan suatu sistem penampungan air dari daerah sekitarnya yang dibuat manusia. Waduk Panglima Besar (PB) Soedirman yang terletak di Kabupaten Banjarnegara dimanfaatkan untuk perikanan tangkap dan budidaya keramba jaring apung (KJA), selain untuk pembangkit tenaga listrik, pengendali banjir dan irigasi.

Produksi akuakultur merupakan cara yang menjanjikan untuk meningkatkan suplai ikan baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Budidaya ikan dalam keramba jaring apung di waduk mempunyai arti penting sebagai penghasil protein bagi penduduk sekitar. Perikanan pada hakekatnya adalah memanfaatkan produktivitas perairan yang berupa ikan yang dalam kehidupannya dipengaruhi oleh hubungan fungsional antara komponen ikan yang ada di perairan tersebut dengan dinamika lingkungan fisik, kimiawi dan biologisnya. Dengan demikian kelayakan perairan bagi

kegiatan perikanan merupakan unsur penting dalam menunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan.

Sedimentasi yang berasal dari daerah aliran sungai Waduk PB Soedirman menjadi ancaman bagi keberlanjutan fungsi Waduk PB Soedirman. Tidak hanya sedimentasi yang menjadi masalah di Waduk PB Soedirman, pertumbuhan enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang menutupi hampir separuh permukaan juga menjadi ancaman. Enceng gondok dapat memicu pendangkalan dan membahayakan apabila sampai masuk turbin pembangkit tenaga listrik. Selain hal tersebut dari daerah aliran sungainya Waduk PB Soedirman juga mendapat limpahan berbagai limbah dari kegiatan pertanian dan domestik. Pada saat ini budidaya ikan di waduk PB Soedirman tidak berkembang, sedangkan perikanan tangkap menurun produksinya. Suatu upaya perlu dilakukan sehubungan dengan masalah tersebut di Waduk PB Soedirman. Pengamatan terhadap kelayakan perairan merupakan bagian dari kegiatan monitoring yang diperlukan sebagai dasar bagi pengelolaan suatu lingkungan.

Limbah yang masuk merupakan sumber nutrisi melalui proses dekomposisi mikroorganisme. Nutrisi yang berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi. Rissik *et al.* (2009) menyatakan bahwa eutrofikasi adalah proses meningkatnya produktivitas biologi dalam suatu ekosistem dan dapat menyebabkan ledakan populasi (*blooming*) alga, dan dapat menyebabkan berbagai masalah di perairan. Status tropik suatu perairan danau berkaitan dengan proses eutrofikasi telah diklasifikasikan oleh OECD (1982 dalam Dodds, 2002).

Nutrisi N dan P adalah dua nutrisi paling utama dalam kualitas air. Nitrogen dan fosfor dibutuhkan oleh membran sel dan untuk pembentukan protein, misalnya enzim. Unsur-unsur nutrisi ini berkaitan dengan aktivitas manusia yang dapat memperbesar konsentrasinya melalui limbah yang masuk, pembukaan lahan, pemupukan yang berlebihan dan pertanian. (Suthers & Rissik, 2009). Oleh karenanya N dan P menjadi faktor pembatas yang penting. Pemerintah juga telah melakukan pengaturan masalah kualitas air dengan terbitnya Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (KLH, 2002). Dalam peraturan tersebut juga diatur mutu air yang harus dipenuhi untuk kegiatan budidaya ikan tawar.

Pengamatan terhadap faktor lingkungan biologi perlu dilakukan untuk memberikan kepastian terhadap kelayakan perairan tersebut bagi kehidupan yang ada didalamnya. Mikroalga/fitoplankton merupakan organisme produsen primer yang berperan sebagai dasar dari suatu rantai makanan di perairan. Menurut Davies, *et al.* (2005) produktivitas suatu perairan ditentukan oleh jumlah plankton yang ada, karena plankton sangat penting dalam budidaya perairan dan perikanan. Fachrul, *et al.*, (2005) menyatakan pula bahwa kelimpahan fitoplankton dan komposisinya dapat berfungsi sebagai parameter biologi untuk mengetahui respon perairan terhadap perubahan lingkungan, karena daur hidup fitoplankton yang pendek. Fitoplankton juga berperan sebagai penyedia oksigen terbesar di ekosistem akuatik (Scahoemar, *et al.*, 1996).

Pearson, *et al.* 1984 dalam Davies, *et al.* 2005, menyatakan bahwa kuantitas nutrien di kolam berperan besar dalam menentukan jumlah dan kualitas dari plankton. Keberadaan nutrien dalam suatu lingkungan perairan dipercaya berperan penting dalam menentukan struktur dari komunitas plankton (Harris, 1986 dalam Davies, *et al.*, 2006). Levine & Levine (1984 dalam Davies, *et al.* 2005) berpendapat bahwa peningkatan nitrogen akan menghasilkan komunitas fitoplankton yang didominasi oleh Cryptophyta, Chlorophyta dan Cyanobacteria. Jenis-jenis fitoplankton tertentu akan mengalami perkembangan atau perubahan dalam mendominasi kelimpahan jenis-jenis yang tidak atau kurang berkembang. Sejumlah senyawa dan elemen misalnya silika, mangan dan vitamin pada suatu waktu dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan alga, tetapi nitrogen dan fosfor yang terutama berpengaruh terhadap alga. Pada kebanyakan danau fosfor (P) normalnya merupakan faktor pembatas dikarenakan fosfor tersedia hanya dalam jumlah yang kecil dihubungkan dengan kuantitas yang diperlukan untuk pertumbuhan alga. Peningkatan P akan meningkatkan produktivitas. Jika nitrogen (N) menjadi faktor pembatas beberapa cyanobacteria seperti Cyanophyta yang dapat menfiksasi N akan tumbuh melengkapi P yang tidak terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut monitoring keberadaan fitoplankton/mikroalga menjadi penting.

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kelayakannya perairan waduk PB Soedirman bagi budidaya perikanan dengan mengkaji status tropik, nutrien pembatas, baku mutu air berdasarkan PP 82 tahun 2001 dan

struktur komunitas fitoplankton. Dengan diketahui kelayakannya maka dapat dijadikan dasar dalam pengelolaan waduk.

BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei dengan menggunakan teknik pengambilan sampel secara acak terpilih. Pengambilan sampel dilakukan terhadap beberapa faktor fisik kimiawi perairan sesuai Baku Mutu Air Kelas III sesuai PP No. 82 tahun 2001 (KLH, 2002) yaitu untuk air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut, dan parameter untuk budidaya KJA (Sukadi, *et.al.*,1989) dan terhadap mikroalga/fitoplankton.

Pengambilan sampel dilakukan pada sembilan stasiun yaitu di daerah keramba, *outlet* untuk irigasi, daerah *power intake*, daerah dermaga pariwisata, daerah tengah, *inlet* dari Sungai Lumajang, *inlet* dari Sungai Kandangwang, *inlet* dari Sungai Serayu dan daerah *interstitial*. Pengambilan sampel mikroalga dilakukan dengan menggunakan plankton-net no 25 dan diawetkan dengan formalin 4 % dan lugol. Mikroalga yang ditemukan diidentifikasi dengan menggunakan buku identifikasi Davis (1955), Thompson (1959), dan Shirota (1966). Penghitungan kelimpahan mikroalga menggunakan metode *Lackey Drop Microtransec Counting* (APHA,1992).

Analisis data dilakukan terhadap status tropik perairan Waduk PB Soedirman menggunakan klasifikasi OECD (1982 dalam Dodds, 2002), nutrien pembatas (Overbeck, 1989), mutu air kelas III (PP 82 tahun 2002) dan struktur komunitas phytoplankton secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran parameter fisik kimiawi dimusim kemarau disajikan pada Tabel 1. Hasil menunjukkan adanya parameter kimia yang kadarnya tinggi yaitu COD, khususnya di Stasiun IV (daerah *power intake*) dan Stasiun VIII (*inlet* dari Sungai Serayu). Hasil pengukuran parameter fisik kimiawi pada awal musim hujan, juga menunjukkan parameter COD yang kadarnya tinggi (Tabel 2) yaitu di stasiun IV (daerah *power intake*), stasiun V (tengah waduk) dan stasiun IX (*inlet* dari Sungai

Lumajang). Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa nilai COD yang tinggi didapatkan pada daerah inlet. Ini menunjukkan bahwa tingginya bahan organik di perairan waduk dipengaruhi oleh aktifitas dari daerah aliran sungainya. Sumbangan bahan organik dari waduk dimungkinkan terutama berasal dari dekomposisi tumbuhan enceng gondok yang melimpah pada saat tersebut yaitu sekitar 50% dari luas permukaan waduk. Bahan organik yang mengandung komponen yang sulit terdekomposisi (misalnya adanya selulose) menyebabkan kadar COD tinggi.

Enceng gondok telah menjadi problem di danau-danau, kolam-kolam dan badan-badan perairan di banyak bagian dunia (Gunnarsson & Petersen, 2007). Enceng gondok tumbuh dengan cepat pada permukaan badan perairan, membentuk lapisan padat dan mengurangi keberadaan tanaman lain (Hronich *et al.*, 2008). Enceng gondok termasuk tanaman air tawar liar dari famili Pontederiaceae yang menyebar hingga ke Amerika Selatan, tetapi secara alami tumbuh di daerah tropik dan subtropik. (El-Sayed, 2003). Masalah yang timbul dengan meluasnya enceng gondok antara lain adalah meningkatnya *evapotranspirasi*, penguapan dan hilangnya air melalui daunnya yang lebar, mengurangi penetrasi cahaya matahari yang masuk yang berakibat menurunnya oksigen perairan lewat fotosintesis, mempercepat pendangkalan akibat tumbuhan yang mati dan turun ke dasar perairan, juga menjadi habitat bagi vektor penyakit pada manusia, mengganggu transportasi air dan keindahan perairan.

Hasil pengukuran pada awal musim penghujan didapatkan beberapa parameter yang menurun nilainya, yaitu: TDS, TSS, COD, P total, Amonia, dan N total. Dengan demikian adanya peningkatan volume waduk di musim hujan berpengaruh terhadap penurunan kadar bahan terlarutnya. Di musim kemarau didapatkan kadar P total 2,1326mg/L dan N total 5,7686mg/L, sedangkan di awal musim hujan menurun menjadi 0,2104mg/L dan 4,9586mg/L. Sedangkan penetrasi cahaya didapatkan 45,17 cm di musim kemarau dan 52,56cm di awal musim hujan. Kadar klorofil didapatkan 0,0037mg/L di musim kemarau dan 0,0426mg/L di awal musim hujan. Berdasarkan klasifikasi status tropik OEDC (1982 dalam Dodds, 2002) pada Tabel 3, maka perairan Waduk PB Soedirman termasuk pada status hipereutropik, namun kalau ditinjau dari kadar klorofil di musim hujan maka perairan tergolong pada status eutrofik.

Tabel 3. Klasifikasi tropik danau

Parameter	Oligotropik	Mesotropik	Eutropik	Hipertropik
Total P ($\mu\text{g/l}$)	4-10	10-35	35-100	>100
Khlorofil ($\mu\text{g/l}$)	1-2,5	2,5-8	8-25	>25
Secchi (m)	12-6	6-3	3-1,5	<1,5
Total N*($\mu\text{g/l}$)	<350	350-400	400-550	>550

Sumber: OECD (1982 dalam Dodds, 2002), * Nurnberg (1996 dalam Dodds, 2002)

Suthers & Rissik (2009) menyatakan bahwa nitrogen cenderung menjadi faktor pembatas di laut, sementara fosfor adalah nutrient pembatas di perairan tawar. Di perairan Waduk PB Soedirman di musim kemarau didapatkan yang menjadi faktor pembatas adalah N. Hal ini karena rasio N/P di musim kemarau didapatkan nilai 2,68, berdasarkan pendapat Overbeck (1989) maka yang menjadi faktor pembatas adalah N. Di musim penghujan rasio N/P didapatkan 23,62 sehingga yang dominan pada musim penghujan adalah N. Menurut Overbeck (1989) unsur N dan P diambil dalam suatu perbandingan massa rata-rata N : P = 7,2 : 1. Sedangkan Dodds (2002) menyatakan bahwa untuk pertumbuhan fitoplankton yang seimbang maka rasio N: P = 16:1, atau yang dikenal dengan rasio Redfield. Berdasarkan pendapat Overbeck (1989) dan Dodds (2002) maka rasio N dan P di perairan Waduk PB Sudirman berada di luar batas untuk kebutuhan N dan P yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton yang seimbang.

Dibandingkan dengan kriteria mutu air kelas III berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 yaitu baku mutu untuk kegiatan pembudidayaan ikan air tawar, ada beberapa parameter fisik-kimiawi berada dalam batas yang tidak memenuhi baku mutu tersebut. Parameter tersebut adalah COD, P total dan nitrit (di musim kemarau), sedangkan di musim penghujan parameter yang masih di atas baku mutu adalah nitrit. Beberapa parameter yang di atas baku mutu air kelas III adalah parameter berkaitan dengan bahan organik, sehingga hal tersebut menunjukkan adanya pencemaran bahan organik di perairan Waduk PB Soedirman. Khususnya kadar COD yang tinggi menggambarkan bahan organik yang ada adalah sulit didekomposisi. Kondisi ini bisa terjadi karena bahan organik tersebut berasal antara lain dari tumbuhan enceng gondok yang tumbuh melimpah, juga dari limbah pertanian berupa sisa tumbuhan yang mengandung selulose yang sulit terdekomposisi, yang berasal dari daerah aliran sungainya.

Hasil pengukuran kandungan amoniadidapatkan nilai yang tinggi yaitu 0,69mg/L (musim kemarau) dan 0,83mg/L (musim hujan). Dalam baku mutu kualitas air kelas III amonia tidak dipersyaratkan, namun dipersyaratkan untuk ikan yang peka adalah \leq 0.02mg/L. Dengan demikian kandungan amonia berada dalam batas yang perlu mendapat perhatian.

Dikemukakan oleh Dodds (2002) beberapa kontrol berkaitan dengan adanya eutrofikasi di perairan. Hal yang dapat diterapkan di Waduk PB Soedirman adalah kontrol terhadap sumber pencemar yang pasti (*point source*) dan terhadap sumber-sumber pencemar yang tidak pasti (*non point source*) baik di perairan waduk maupun di daerah tangkapan airnya. Hal yang dapat dilakukan tersebut antara lain, pemberantasan gulma air khususnya enceng gondok, mengurangi erosi agar tidak terjadi peningkatan kekeruhan dan sedimentasi, misalnya dengan penghijauan dan pola tanam yang ramah lingkungan, mengolah limbah domestik yang masuk ke perairan, khususnya berkaitan dengan limbah deterjen yang sangat berpotensi meningkatkan P di perairan..

Berbagai tindakan dilakukan untuk mengatasi masalah enceng gondok antara lain dengan menggunakan herbisida, mengangkat tanaman secara langsung, menggunakan predator dan memanfaatkan eceng gondok tersebut, misalnya sebagai bahan pembuatan kertas, kompos, biogas, perabotan, kerajinan tangan, sebagai media pertumbuhan bagi jamur merang, dan sebagainya. Lu *et al.* (2008) mencoba enceng gondok sebagai pakan itik. Didapatkan enceng gondok bagus sebagai pakan itik, dimana berat telurnya 2.36% lebih tinggi dari pada kontrol.

Enceng gondok sangat kaya nitrogen yaitu hingga 3,2 % berat kering dan mempunyai C/N rasio sekitar 15 (Gunnarsson & Petersen, 2007). Enceng gondok mengandung nitrogen, fosfor, magnesium, sulfur, mangan, tembaga, seng, dengan kuantitas nyata dan juga besi, kalsium, potasium yang lebih kaya daripada tanaman lain (Sahu *et al.*, 2002). Tingginya kandungan protein enceng gondok, memungkinkan digunakan sebagai pakan, pupuk maupun produksi biogas. Gunnarsson & Petersen (2007) menyatakan karena tumbuh melimpah dan tingginya konsentrasi nutrien, enceng gondok digunakan sebagai pupuk untuk tanah yang kekurangan nutrien dan sebagai pakan ternak di Afrika.

Hasil pengamatan fitoplankton disajikan pada Tabel 4 (musim kemarau) dan Tabel 5 (musim hujan). Hasil pengamatan terlihat tidak didapatkan adanya dominansi

jenis. Kelimpahan jenis yang relatif tertinggi adalah *Nitzschia vermicularis* 5,37%, dan *Spirogyra sp.* 5,29% pada musim kemarau dan *Asterinella formosa* dan *Spirogyra sp* masing-masing 5,29% pada musim penghujan. Kelimpahan fitoplankton didapatkan 28.693 ind/L pada musim kemarau dan menurun menjadi 13.342 ind/L pada musim penghujan. Kelompok cyanophyta perlu diwaspadai, karena di daerah tropis sangat berpotensi menimbulkan *blooming*, yang berpotensi menyebabkan kematian ikan apabila ada kejadian *upwelling*. Hasil pengukuran didapatkan cyanophyta ada 11 jenis dengan kelimpahan relatif 20,60% pada musim kemarau dan 10,24% pada musim penghujan. Diperlukan usaha untuk tidak terjadinya peningkatan kesuburan perairan waduk, yang sangat mendorong terjadinya *blooming* kelompok Cyanobacteria. Terlebih juga dengan diketemukannya *Trichodesmium erythreum* yang merupakan penyakit ikan yaitu dengan kelimpahan 3,34% di musim kemarau dan 1,95% di musim penghujan.

Blooming alga dapat menyebabkan sejumlah masalah untuk pengelolaan perairan tawar. Permukaan yang kumuh dapat terjadi selama *blooming* cyanophyta, alga hijau berflagella dan euglenophyta, karena ketiganya adalah organisme yang dapat mengapung dan terakumulasi di permukaan air. Adanya kekumuhan dapat menurunkan estetika dan mengganggu kegiatan pariwisata pada badan air. *Blooming* cyanophyta dapat memberikan bau apak, bau tanah, *blooming* alga hijau dapat memberikan bau rumput, dan *blooming* chrysophyta dan alga berflagella memberikan bau ikan. Adanya *blooming* alga dapat mengganggu instalansi pengolahan air. *Blooming* fitoplankton juga dapat menyebabkan bahaya yang distilahkan sebagai *harmfull algal blooms* (HABs) (Redden, *et al.* 2009) antara lain dari racun yang dikeluarkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan status tropik, nutrien pembatas, baku mutu kualitas air kelas III, serta didapatkannya kelimpahan cyanophyta hingga 20% di musim kemarau, maka perairan Waduk PB Soedirman kurang layak untuk kegiatan budidaya perikanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Hibah Strategis Nasional yang didanai DIKTI Tahun Anggaran 2010, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih atas kepercayaan penggunaan dana yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA). 1992. *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, New York.
- Davies, O.A., J.F. Alfred-Ockija and A.Asele. 2005. Induce growth of phytoplankton using two fertiluzer (NPK and Agrolyser) Under Laboratory Condition. <http://www.academicjournal.org/AJB>
- Davis, C.C. 1955. *The marine and fresh water plankton*. Michigan State University Press, New York.
- Dodds, W.K. 2002. *Freshwater ecology. Concepts and environmental applications*. Academic Press. San Diego.
- El-Sayed, A.F. 2003. Effects of fermentation methods on the nutritive value of water hyacinth for *Oreochromis niloticus* (L) Fingerlings. *Aquaculture*, vol.218, p. 471-478
- Fachrul, M.F., H. Haeruman, dan L.C. Sitepu. 2005. Komunitas fitoplankton sebagai bio-indikator kualitas perairan Teluk Jakarta. URL : <http://www.ipitek.net.id>.
- Gunnarsson, C.C. and C.M. Petersen. 2007. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: a Literature Review. *Waste Manag.* 27(1):117-129
- Hronich, J.E., L. Martin, J. Plawsky. And H.R. Bungay.. 2008. Potential of *Eichhornia crassipes* for biomass refining *J Ind Microbiol Biotechnol* 35(5):393-402.
- Kementrian Lingkungan Hidup (KLH). 2002. Himpunan peraturan perundang-undangan di bidang pengelolaan lingkungan hidup dan pengendalian dampak lingkungan era otonomi daerah. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Lu J., Z. Fu. and Z. Yin. 2008. Performance of a water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) system in the treatment of wastewater from a duck farm and the effects of using water hyacinth as duck feed. *J Environ Sci* 20(5):513-9

- Rissik, D. and I. Suthers. 2009. The importance of plankton. In Suthers, I and D. Rissik. Plankton, A Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality. CSIRO Publishing. Collingwood..
- Rissik, D., D van Senden, M.Dorothy, T. Ingleton., P. Anjani., L. Blowing., M. Gibbs., M., Gladstone., T. Kobayashi., I. Suthers and W. Froneman., 2009. Plankton related environment and water quality issues. In Suthers, I and D. Rissik. Plankton, A Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality. CSIRO Publishing. Collingwood.
- Redden, A.M., T. Kobayashi, I. Suthers. L. Blowing, D. Rissik and G. Newton., 2009. Plankton processes and the environment. In Suthers, I and D. Rissik. Plankton, A Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality. CSIRO Publishing. Collingwood.
- Sahu, A.K., S.K. Sahoo and S.S. Giri. 2002. Efficacy of water hyacinth compost in nursery ponds for larval rearing of indian major Carp, *Labeo rohita*. *Bioresour Technol.* Vol 85 (3), p 309-311
- Shirota, A. 1966. The plankton of South Vietnam. Technical Cooperation Agency, Tokyo.
- Scahoemar, S.I., D. Irawan, D.Yaniharto. 1996. Kriteria penentuan tingkat kesuburan dan dampak pengembangan jaring apung di perairan danau. *J.alami.* 1 (1) :36-39.
- Sukadi, M.F., I.N.S. Rabegnatar, O. Praseno, Krismono, Z. Jangkaru dan H.R. Schmittou. 1989. Petunjuk teknis budidayai ikan dalam keramba jaring apung. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.
- Thompson, R.H. 1959. Algae. In Edmonson, W.T. (Ed) 1959. Freshwater Biology 2nd Edition. John Willey and Sons Inc, New York.

Tabel 1. Hasil pengukuran fisik kimiawi perairan Waduk PB Soedirman (nusim kemarau)

No	Parameter	Stasiun									Rata-rata	Standar deviasi
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
1	Suhu air (°C)	28	30	29	29	28	29	29	25	28	28,33	1,41
2	Kedalaman (m)	8,1	4,9	11,8	33,1	23,4	8	5,1	4,1	7,5	11,78	9,92
3	Penetrasi cahaya (cm)	70	57	51,5	55	41	45,5	27,5	29,5	29,5	45,17	14,64
4	O ₂ (mg/l)	7	7,5	7,5	7,4	8,4	7	7,9	7,8	7,6	7,57	0,44
5	CO ₂ (mg/l)	1,65	2,42	4,29	7,48	2,64	2,31	2,97	3,08	3,85	3,41	1,72
6	Alkalinitas (mg/l)	1,06	0,42	0,5	1	0,16	0,32	0,43	0,41	0,44	0,53	0,30
7	pH	7	6	7	7	7	7	7	6	6	6,67	0,50
8	TDS (mg/l)	233,33	216,67	290	233,33	270	260	210	243,33	246,67	244,81	25,45
9	TSS (mg/l)	56	38	42	50	18	36	64	60	36	44,44	14,48
10	BOD ₅ (mg/l)	3,04	1,92	2,72	3,6	3,04	2,76	3,4	1,2	6,16	3,09	1,37
11	COD (mg/l)	8	24	64	104	80	72	80	112	32	64,00	35,78
12	P total (mg/l)	1,3656	2,5186	1,9564	2,165	2,2432	1,8673	2,7889	2,8154	1,4736	2,13	0,52
13	PO ₄ -P (mg/l)	0,0216	0,0164	0,0524	0,0102	0,0205	0,0184	0,0402	0,0321	0,027	0,03	0,01
14	NH ₃ N (mg/l)	1,0103	0,2075	0,4149	0,3299	0,4679	0,37	0,9005	0,5853	1,9059	0,69	0,53
15	NO ₃ -N (mg/l)	1,8545	1,7263	2,0181	1,7418	1,7873	1,7122	2,0138	2,9402	1,8562	1,96	0,38
16	NO ₂ -N (mg/l)	0,0393	0,0478	0,0457	0,0448	0,0532	0,0524	0,0723	0,097	0,1639	0,07	0,04
17	N total (mg/l)	3,25	4,665	7,827	6,994	4,33	8,007	6,18	4,955	5,71	5,77	1,63

18	Silika (mg/l)	132,24	165,77	137,72	142,38	147,74	146,59	129,54	176,85	95,25	141,56	23,15
19	Klorofil (mg/l)	0,0031	0,0013	0,0009	0,0005	0,0005	0,0027	0,0005	0,0009	0,0009		0,0037

Tabel 2. Hasil pengukuran fisik kimiawi perairan Waduk P. B Soedirman (musim hujan)

No	Parameter	Stasiun									Rata-rata	Standar Deviasi
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
1	Suhu air (°C)	26	29	29	30	30	26	29	30	30	28,78	1,64
2	Kedalaman (m)	9	7,5	15	38,5	25	10	7,6	7	9,2	14,31	10,71
3	Penetrasi cahaya (cm)	95	75	61	69	58	27,5	25,5	22	40	52,56	25,32
4	O ₂ (mg/l)	2,175	6,7	6,4	7,1	7,3	7,8	7,69	8	7,5	6,74	1,79
5	CO ₂ (mg/l)	7,7	5,72	5,5	5,17	7,15	5,61	8,58	1,25	4,73	5,71	2,11
6	Alkalinitas (mg/l)	1,25	0,63	0,77	0,79	1,38	0,94	0,85	1	0,67	0,92	0,25
7	pH	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7,00	0,00
8	TDS (mg/l)	106,7	170	130	166,7	176,7	176,7	153,3	166,7	156,7	155,93	23,44
9	TSS (mg/l)	22	24	28	32	30	10	22	68	34	30,00	15,94
10	BOD ₅ (mg/l)	1,52	1,28	1,2	6,2	3,56	3,8	4,4	4	11,4	4,15	3,19
11	COD (mg/l)	24	16	16	72	72	24	32	24	120	44,44	35,80
12	P total (mg/l)	0,118	0,309	0,569	0,501	0,165	0,09	0,044	0,056	0,034	0,21	0,20
13	PO ₄ -P (mg/l)	0,012	0,017	0,016	0,013	0,014	0,056	0,041	0,051	0,016	0,03	0,02
14	NH ₃ N (mg/l)	0,958	0,948	0,837	0,438	0,769	1,358	1,155	0,855	0,178	0,83	0,35

15	NO ₃ -N (mg/l)	1,455	1,57	1,591	1,541	1,569	2,748	2,22	2,601	1,136	1,83	0,56
16	NO ₂ -N (mg/l)	0,024	0,03	0,037	0,029	0,032	0,011	0,089	0,098	0,041	0,04	0,03
17	N total (mg/l)	6,825	7,115	4,729	5,102	3,22	3,268	3,335	7,77	3,264	4,96	1,85
18	Silika (mg/l)	176,5	161,2	151,4	159,5	176,5	162,9	133,3	152,7	107,2	153,46	21,79
19	Klorofil (mg/l)	0,0017	0,0014	0,0018	0,0009	0,0017	0,0009	0,0018	0,0005	0,0031		0,0426
20	DHL (µmhos)	250	100	250	220	220	190	180	190	180	197,78	45,77

Tabel 4. Kelimpahan Chrysophyta yang didapatkan di Waduk Panglima Besar Soedirman (musim kemarau)

Spesies	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Stasiun V	Stasiun VI	Stasiun VII	Stasiun VIII	Stasiun IX	Rata-rata	KR
	UI	UI	UI	UI	UI	UI	U1	U1	UI		
Chlorophyta											
<i>Coelastrum cubitum</i>	0	751	375	375	0	0	0	0	375	208,44	1,39
<i>Characium longiceps</i>	0	375	0	0	0	1126	375	375	0	250,11	1,67
<i>Closterium maniliforma</i>	1126	375	375	0	1126	1126	375	0	375	542,00	3,62
<i>Closterium setsceum</i>	751	0	375	0	375	0	1126	0	751	375,33	2,51
<i>Gonatozygon kinahani</i>	1126	0	0	1126	0	0	0	751	375	375,33	2,51
<i>Gloeocystus vesiculosa</i>	1126	375	0	1126	0	375	375	375	0	416,89	2,78
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>	375	375	375	0	375	1126	0	751	751	458,67	3,06
<i>Kircheneriella lunaris</i>	750	375	751	0	750	0	375	1126	0	458,56	3,06
<i>Pediastrum</i>	0	375	375	0	375	375	751	0	375	291,78	1,95

<i>duplex</i>											
<i>Selenastrum sp.</i>	751	751	0	751	0	0	375	0	375	333,67	2,23
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	751	375	0	0	375	375	0	0	375	250,11	1,67
<i>Scenedesmus obliquus</i>	0	0	751	375	751	0	0	375	1126	375,33	2,51
<i>Sprirogyra sp.</i>	1126	375	751	751	1502	1126	0	751	751	792,56	5,29
<i>Staurastrum anatinoides</i>	375	0	0	0	0	0	0	375	375	125,00	0,84
<i>Volvox sp</i>	1126	0	375	375	375	751	0	1126	375	500,33	3,34
	9383	4502	4503	4879	6004	6380	3752	6005	6379		
Chrysophyta											
<i>Acnanthes brevipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Asterionella formosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Cocconeus placentula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Cylonexis annularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Cymatopleura solea</i>	0	1126	375	375	0	1502	1126	751	0	583,89	3,90
<i>Denticula tenuis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Diatoma vulgare</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Epichrysis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Eunotia ehrenbergii</i>	375	0	1126	751	751	0	375	1126	751	583,89	3,90
<i>Ghomphonema lanceolatum</i>	1126	0	0	375	375	1126	375	0	1876	583,67	3,90

<i>Gyrosygma acuminata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Navicula insuta</i>	751	1501	0	375	0	0	375	0	375	375,22	2,51
<i>Nitzshia crosterium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Nitzshia curcula</i>	0	751	0	375	1876	751	1126	751	751	709,00	4,74
<i>Nitzshia vermicularis</i>	1876	751	375		1126	375	375		751	804,14	5,37
<i>Pinnularia legumen</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Pinnularia tabellaria</i>	1501	1876	375	751	0	0	751	375	375	667,11	4,46
<i>Pleurogaster lunaris</i>	375	0	1126	0	751	751	375	0	751	458,78	3,06
<i>Rhopaloidea gibba</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Suriella ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Stauroneis acutum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Synedra acus</i>	1126	375	751	0	375	1126	0	751	375	542,11	3,62
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
	7130	6380	4128	3002	5254	5631	4878	3754	6005		
Cyanophyta											
<i>Anabaena curcularis</i>	0	375	0	375	375	0	0	375	375	208,33	1,39
<i>Anabaena Raciborskii</i>	751	0	0	375	375	751	0	0	0	250,22	1,67
<i>Calothrix</i>	375	751	751	0	0	0	751	0	751	375,44	2,51
<i>Lyngbya bingei</i>	375	0	0	0	0	375	751	0	0	166,78	1,11
<i>Merismopedia minuta</i>	375	0	375	375	0	0	751	0	0	208,44	1,39

<i>Microcystis flosaque</i>	0	751	0	0	1126	751	0	751	1126	500,56	3,34
<i>Nostoc sphaericum</i>	0	0	375	0	375	0	0	0	375	125,00	0,84
<i>Oscillatoria limnosa</i>	375	0	375	1126	0	375	375	375	0	333,44	2,23
<i>Spirulina sp</i>	375	375	375	0	0	375	375	0	375	250,00	1,67
<i>Tolypothrix</i>	375	375	0	375	0	375	0	0	0	166,67	1,11
<i>Trichodesmium erythreum</i>	751	375	751	0	375	0	375	1501	375	500,33	3,34
	3752	3002	3002	2626	2626	3002	3378	3002	3377		20,60
Pyrrophyta											
<i>Ceratium hirudinella</i>	375	375	751	375	751	375	375	751	375	500,33	3,34
<i>peridinium apiculata</i>	0	751	375	0	375	751	751	0	751	417,11	2,79
<i>Perinidium umberiatum</i>	375	0	0	0	0	0	375	0	0	83,33	0,56
	750	1126	1126	375	1126	1126	1501	751	1126		
Total Kelimpahan	21015	15010	12759	10882	15010	16139	13509	13512	16887		
Jumlah rata-rata										14969,22	

Tabel 5. kelimpahan Chrysophyta yang didapatkan di Waduk Panglima Besar Soedirman (musim hujan)

Spesies	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Stasiun V	Stasiun VI	Stasiun VII	Stasiun VIII	Stasiun IX	Rata-rata	KR
	U2	U2	U2	U2	U2	U2	U2	U2	U2		
Chlorophyta											
<i>Coelastrum cubitum</i>	0	375	0	751	0	375	375	0	0	208,44	1,39
<i>Characium longiceps</i>	0	375	0	375	375	375	0	0	0	166,67	1,11

<i>Closterium maniliforma</i>	0	0	0	0	0	0	375	0	375	83,33	0,56
<i>Closterium setsceum</i>	375	375	0	0	0	0	0	0	0	83,33	0,56
<i>Gonatozygon kinahani</i>	0	0	375	0	0	0	751	0	0	125,11	0,84
<i>Gloeocystus vesiculosa</i>	375	0		751	0	0	0	0	1126	281,50	1,88
<i>Hydrodictyon reticulatum</i>	0	375	751	751	0	0	0	375	0	250,22	1,67
<i>Kircheneriella lunaris</i>	0	375	0	0	0	0	0	375	0	83,33	0,56
<i>Pediastrum duplex</i>		375	0	0	751	0	0	1126	0	281,50	1,88
<i>Selenastrum sp.</i>	375	751	0	0	0	0	0	0	0	125,11	0,84
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0	0	0	0	0	751	0	0	0	83,44	0,56
<i>Scenedesmus obliquus</i>	0	751	0	0	0	1126	1501	0	0	375,33	2,51
<i>Spirirogyra sp.</i>	375	0	1501	1501	0	1877	0	1126	751	792,33	5,29
<i>Staurastrum anatinoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	375	41,67	0,28
<i>Volvox sp</i>	375	0	1126	375	0	0	0	375	375	291,78	1,95
	1875	3752	3753	4504	1126	4504	3002	3377	3002		
Chrysophyta											
<i>Acnantes brevipes</i>	751	375	1126	0	1876	375	375	0	375	583,67	3,90
<i>Amphora ovalis</i>	0	751	0	751	0	375	0	1501	375	417,00	2,79
<i>Asterionella formosa</i>	375	751	1126	1501	1126	1126	0	0	1126	792,33	5,29
<i>Cocconeus placentula</i>	375	0	751	0	0	751	1501	375	751	500,44	3,34
<i>Cylonexis annularis</i>	375	375	751	375	375	751	375	751	375	500,33	3,34

<i>Cymatopleura solea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Denticula tenuis</i>	1126	751	375	375	375	0	0	0	375	375,22	2,51
<i>Diatoma vulgare</i>	751	0	0	375	0	1501	1126	0	0	417,00	2,79
<i>Epichrysis</i>	375	0	375	0	375	0	1126	751	751	417,00	2,79
<i>Eunotia ehrenbergii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Ghomphonema lanceolatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Gyrosygma acuminata</i>	751	0	1126	1126	0	375	751	375	0	500,44	3,34
<i>Navicula insuta</i>	375	0	0	0	375	0	0	0	375	125,00	0,84
<i>Nitzshia crosterium</i>	0	1126	375	0	0	375	0	375	0	250,11	1,67
<i>Nitzshia curcula</i>	375	0	0	1126	375	0	751	0	375	333,56	2,23
<i>Nitzshia vermicularis</i>	0	375	0	0	1501	0	0	375	375	291,78	1,95
<i>Pinnularia legumen</i>	0	1126	375	0	375	0	375	375	375	333,44	2,23
<i>Pinnularia tabellaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Pleurogaster lunaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Rhopaloidea gibba</i>	0	375	0	0	751	751	375	1126	751	458,78	3,06
<i>Suriella ovalis</i>	751	1126	375	375	1126	0	0	0	0	417,00	2,79
<i>Stauroneis acutum</i>	375	751	751	751	375	0	375	0	0	375,33	2,51
<i>Synedra acus</i>	1501	0	0	0	0	0	0	375	0	208,44	1,39
<i>Synedra ulna</i>	375	751	1126	375	1126	1501	375	751	375	750,56	5,01

	8631	8633	8632	7130	10131	7881	7505	7130	6754		
Cyanophyta											
<i>Anabaena curcularis</i>	0	0	751	0	375	0	375	0	0	166,78	1,11
<i>Anabaena Raciborskii</i>	375	0	0	0	0	0	751	751	0	208,56	1,39
<i>Calothrix</i>	0	375	375	0	0	375	0	0	375	166,67	1,11
<i>Lyngbya bingei</i>	0	0	375	751	0	0	0	0	0	125,11	0,84
<i>Merismopedia minuta</i>	0	0	375	0	751	0	375	0	375	208,44	1,39
<i>Microcystis flosaque</i>	0	375	0	0	0	0	0	375	0	83,33	0,56
<i>Nostoc sphaericum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
<i>Oscillatoria limnosa</i>	0	0	0	751	0	375	0	0	0	125,11	0,84
<i>Spirulina sp</i>	375	0	0	0	0	375	0	0	751	166,78	1,11
<i>Tolypothrix</i>	751`	0	0	375	0	375	0	375	0	140,63	0,94
<i>Trichodesmium erythreum</i>	0	751	0	375	1126	375	0	0	0	291,89	1,95
	750	1501	1876	2252	2252	1875	1501	1501	1501		10,24
Pyrrophyta											
<i>Ceratium hirudinella</i>	751	0	751	375	375	0	0	0	0	250,22	1,67
<i>peridinium apiculata</i>	751	0	0	0	375	0	0	0	0	125,11	0,84
<i>Perinidium umberiatum</i>	0	0	0	375	0	0	0	0	0	41,67	0,28
	1502	0	751	750	750	0	0	0	0		
Total Kelimpahan	12758	13886	15012	14636	14259	14260	12008	12008	11257		
Jumlah rata-rata										13342,67	

KONSEP PENGELOLAAN SUMBERDAYA IKAN DAN LINGKUNGANNYA DI DANAU MANINJAU, SUMATERA BARAT

Sulastri

Puslit Limnologi-LIPI

Komplek LIPI Cibinong

Jl. Raya Bogor-Jakarta, Km 46 Cibinong, Bogor.

Email: lastri@indo.net.id

ABSTRAK

Danau Maninjau memiliki potensi sumberdaya ikan yang penting untuk mendukung kehidupan masyarakat disekitarnya. Disisi lain danau ini mengalami permasalahan yang kompleks yakni penurunan kualitas air, eutrofikasi, kematian ikan secara masal, penurunan pupulasi jenis-jenis ikan asli dan meningkatnya jenis-jenis ikan asing. Tulisan ini menyajikan gagasan konsep pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungannya untuk pemanfaatan berkelanjutan di Danau Maninjau. Gagasan ini dirumuskan melalui kajian pustaka, Pola pemanfaatan dan permasalahan danau, aktivitas pengelolaan danau dan hasil-hasil penelitian terdahulu. Beberapa permasalahan Danau Maninjau diantaranya adalah kematian ikan secara penurunan kualitas air, blooming alga *Microcystis aeruginosa*, kematian ikan secara masal, penurunan populasi dan kerusakan habitat sumberdaya ikan. Budidaya ikan dalam jaring apung (KJA) yang melebihi daya dukung memicu peningkatan nutrien dan pertumbuhan alga serta penurunan kualitas air. Pembangunan KJA dan pemukiman serta aktivitas lainnya di wilayah litoral juga menjadi faktor rusaknya habitat litoral dan hilangnya substrat sumberdaya ikan. Pesatnya perkembangan kegiatan budidaya ikan KJA di danau berpengaruh terhadap pengembangan ekonomi yang bersifat kapitalistik yang dinilai turut berkontribusi terhadap menurunnya kualitas perairan Danau Maninjau. Dan satu problem lainnya yang diidentifikasi adalah menurunnya modal sosial diantara masyarakat yang tinggal disekitar Danau Maninjau. Upaya-upaya untuk menanggulangi permasalahan Danau Maninjau telah dilakukan, namun permasalahan sepenuhnya belum teratasi. Oleh karena itu untuk mencapai pemanfaatan sumber daya ikan dan lingkungan berkelanjutan perlu adanya konsep pengelolaan yang bersifat komprehensif yang mencakup aspek nilai dan etika, dukungan hukum dan sanksi yang positif, sistem pengembangan ekonomi sumberdaya danau yang bersifat kerakyatan, sistem pengelolaan bersifat partisipatif (ko-manajemen), melibatkan kajian IPTEK dan perpaduan kearifan ekologis untuk menetapkan kebijakan pengelolaan serta melibatkan aktivitas seni budaya.

Kata kunci: *Pengelolaan, Sumberdaya ikan, lingkungan, Danau, Maninjau.*

PENDAHULUAN

Danau Maninjau merupakan sebuah danau tekto-vulkanik, terletak pada ketinggian 462 m diatas permukaan laut, dengan luas permukaan (A) 9737,50 ha, rata-rata kedalaman maksimum (z) 105,5 m dan kedalaman maksimum (Z_{max}) of 165 m (Fachrudin *et al.* 2002). Danau ini selain dimanfaatkan untuk aktivitas perikanan tangkap dan budidaya ikan dalam karamba jaring apung (KJA) juga dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik yang dibangun sejak tahun 1983.

Sumberdaya ikan yang penting untuk mendukung aktivitas perikanan tangkap bagi masyarakat disekitarnya disajikan pada Tabel 1. Ikan bada (*Rasbora argyrotaenia*) merupakan komoditas terpenting untuk perikanan tangkap karena memiliki harga

pasaran yang tinggi sebagai produk ikan asap, yakni harganya mencapai Rp 140.000/kg (Dina, 2008). Selain ikan bada dan ikan rinuak (*Psylopis* sp), pensi (*Corbicula* sp.) juga merupakan komoditas perikanan tangkap untuk mendukung kebutuhan pasar lokal.

Beberapa jenis ikan asli lainnya seperti Baung (*Mystus*), Barau (*Hampala macrolepidota*), Asang (*Osteochilus haselti*), Supareh (*Puntius* sp.) hanya sedikit ditemukan di pasar lokal bila dibandingkan dengan ikan bada dan rinuak, sedangkan ikan Garing (*Tor* sp), ikan Panjang (*Anguila* sp.) sudah jarang dijumpai oleh nelayan. Disisi lain terdapat jenis ikan pendatang baru yakni ikan indosiar (*Oxyeleotris marmorata*) dan lobster air tawar (*Cherax* sp.) yang melimpah dan oleh masyarakat nelayan dikawatirkan akan mengganggu populasi ikan asli ikan danau.

Tabel 1. Sumberdaya ikan Danau Maninjau Triyanto (2003) dalam Sulastri *et al.*, (2012).

Nama lokal	Spesies	Famili
Barau	<i>Hampala macrolepidota</i>	Cyprinidae
Garing	<i>Tor soro</i> ***	Cyprinidae
Asang	<i>Osteochilus haselti</i>	Cyprinidae
Bada	<i>Rasbora argyrotaenia</i>	Cyprinidae
Mas	<i>Cyprinus carpio</i> *	Cyprinidae
Kalui	<i>Osphronemus goramy</i>	Osphronemidae
Rinuak	<i>Psylopsis</i> sp.	
Mujair	<i>Oreochromis mossambicus</i> *	Cichlidae
Supareh	<i>Puntius</i> sp.	Cyprinidae
Nila	<i>Oreochromis niloticus</i> *	Cichlidae
Gabus	<i>Ophiocephalus</i> sp.	Ophiocephalidae
Panjang / sidat	<i>Anguilla</i> sp.***	Anguillidae
Puyu, betook	<i>Anabas testudineus</i>	Anabantidae
Indosiar	<i>Oxyeleotris marmorata</i> **	Eleotridae
Baung	<i>Mystus</i> sp.	Bagridae
Pensi	<i>Corbicula</i>	Corbiculidae

Keterangan: *Ikan introduksi; ** Ikan pendatang baru; *** Ikan asli tidak dijumpai

Permasalahan sumberdaya ikan adalah menurunnya populasi ikan asli, laju eksploitasi ikan bada yang sudah melebihi dari tangkapan optimum yang diindikasikan oleh makin menurunnya ukuran ikan (Dina, 2008). Bertambahnya nelayan pendatang baru dan munculnya alat tangkap bagan paska kematian ikan masal yang juga dikawatirkan akan meningkatkan laju eksplotasi ikan bada apabila tidak diatur dan dikendalikan. Disamping itu juga menurunnya kualitas perairan dan rusaknya habitat sumberdaya ikan di wilayah litoral.

Permasalahan sumberdaya ikan juga tidak terlepas dari penurunan kualitas lingkungan perairan akibat dampak aktivitas pemanfaatan sumberdaya Danau Maninjau yang multi fungsi yang belum mempertimbangkan harmonisasi pemanfaatan fungsi danau itu sendiri. Dampak permasalahan sumberdaya ikan dan lingkungan Danau Maninjau menimbulkan masalah yang kompleks tidak hanya masalah lingkungan tetapi juga masalah ekonomi dan sosial. Oleh karena itu perlu dirumuskan suatu konsep pengelolaan yang komprehensif yang mengatur pemanfaatan sumberdaya berkelanjutan bagi masyarakat yang tinggal disekitarnya. Makalah ini menyajikan gagasan konsep pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan di Danau Maninjau yang dikaji berdasarkan analisis, permasalahan, tinjauan pustaka dan hasil penelitian terdahulu, pola pemanfaatan dan sistem pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan di perairan danau tersebut..

PERMASALAHAN DANAU MANINJAU.

Danau Maninjau memiliki permasalahan yang kompleks mulai dari masalah lingkungan hingga masalah sosial. Permasalahan ini muncul sebagai dampak dari pola pemanfaatan yang belum mempertimbangkan pola pemanfaatan berkelanjutan. Pemanfaatan dan permasalahan D. Maninjau disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemanfaatan, permasalahan dan sumber permasalahan Danau Maninjau.

No	Pemanfaatan	Permasalahan	Penyebab kerusakan
1	Pembangkit tenaga listrik (PLTA), dibangun sejak tahun 1983	Pengendalian blooming alga <i>Microcystis</i> .	Perubahan sistem hidrologi
2	Kegiatan Budidaya ikan dalam KJA dimulai sejak tahun 1990, Jumlah KJA mencapai 9825 unit (Triyanto <i>et al.</i> , 2006).	Penurunan kualitas air, eutrofikasi, blooming alga <i>Microcystis</i> (Syandry, 2000), kematian ikan secara masal	Kelebihan daya dukung KJA. Pengembangan sistem ekonomi kapitalistik dan menurunnya modal sosial masyarakat (Hartoto, 2009a). Peningkatan nutrisi dari wilayah sempadan aktivitas budidaya dalam KJA
3	Kegiatan perikanan tangkap.	Penurunan populasi ikan endemik dan asli. Hadirnya species baru (lobster air tawar, ikan betutu).	Laju eksploitasi berlebih, (Dina, 2008) kerusakan habitat litoral (Sulastri 2010), belum berkembangnya suaka perikanan.
4.	Wisata	Penurunan estetika dan kualitas air	Aktivitas Budidaya ikan dalam KJA yang melebihi daya dukung
5	Penyediaan air bersih	Penurunan mutu kualitas air	Peningkatan bahan pencemar dari aktivitas budidaya dan pemukiman sekitarnya.

Danau Maninjau memiliki peran multi fungsi yakni untuk pembangkit Tenaga Listrik Air (PLTA), kegiatan budidaya ikan dalam karamba Jaring apung (KJA), perikanan tangkap, wisata dan penyediaan air bersih. Pembangunan PLTA dimulai sejak tahun 1983, adanya pembangunan PLTA menyebabkan perubahan sistem hidrologi danau. Air danau yang keluar dari lapisan permukaan berubah menjadi lapisan bawah permukaan atau pada kedalaman 6 – 10 m (Fachrudin *et al*, 2001). Sejak dibangunnya PLTA, air danau tidak keluar lagi melalui saluran air alami Batang Antokan, namun lewat *intake* karena diperlukan untuk menggerakkan turbin, Perubahan sistem hidrologi ini mengganggu pengeluaran marak algae seperti *Microcystis aeruginosa* yang memiliki sifat mengapung dipermukaan. Munculnya marak algae ini dipicu oleh meningkatnya nutrien dari aktivitas di danau

Budidaya ikan dalam KJA dikembangkan sejak tahun 1990 dan terus berkembang hingga mencapai 9825 unit pada 2006 dan 12000 unit pada tahun 2009 (Triyanto *et al.*, 2006; Hartoto *dalam* Sulastrri 2010). Meningkatnya budidaya ikan dalam KJA ini dinilai meningkatkan nutrien dan mendorong pertumbuhan alga *Microcystis aeruginosa*, penurunan kualitas air dan kematian ikan secara masal (Triyanto *et al.*, 2005, 2006, 2007 ; Syandry , 2000; Tri Suryono *et al*, 2008, Sulastrri 2002, Sulastrri *et al*, 2010).

Berkembangnya budidaya ikan dalam KJA yang mencapai puluhan ribu unit juga dinilai memberi dampak terhadap pengembangan ekonomi yang bersifat kapitalistik yang kurang menguntungkan dari segi konservasi atau pemanfaatan sumberdaya berkelanjutan. Kondisi ini dikarenakan perimbangan manfaat ekonomi pada sistem ekonomi kapitalistik antara pemilik modal besar dan penggarap yang tinggal disekitar danau dinilai terdapat ketimpangan. Masyarakat penggarap mendapat manfaat ekonomi lebih rendah sangat lemah kemampuannya untuk melindungi, mencegah serta memperbaiki kerusakan sumber daya perairan dari dampak aktivitas budidaya tersebut (Hartoto, 2009 b).

Danau Maninjau selain dimanfaatkan untuk budidaya ikan juga dimanfaatkan untuk aktivitas perikanan tangkap. Aktivitas perikanan tangkap ditujukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat lokal dan di luar Maninjau. Ikan Bada merupakan komoditas perikanan tangkap yang penting karena memiliki nilai ekonomis tinggi sebagai produk ikan asap. Namun demikian perikanan tangkap ikan bada mengalami

penurunan yang dindikasikan makin mengcilnya ukuran ikan. Hasil penelitian menunjukkan laju eksploitasi sumberdaya ikan yang sudah melebihi laju optimum penangkapan ukuran ikan (Dina, 2008). Meningkatnya nelayan pendatang baru dan munculnya jenis alat tangkap bagan paska kematian ikan secara masal juga dikawatirkan menjadi faktor pendorong penurunan perikanan tangkap bila tidak diatur dan dikendalikan. Penurunan populasi ikan asli, endemik munculnya species baru, belum adanya sistim konservasi sumberdaya ikan menjadi bagian perikanan tangkap yang perlu diatasi.

Berkembangnya pariwisata di Danau Maninjau diikuti oleh berkembangnya sarana wisata berupa penginapan dan restoran yang dibangun di wilayah sempadan danau. Pembangunan perhotelan, restoran dan pemukiman di wilayah sempadan serta aktivitas budidaya ikan dalam KJA di wilayah litoral danau selain merusak estetika dan habitat sumberdaya ikan berkontribusi terhadap peningkatan nutrien dan penurunan kualitas air. Kondisi demikian pada akhirnya kurang menguntungkan untuk kegiatan wisata dan perikanan tangkap. Kerusakan habitat ikan diindikasikan tidak terawatnya muara-muara saluran air masuk yang menjadi habitat ikan bada (*Rasbora argirotaenia*), dan perubahan jenis pakan beberapa jenis ikan asli danau (Sulastrı *et al.*, 2012).

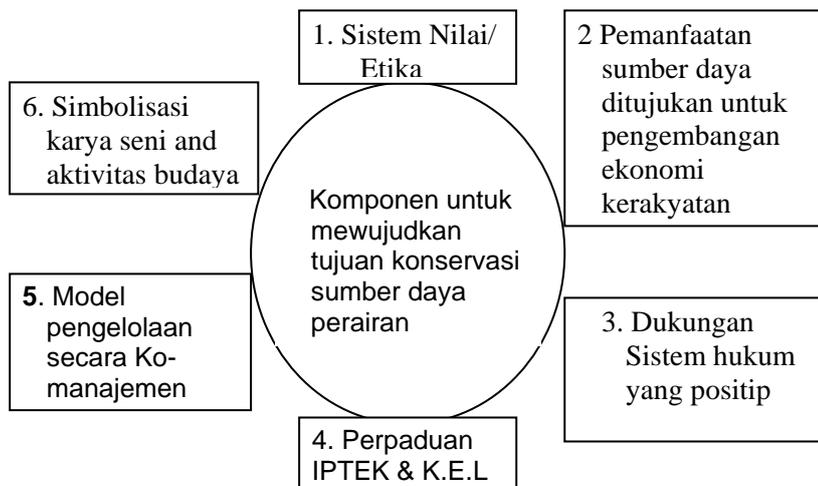
Dampak masalah lingkungan perairan danau Maninjau akhirnya berkembang konflik sosial diantara pengguna sumberdaya danau. Sumberdaya danau selain untuk pembangkit tenaga listrik dan memenuhi kebutuhan ekonomi juga sebagai sarana penyedia air bersih masyarakat sekitar danau. Konflik sosial terjadi ketika marak alga *Microcystis* dan kematian ikan secara masal pada tahun 2000. Pemanfaatan fungsi danau untuk budidaya ikan yang melebihi daya dukung perairan mengindikasikan bahwa pemanfaatan danau lebih menonjolkan untuk tujuan pengembangan ekonomi.

Dalam pembangunan berkelanjutan maka aktivitas pemanfaatan sumberdaya perairan danau seharusnya menyeimbangkan faset pertumbuhan ekonomi, faset penerimaan secara sosio-politik dan faset kesuaian ekologis sehingga terjadi harmonisasi pemanfaatan fungsi sumberdaya danau yang tersedia. Menurut Hartoto 2005; Klessig, 2001 *dalam* Sulastrı 2010, perairan darat memiliki aneka jasa bagi masyarakat yang hidup di sekitarnya yang harus dikelola secara harmonis sehingga mampu melestarikan kesejahteraan masyarakat disekitarnya. Jasa kemasyarakatan tersebut diantaranya dapat memberikan peluang untuk kebutuhan pendidikan, estetika,

budaya, kesehatan lingkungan, ekonomi (perikanan, energi listrik, kebutuhan air bersih, industri wisata) spiritual, sarana ketahanan kolektif dan emosional serta aktivitas budaya.

LANDASAN TEORITIS PENGELOLAAN SUMBERDAYA IKAN DAN LINGKUNGANNYA

Pengelolaan adalah suatu proses dalam membuat kebijakan dan mengembangkan rencana kerja yang nyata dalam kehidupan, sedangkan kebijakan sumberdaya perikanan digambarkan dalam tujuan-tujuan umum dan bagaimana sumberdaya harus dimanfaatkan, dikelola dan diatur (FAO, 2005). Mengelola sumberdaya sebenarnya merupakan aktivitas konservasi agar manfaat sumberdaya tersebut bisa lestari. Oleh karena itu dalam aktivitas pemanfaatan sumberdaya seharusnya dibarengi dengan aktivitas pemeliharaan dan pencegahan kerusakan potensi sumber daya tersebut, sehingga diperoleh hasil yang maksimum dan memenuhi kebutuhan generasi sekarang serta generasi yang akan datang (Hartoto 2009). Untuk mencapai tujuan pemanfaatan sumberdaya berkelanjutan atau konservasi maka aktivitas pengelolaan harus dilandasi enam komponen penting yang mencakup nilai dan etika, dukungan sistem hukum dan sanksi yang positif, pengembangan ekonomi sumberdaya yang bersifat kerakyatan, dukungan perpaduan kajian IPTEK dan kearifan ekologis lokal (K.E.L), sistem pengelolaan sumberdaya dilakukan secara partisipatif (ko-manajemen) serta aktivitas seni dan budaya (Gambar 1).



Gambar 1. Enam komponen untuk mewujudkan tujuan konservasi (Haroto, 2009 b)

Sistem nilai disini diartikan suatu pemahaman masyarakat yang diwujudkan dalam perilaku untuk memanfaatkan sambil memelihara potensinya dan tidak merusak sumberdaya alam (Hartoto, 2009 b). Dalam pengelolaan perikanan dikenal dengan etika perikanan yang tujuannya untuk mengatasi masalah kemiskinan, penangkapan berlebih atau penurunan stok, mencegah degradasi atau kerusakan ekosistem, sampai masalah moral dan institutional pengambil kebijakan (Arnasson *et al.*, 2005).

Pengembangan ekonomi kerakyatan dicirikan antara lain oleh pelaku dan sistem permodalan usaha yang datang dari keluarga; adanya perimbangan dalam manfaat ekonomi antara pemilik dan pelaku usaha. Ekonomi kerakyatan juga dicirikan diantaranya masyarakat setempat selalu pemilik modal dan pelaku usaha, maka masyarakat yang memanfaatkan, melindungi, dan mencegah kerusakan sumberdaya ikan dan lingkungan. Disamping itu masyarakat yang akan mendapat manfaat ekonomi lebih berarti dan setara dengan pihak-pihak lain; orientasi tujuan kegiatan yang bersifat ekonomi kerakyatan lebih untuk mengelola interaksi manusia dengan sumber daya alam sehingga manfaatnya bisa langgeng bagi manusia yang tempat hidupnya paling dekat dengan sumber daya yang bersangkutan (Hartoto, 2009b).

Sistem hukum dan sanksi merupakan sarana pengelolaan yang perlu diterapkan dalam aktivitas pengelolaan sumberdaya perairan umum seperti danau karena perairan umum daratan seperti danau sifatnya milik bersama (*common properties*). Sistem hukum dapat berupa peraturan perundangan, hukum adat, perda, peraturan pemerintah, sedangkan sanksi dapat berupa sanksi sosial, sanksi finansial, sanksi hukuman badan.

Diperlukan kajian ilmiah yang dipadukan dengan kearifan ekologis lokal (K.E.L) agar diperoleh kebijakan pengelolaan yang mendukung kelestarian sumberdaya. Kearifan ekologis lokal didefinisikan sebagai pengetahuan, kecerdikan, kepandaian, keberilmuan dan kebijaksanaan dalam pengambilan keputusan yang berkenaan dengan penyelesaian atau penanggulangan suatu masalah (lingkungan) yang relatif pelik dan rumit (Purba, 2001 *dalam* Haroto, 2009b). Contoh – contoh kearifan ekologis lokal sebenarnya sudah dimiliki masyarakat terdahulu seperti sistem lubuk larangan Sumatera Barat dan Jambi. Kearifan ekologis lokal ini bila dikaitkan dengan timbangan ilmiah merupakan penerapan konsep metapopulasi. Contoh lain adalah pengelolaan Tanah Ulen yang juga mencakup pengelolaan sungai yang dilakukan oleh masyarakat di Kalimantan Timur. Pengelolaan wilayah daratan dan sungai dikaitkan dengan

timbangan ilmiah merupakan penerapan integritas dan konektivitas habitat untuk menghindari pencemaran dan kerusakan habitat perairan (Hartoto, 1999 & Kahang, 2001 *dalam* Hartoto, 2009b). Kajian ilmiah lainnya untuk mendukung pemanfaatan sumberdaya ikan berkelanjutan misalnya dalam pemilihan zona perlindungan dan pemanfaatan. Kajian ilmiah yang diperlukan disini adalah penilaian integritas dan konektivitas ekologis sistem perairan, penilaian kearifan ekologis lokal, sistem sosial ekonomi masyarakat disekitar perairan.

Ko-manajemen perikanan suatu model pengelolaan dimana pemerintah dan pengguna sumberdaya perikanan lokal berbagi peran dan tanggung jawab pada semua aspek pengelolaan perikanan. Ko-manajemen dianggap mewakili sistem pengelolaan yang demokrasi karena melibatkan seluruh pemangku kepentingan baik pihak pemerintah, pengguna sumberdaya lokal dan pihak lainnya yang secara tidak langsung mendapat manfaat dari sumberdaya danau. Pembagian peran dan tanggung jawab dalam mengambil keputusan, menyusun perencanaan, melaksanakan dan pemantauan hasil kebiatan serta aspek pengelolaan lainnya. Melalui ko-manajemen dapat ditetapkan secara bersama tujuan dan aktivitas pemanfaatan sumberdaya ikan dan lingkungan sehingga konflik kepentingan diantara pengguna sumber daya ikan dan lingkungannya dapat dihindari

Kreativitas seni dan budaya sudah sejak lama dikembangkan untuk tujuan konservasi sumber daya alam. Seperti yang dilaporkan bahwa seni pahat di Candi Prambanan yang menggambarkan bahwa Ikan *Tor* sp adalah ikan yang dikeramatkan dan hanya boleh dimakan oleh orang kebanyakan setelah disentuh oleh tangan raja (Hartoto, 2009b). Di beberapa wilayah di Indonesia perairan danau sudah dijadikan sarana festival budaya seperti di Danau Kerinci dan Danau Ranau

AKTIVITAS PENGELOLAAN DANAU MANINJAU DITINJAU DARI TUJUAN KONSERVASI.

Aktivitas pengelolaan Danau Maninjau dikaitkan dengan tujuan konservasi disajikan pada Tabel 3. Aktivitas budidaya ikan dalam KJA yang melebihi daya dukung mengindikasikan belum diterapannya sistem nilai dan etika perikanan dalam upaya mencapai kelestarian stok sumberdaya ikan dan mencegah degradasi lingkungan perairan. Penerbitan Perbub No 22 Tahun 2009 merupakan upaya untuk mencegah

kematian ikan dan menjaga degradasi lingkungan perairan. Namun demikian upaya ini belum cukup bila tidak diikuti sanksi yang positif serta pemahaman dan kesadaran masyarakat pembudidaya ikan tentang nilai dan etika pemanfaatan berkelanjutan. Disamping itu perlu adanya sistem pengelolaan secara bersama agar dicapai kesepakatan dalam penerapan aturan dalam pengelolaan yang telah ditetapkan.

Kepemilikan perorangan unit KJA mencapai ratusan unit dinilai mengindikasikan berkembangnya regim ekonomi kapitalistik dan kurang sesuai bila dikaitkan dengan pemanfaatan sumberdaya berkelanjutan. Perbub No 22 Tahun 2009 telah mengatur jumlah kepemilikan KJA yakni dua unit untuk setiap keluarga diharapkan pengembangan ekonomi melalui budidaya di KJA dapat dimodali dan dilaksanakan oleh keluarga, sesuai daya dukung perairan dan mengembangkan ekonomi masyarakat disekitar danau.

Aspek hukum untuk mendukung pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan danau yang sifatnya lokal maupun nasional sebenarnya sudah ada (Tabel 3). Namun nampaknya aspek hukum yang ada sepenuhnya belum dapat diterapkan dalam pengelolaan sumberdaya perikanan dan lingkungannya bila dikaitkan dengan masih munculnya permasalahan D. Maninjau hingga saat ini. Penerapan sistem hukum dan sanksi dapat dicapai bila sistem hukum yang ada dipahami dan disepakati oleh seluruh pemangku kepentingan atau pengguna sumberdaya. Penerapan peraturan yang dapat diwujudkan bila terbentuk sistem pengelolaan secara bersama (ko-manajemen). Melalui sistem pengelolaan secara bersama diharapkan masing-masing pemangku kepentingan memiliki peran dan tanggung jawab dan tujuan yang sama dalam pengelolaan sumberdaya danau termasuk dalam penerapan hukum dan sanksi.

Beberapa kajian IPTEK untuk pengelolaan D. Maninjau telah dilakukan misalnya kajian daya dukung danau untuk budidaya ikan dalam KJA sebagai bahan kebijakan penyusunan Perbub No 22 tahun 2009. Kajian hidrologi untuk pengendalian marak alga, Karakteristik limnologi Danau Maninjau untuk mengetahui status dan pengendalian pencemaran; status perikanan danau, domestikasi ikan asli danau yang mengalami penurunan populasi ; pengembangan sistem rasau untuk tujuan konservasi dan produksi. Disamping itu juga dilakukan penguatan kelembagaan untuk pengembangan kelompok nelayan dan pembudidaya ikan, pemahaman ekosistem danau dan ko-manajemen, pemantauan kualitas air dsb.

Kajian IPTEK dengan perpaduan ekologis lokal untuk mengatasi penurunan populasi ikan karena tangkap lebih belum banyak dilakukan. Secara tradisional masyarakat sekitar danau Maninjau menerapkan sistem rasau untuk melakukan penangkapan ikan. Disamping itu masyarakat setempat telah menerapkan sistem larangan penangkapan ikan bada disekitar saluran air keluar danau. Pengalaman tradisional ini dapat dipadukan dengan kajian IPTEK dengan mengkaji sistem rasau tidak hanya untuk tujuan penangkapan tetapi juga untuk sarana perlindungan ikan. Sistem larangan penangkapan ikan bada disekitar saluran air danau yang sudah dilakukan masyarakat dapat dikembangkan dengan sistem konservasi dengan mengkaji secara ilmiah kondisi kawasan konservasi tersebut dan mengidentifikasi peluang walayah lainnya sebagai wialah larangan atau konservasi..

Munculnya permasalahan yang kompleks di D. Maninjau mengindikasikan belum terbentuknya sistem pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungannya secara partisipatif di danau ini. Belum terbentuknya kelembagaan ko-manajemen sumberdaya perairan danau menyebabkan ketidak jelasan pembagian tanggung jawab dalam segala aspek pengelolaan misalnya menyusun perencanaan pengelolaan secara bersama, monitoring dan memelihara degradasi lingkungan danau, menyepakati dan menerapkan kebijakan yang ditetapkan pemerintah dsb.

Persiapan mengembangkan sistem pengelolaan sumberdaya perikanan danau sudah mulai dirintis melalui pengembangan dan penguatan kelembagaan tentang ko-manajemen. Pengembangan organisasi dan penguatan kelembagaan yang intensif baru pada tingkat kelompok nelayan dan pembudidaya ikan yang difasilitasi Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. Tabel 4 adalah kelompok nelayan dan pembudidaya ikan yang telah mengikuti penguatan tentang pengembangan organisasi dan pemahaman pengelolaan sumberdaya ikan secara ko-manajemen. Penguatan kelembagaan tentang pemahaman ekosistem dan pengelolaan secara bersama danau Maninjau juga diberikan kepada beberapa pemangku kepentingan yang mewakili instansi pemerintah, swasta (PLN). nelayan dan pembudidaya ikan yang diikuti sebanyak 12 orang. Melalui penguatan ini terbentuk kelompok yang disebut Forum XII. Penguatan dan pembentukan kelompok ini dilakukan dalam upaya menyelesaikan konflik sosial yag terjadi pada tahun 2000. Selanjutnya kelompok ini berubah namanya menjadi Forum Pengelolaan Bersama Danau Maninjau. Namun perkembangan kelompok ini pada tahap selanjutnya masih

belum jelas. Disisi lain juga berkembang organisasi-organisasi swadaya masyarakat lainnya yang berminat untuk terlibat dalam pengelolaan danau Maninjau. Organisasi-organisasi lainnya yang terbentuk ini belum melalui proses penguatan ko-manajemen sehingga perlu sinkronisasi tujuan diantara kelembagaan yang sudah terbentuk. Diperlukan peran pemerintah setempat dan lembaga fasilitator untuk memfasilitasi pengembangan kelembagaan secara bersama dan menyamakan tujuan pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan di Danau Maninjau.

Aktivitas seni dan budaya juga dapat diterapkan di D. Maninjau dalam rangka memanfaatkan fungsi danau untuk kelestarian sumberdaya ikan dan lingkungannya. Danau Maninjau sebenarnya memiliki kondisi alam yang indah, namun konsisi estetika dan lingkungan perairan yang menurun saat ini masih kurang menguntungkan untuk aktivitas seni festival dan budaya serta wisata.

Tabel 3. Aktivitas pengelolaan dikaitkan dengan tujuan konservasi di D. Maninjau.

No	Komponen pengelolaan	Permasalahan	Aktivitas pengelolaan
1	Sistem nilai untuk pengelolaan berkelanjutan	<ul style="list-style-type: none"> Budidaya ikan dalam KJA g melebihi daya dukung menyebabkan penurunan kualitas air dan degradasi lingkungan. Penurunan ukuran ikan bada dan populasi jenis-jenis ikan asli munculnya species asing. 	<ul style="list-style-type: none"> Penerbitan Perbub No 22 tahun 2009, yang diantaranya mengatur jumlah kepemilikan KJA untuk satu keluarga dua unit dan ditempatkan 50 – 100 m dari pantai. Adanya wilayah larangan penangkapan ikan bada. Mengaktifkan kembali sistem <i>rasau</i> untuk mengembangkan sistem perlindungan sumberdaya ikan
2	Sistem Pengembangan ekonomi	Berkembangnya budidaya ikan dalam KJA berpengaruh kepada pengembangan ekonomi kapitalistik, diindikasikan oleh kepemilikan KJA perorangan mencapai ratusan unit.	Penerbitan Perbub No 22 tahun 2009, yang diantaranya mengatur jumlah kepemilikan KJA untuk satu keluarga dua unit
3	Dukungan aspek hukum	<ul style="list-style-type: none"> Kelebihan daya dukung budidaya dalam KJA. Penurunan kualitas air Kerusakan Wilayah sempadan Penurunan populasi ikan asli dan endemik dan penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> Perbub No 22 Tahun 2009) Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 28 Tahun 2009. Peraturan Pemerintah No 47 tahun 1997. Danau sebagai Kawasan Prlindungan setempat. Undang-Undang Perikanan No 31 Tahun 2004. Peraturan Pemerintah No 60 tahun 2007 tentang konservasi sumberdaya ikan.

- | | | | |
|---|---|---|--|
| 4 | DUKUNGAN IPTEK | <ul style="list-style-type: none"> • Eutrofikasi, marak alga <i>Microcystis aeruginosa</i> tahun 2000. • Kematian ikan secara masal dan penurunan kualitas air • Penurunan populasi ikan asli dan endemik serta hadirnya species ikan baru | <ul style="list-style-type: none"> • Kajian hidroklimatologi (Fachrudin <i>et al.</i>, (2002) • Pengeluaran air danau melalui saluran alami Batang Antokan tahun 2001. • Kajian morfometri, karakteristik fisik –kimiawi danau dan tehnik pemantauan kualitas air. • Penguatan pemantauan kualitas air secara partisipatif (Sulastri, 2009) • Penetapan daya dukung danau untuk KJA (Hartoto & Ridwansyah, 2001) • Domestikasi ikan bada, supareh dan asang (Triyanto <i>et al</i>, 2006 & 2007). • Kajian sistem rantai makanan ikan (Yuniarti <i>et al.</i>, (2010). • Budidaya ikan dalam KJA yang ramah lingkungan (Triyanto <i>dalam</i> Sulastri , 2010) • Komposisi dan Kelimpahan fitoplankton paska kematian ikan masal di Danau Maninjau (Sulastri, 2011). • Environmental condition, fish resources and management of Maninjau Lake of West Sumatera (Sulastri <i>et al</i>, 2012). |
| 5 | Sistem pengelolaan secara ko-manajemen | <ul style="list-style-type: none"> • Belum adanya senergisitas aktivitas pemanfaatan yang diindikasikan oleh adanya konflik kepentingan dari pengguna sumberdaya. | <ul style="list-style-type: none"> • persiapan proses pengembangan ko-managemen sudah dirintis melalui pengembangan organisasi secara ko-managemen dan penguatan kelembagaan pada tingkat nelayan dan pembudidaya ikan serta pemangku kepentingan lainnya yang difasilitasi oleh Puslit Linologi-LIPI. |
| 6 | Disimbulkan dalam karya seni dan aktivitas budaya | <ul style="list-style-type: none"> • Aktivitas budaya sebagai bagian dari pemanfaatan dan pelestarian fungsi danau belum terfasilitasi . | <ul style="list-style-type: none"> • Belum melibatkan aktivitas budaya dan seni sebagian dari pengelolaan D. Maninjau. |
-

Tabel 4. Daftar organisasi pengguna sumber daya ikan D. Maninjau yang sudah mengikuti penguatan pengembangan organisasi ko-manajemen yang difasilitasi oleh Puslit Limnologi-LIPI (Hartoto *dalam* Sulatri 2010).

Nama organisasi	
0	Kelompok Nelayan Mina Bada Lestari
.	Ambun Sari Asri Mandiri Harapan Bunda Sari Sepakat Pembudidaya ikan Taluak Impian Tepian Muaro Lestari Mina Bayua Sakato Kelompok Nelayan Muaro Tanjung
.	Himpunan Nelayan Seluruh Koto Gadang
0.	Aweh Indah Sakato
1	Sungai Rangeh Lestari
2	Pandan Sarumpun
3	

KONSEP PENGELOLAAN SUMBER DAYA IKAN DAN LINGKUNGANNYA.

Dilandasi permasalahan yang kompleks maka konsep pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan perairan Danau Maninjau harus berbasis kepada enam komponen untuk tujuan kelestarian sumber daya. Oleh karena itu pengelolaan berkelanjutan harus merupakan aktivitas yang sinergis dari seluruh aktivitas pengelolaan yang mencakup aktivitas pemanfaatan, perlindungan, pencegahan dan perbaikan sumberdaya perikanan dan lingkungannya. Berdasarkan enam komponen tujuan untuk tujuan pengelolaan sumberdaya berkelanjutan, maka konsep pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan di Danau Maninjau adalah sebagai berikut:

1. Menerapkam sistem nilai dan etika, dilakukan melalui penerapan Peraturan Bupati No 22 Tahun 2009, sebagai upaya mencegah degradasi lingkungan perairan. Disamping itu mengembangkan sistem konservasi sumberdaya ikan sebagai upaya mencegah penurunan populasi dan kerusakan sumberdaya habitat, penataan zonasi pemanfaatan wilayah sempadan, wilayah perairan dan

wilayah perlindungan sumberdaya ikan. Penggunaan alat tangkap ikan yang ramah lingkungan.

2. Pemanfaatan sumberdaya Danau Maninjau ditujukan untuk pengembangan ekonomi yang bersifat kerakyatan. Dikembangkan melalui kegiatan produksi, dimana pelaku dan pemilik modal kelompok nelayan, pembudidaya ikan, pedagang kecil dan masyarakat di selingkar Danau Maninjau. Implementasi kegiatan pengembangan ekonomi kerakyatan adalah penerapan Perbub No 22 Tahun 2009 yang mengatur jumlah kepemilikan KJA untuk setiap keluarga adalah 2 unit yang diletakkan 50 m dari pantai. Kegiatan ekonomi yang dikembangkan memperhatikan prinsip - prinsip konservasi. Bentuk usahanya diantaranya adalah perikanan tagkap berkelanjutan, pemacuan stok untuk mendukung perikanan tangkap, menerapkan sistem penangkapan menggunakan rasau dengan ramah lingkungan, dimana sebagian rasau difungsikan sebagai sistem produksi dan sebagian untuk sistem perlindungan ikan, menyisakan sebagian wilayah perairan sebagai zona konservasi. Selain kegiatan perikanan dapat dikembangkan kegiatan ekowisata. Namun semua kegiatan ekonomi harus dikelola oleh kelompok nelayan atau masyarakat agar terbentuk pengelolaan sumberdaya danau secara partisipatif ko-manajemen.
3. Kegiatan pengelolaan sumberdaya danau perlu penerapan sistem hukum dan sanksi yang positif, dilakukan melalui sosialisasi dan peningkatan pemahaman serta penerapan peraturan yang sudah ada kepada seluruh pemangku kepentingan. Peraturan daerah dan undang-undang dan peraturan menteri terkait dengan pengelolaan sumberdaya danau sudah ada seperti Perbub No 22 tahun 2009, Undang-Undang Perikanan No 31 Tahun 2004, Peraturan Pemerintah No 60 tahun 2007 tentang konservasi sumberdaya ikan, Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No 2 Tahun 2009 tentang tata cara penetapan kawasan konservasi perairan. Peraturan Pemerintah No 47 tahun 1997 tentang pengaturan wilayah sempadan, Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 28 tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau atau Waduk. Sudah banyak diketahui bahwa memang tidak mudah menerapkan peraturan yang ada bagi instansi lokal, namun demikian adanya kelembagaan kerapatan adat di wilayah ini dapat dilibatkan dalam pengelolaan secara bersama yang berperan

dalam mensosialisasikan dan penerapan peraturan yang ada. Kemampuan lembaga kerapatan adat dalam membuat jejaring dengan berbagai pemangku kepentingan di Danau Maninjau dapat dilibatkan dalam kegiatan manajemen sumberdaya ikan dan lingkungan perairan danau Maninjau.

4. Kajian perpaduan IPTEK dan kearifan ekologis lokal diantaranya adalah mengembangkan sistem konservasi sumberdaya ikan melalui perpaduan sistem larangan menangkap ikan yang sudah dipraktekkan oleh masyarakat di wilayah ini, ditambah dengan kajian ilmiah untuk menetapkan zonasi kawasan konservasi dan pemanfaatannya. Kegiatan IPTEK untuk mendukung sistem konservasi juga dilakukan melalui domestikasi biota asli dan endemik guna meningkatkan populasi di danau dan mengembangkan ekonomi kerakyatan melalui perikanan tangkap berkelanjutan dan usaha pemacuan stok ikan asli danau. Kegiatan pemacuan stok dapat dilaksanakan bila sudah terbentuk sistem konservasi dan kelompok nelayan. Kajian IPTEK lainnya masih perlu dikaji adalah dinamika dan distribusi bahan pencemar untuk mengambil kebijakan penataan wilayah perairan dan pengendalian masukan bahan pencemar. Disamping itu mengembangkan sistem pemantauan kualitas air. Peran IPTEK dalam pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungan perairan Danau Maninjau, selain untuk mencegah dan memperbaiki kerusakan sumberdaya tetapi juga ditujukan untuk pemantauan aktivitas pengelolaan.
5. Sistem Pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungannya perlu dikembangkan dengan sistem ko-manajemen. Munculnya permasalahan Danau Maninjau nampaknya mendorong keinginan dan perhatian kelembagaan lokal yang diindikasikan oleh munculnya kearifan dan keinginan masyarakat untuk mengembangkan pengelolaan sumberdaya perairan danau secara partisipatif (Sulastri *et al.*, 2012). Kesadaran ini menjadi faktor dan pendorong untuk mewujudkan sistem pengelolaan secara ko-manajemen. Disamping itu sudah dirintisnya kelembagaan dan peningkatan pemahaman tentang ko-manajemen menjadi modal utama dalam mewujudkan sistem pengelolaan secara partisipatif, walaupun kelembagaan yang terbentuk baru pada tingkat kelompok nelayan dan pembudidaya ikan. Proses pengembangan kelembagaan masih perlu dilanjutkan melalui peran serta pemerintah daerah untuk memfasilitasi pengembangan

kelembagaan secara ko-manajemen. Kelembagaan ko-manajemen dapat dilibatkan diantaranya terdiri dari pemangku kepentingan utama, yakni kelompok masyarakat yang memanfaatkan sumberdaya perairan danau (nelayan dan pembudidaya ikan) dan instansi pemerintah yang terkait, swasta seperti PLN, pengusaha penginapan. Pemangku kepentingan lainnya yang secara tidak langsung mendapat manfaat dari sumberdaya ikan dan lingkungan danau misalnya pedagang ikan dan pakan ikan, pengolah hasil perikanan. Selanjutnya pemangku kepentingan lainnya yang berperan sebagai fasilitator, konsultasi teknis dan penguatan kelembagaan, mengembangkan jaringan komunikasi (lembaga penelitian, universitas lokal atau lembaga swadaya masyarakat seperti lembaga kerapatan adat). Terbentuknya kelembagaan dan sistem pengelolaan secara ko-manajemen memiliki peran penting dalam menetapkan tujuan pengelolaan, menyusun perencanaan dan menetapkan serta menerapkan peraturan yang ada.

6. Aktivitas dan seni budaya juga dapat dipraktikkan melalui festival budaya yang juga pernah dipraktikkan di danau-danau lainnya seperti Danau Ranau dan Danau Kerinci. Sudah banyak diketahui bahwa masyarakat Sumatera Barat kaya akan adat budaya maka kekayaan adat budaya ini dapat dipraktikkan untuk tujuan konservasi perairan danau. Karena perairan danau selain memiliki fungsi ekologis juga memiliki fungsi sosial dan budaya yang perlu dikelola sehingga diperoleh harmonisasi pemanfaatan jasa sosial dari danau.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnasson, V., D. Bartley, S. Garcia, R.H. Haraldsson, D. Sveinbjörnsson & H. Watanabe, 2005. *Ethical issues in fisheries*. FAO Ethics Series No 4. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. 39 p.
- Dina, R. 2008. Rencana Pengelolaan Sumberdaya Ikan Bada *Rasbora argyrotaenia* Berdasarkan Analisis Frekuensi Panjang Di Danau Maninjau. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. 76 p.
- Fakhrudin, M., H. Wibowo, L. Subehi & Ridwansyah. 2002. Karakterisasi hidrologi Danau Maninjau Sumatera Barat *Proceeding*. Seminar Nasional Limnologi, Bogor, 22 April 2002. Research Centre for Limnology-Indonesian Institute for Sciences: 65 – 75.

- FAO. 2005. *Guidelines for designing data collection and sharing systems for co-management fisheries*. Part 1 Practical guide, Part 2. Technical guidelines. FAO Fisheries Technical Paper. p 42.
- Hartoto, D.I. & I. Ridwansyah. 2001. Penghitungan daya dukung danau atau waduk untuk pengembangan budidaya ikan dalam karamba. Contoh kasus Danau Maninjau 13 hal.
- Hartoto, D.I. 2009a. Rejuvenation of local Ecological Wisdom for the development of fisheries co-management in Lake Maninjau. Paper was presented in The Workshop on “Lembaga Adat di Indonesia: Apakah mereka memiliki peran dalam Pengelolaan Sumberdaya Perikanan dan Wilayah Pesisir”, Lombok, Indonesia 2-5 Agustus 2009, International Collective In Support of Fishworkers. 36 p.
- Hartoto, D.I. 2009b. Konservasi perairan dalam dunia pemanfaatan: Pelestarian sumber daya alam berbasis budaya Indonesia. Bahan Presentasi di Pemerintah Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Tidak dipublikasikan.
- Peraturan Bupati Agam Nomor 22 Tahun 2009. Pengelolaan Danau Maninjau. Lubuk Basung, Februari, 2009, 10 p.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2007. Konservasi Sumber Daya Ikan, 48 p.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 47 Tahun 1997. Penetapan Danau sebagai wilayah perlindungan setempat.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2009. Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/Waduk, 22 p.
- Syandry, H. 2002. Dampak Karamba Jaring Apung Terhadap Kualitas Air Danau Maninjau, Presented in Panel Press Clup (PPC), Padang , 22 November 2000, 13 p.
- Sulastrri, 2002. Spatial and temporal distribution of phytoplankton in Lake Maninjau, West Sumatera. *Prosiding of the international Symposium on Land Management and Biodiversity in South East Asia*. September 17-20, Bali, Indonesia. HokkaidoUniversity, Saporu, Japan and Research Centre for Biologi, Indonesian Institute of Sciences, 430 – 409.
- Sulastrri 2009. Pengembangan sistem konservasi sumber daya perairan danau untuk pemanfaatan berkelanjutan di Danau Maninjau Sumatera Barat. *Laporan Tehnis DIPA*. Puslit Limnologi-LIPI, 66 p.
- Sulastrri 2010. Karakterisasi dan pengembangan konsep pengelolaan perairan darat. *Laporan Tehnis Tematik*. Puslit Limnologi-LIPI., 154 p.

- Sulastrri 2011. Komposisi dan kelimpahan fitoplankton paska kematian ikan secara masal di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 37(3): 495 -520.
- Sulastrri, D.I. Hartoto & Ivana Yuniarti, 2012. Environmental condition, fish resources and Management of Lake Maninjau West Sumatera. *Indonesian Fisheries Research Journal*, 18(1): 1-12.
- Suryono, T., 2008. Kajian dan pengembangan karakteristik Limnologis perairan Darat Indonesia. *Laporan Teknis Dipa*. Puslit Limnologi-LIPI. 61 p.
- Triyanto, D. I. Hartoto, Sulastrri, Cynthia H., M. Badjoeri, F. Sulawesty, I. Yuniarti, Y. Mardiyati, S. Nomosatriyo, Sugiarti & Sutrisno, 2005. Karakteristik limnologi Danau Maninjau pasca program penyehatan danau sebagai dasar kebijakan penyusunan pengelolaan danau berkelanjutan. *Laporan Teknis*, Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, 50 p.
- Triyanto, D. I. Hartoto, C. Henny., M. Badjoeri, F. Sulawesty, I. Yuniarti, Y. Mardiyati, S. Nomosatriyo, Sugiarti & Sutrisno. 2006. Karakteristik limnologi Danau Maninjau pasca program penyehatan danau sebagai dasar penyusunan kebijakan. *Technical Report*. Research Centre for Limnology-Indonesian Institute for Sciences, 54 p.
- Triyanto, D. I. Hartoto, Cynthia H., M. Badjoeri, F. Sulawesty, I. Yuniarti, Y. Mardiyati, S. Nomosatriyo, Sugiarti & Sutrisno. 2007. Kajian Karakteristik Limnologi Danau Maninjau. *Technical Report*. Research Centre for Limnology-Indonesian Institute for Sciences, 38 p
- Undang-Undang Republik Indonesia No 31, 2004. Pengelolaan Perikanan, 56 p.

KOMPARASI INDEKS KEANEKARAGAMAN DAN INDEKS SAPROBIK PLANKTON UNTUK MENILAI KUALITAS PERAIRAN DANAU TOBA PROPINSI SUMATERA UTARA

Effendi Parlindungan Sagala

*Dosen Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya
Kampus Unsri Indralaya, OKI 30662 Sumatera Selatan*

ABSTRAK

Telah dilakukan analisis terhadap indeks keanekaragaman dan indeks saprobik komunitas plankton berkaitan dengan komposisi dan kelimpahan spesies plankton berdasarkan contoh-contoh air yang diambil perairan Danau Toba. Penelitian ini dilakukan pada dua lokasi untuk dibandingkan, yaitu Pelabuhan kapal penumpang Ajibata dan Desa Pangaloan pada bulan Mei 2012. Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan terdapat sebanyak 71 spesies yang terbagi menjadi 22 spesies fitoplankton dan 49 spesies zooplankton. Secara keseluruhan spesies plankton yang teridentifikasi termasuk kedalam 7 kategori taksonomi atau takson (Cyanophyceae, Chlorophyceae, Desmidiaceae, Diatomae/Bacillariophyceae, Flagellata, Rhizopoda dan Rotifera). Pada lokasi Ajibata terdapat ke 7 takson yang disebutkan, sementara pada Desa Pangaloan hanya terdapat 6 takson, yaitu Desmidiaceae tidak dijumpai. Kelimpahan plankton sebesar 125 individu/liter di perairan Pelabuhan Kapal Penumpang Ajibata dan 101 individu/liter di Desa Pangaloan, kelimpahan ini tergolong rendah. Indeks kesamaan komunitas plankton sebesar 36,7%, menunjukkan cukup perbedaan. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks keanekaragaman komunitas plankton pada dua lokasi, ternyata paling rendah 3,02 (Pangaloan Village waters) hingga 3,23 (Ajibata Harbor waters). Rentang indeks keanekaragaman plankton pada kedua lokasi tersebut menunjukkan bahwa komunitas plankton termasuk sangat mantap. Indeks saprobik komunitas plankton pada kedua lokasi berkisar dari + 1,49 (Pelabuhan Kapal Penumpang Ajibata) hingga + 1,62 (Perairan Desa Pangaloan), membuktikan bahwa tingkat pencemaran yang terjadi sangat ringan hingga rendah dengan sedikit beban pencemaran bahan organik maupun anorganik yang berlangsung pada fase mesosaprobik/ oligosaprobik. Kualitas air pada perairan rata-rata normal dan tidak banyak berbeda dari kedua lokasi yang dibandingkan seperti oksigen terlarut (DO) masing-masing 6,28 di lokasi Ajibata dan 6,31 di Desa Pangaloan.

Kata kunci: Danau Toba, Indeks Keanekaragaman, Indeks Saprobik, Plankton, Komparasi.

ABSTRACT

Diversity and saprobic indices of plankton community had been analysis pertaining to research results about composition dan abundance of plankton species which have been carried out to water samples from Lake Toba waters. This studies worked on two location compared, namely Ajibata Ship Domestic Harbor and Pangaloan Village in May 2012. In according with observation results through microscope can found 71 species plankton consists 22 species phytoplankton and 49 species zooplankton. All of plankton species consist of 7 category taxonomy (Cyanophyceae, Chlorophyceae, Desmidiaceae, Diatomae/Bacillariophyceae, Flagellata, Rhizopoda and Rotifera). There are 7 category taxonomy in Ajibata Harbor and 6 category taxonomy in Pangaloan Village, where Desmidiaceae there was not find. The abundance of plankton was 125 individuals/liter in Ajibata Harbor waters and 101 individuals/liter in Pangaloan Village waters, this condition include into low density. The similarity index (S) of plankton community for two locations are 36,7%, proved that so different of two communities at two locations. The results of research point out that diversity index of plankton community for two research sampling location were lowest 3,02 (Pangaloan Village waters) upto 3,23 (Ajibata Harbor waters). It means that the condition of plankton community include into more very stable ($> 3,00$). The saprobic index of plankton community for two research location had range of + 1,49 lowest (Ajibata Harbor waters) upto + 1,62 highest (Pangaloan Village waters), proved that the levels of pollutions was very slight upto slight with view organic and anorganic substances which include to oligo β -mesosaprobic phase. The

water qualities for two locations have similarity normally for two location which compared, when dissolved oxygen for Ajibata location was 6,28 di lokasi Ajibata and Pangaloan Village was 6,31 respectively.

Keywords: *Danau Toba, Diversity Index, Saprobic Index, Plankton, Comparison.*

PENDAHULUAN

Danau Toba merupakan danau vulkanik dengan panjang sekitar 100 km dan lebar 30 km yang terletak pada beberapa kabupaten dalam Propinsi Sumatera Utara. Pada pemekaran wilayah kabupaten beberapa tahun lalu, Pulau Samosir dan perairan Danau Toba di sekitarnya adalah termasuk dalam Kabupaten Samosir yang beribukota di Pangururan. Pulau Samosir, sebagai pulau vulkanik demikian juga dataran tinggi lainnya yang mengelilingi Danau Toba merupakan daerah perbukitan yang terjal. Pembentukan Danau Toba diperkirakan terjadi saat ledakan vulkanis sekitar 73.000 – 75.000 tahun yang lalu dan merupakan letusan supervulkano (gunung berapi super) yang paling baru. Sebagian perairan Danau Toba di sebelah utaranya termasuk kedalam wilayah Kabupaten Simalungun dengan kota di tepi dananya adalah Haranggaol dan Parapat. Sebelah barat laut Danau Toba termasuk wilayah Kabupaten Tanah Karo dengan kota di tepi danau adalah Tongging. Sedangkan di sebelah barat Danau Toba adalah wilayah Kabupaten Dairi dengan kota di tepi danau adalah Silalahi. Sementara itu disebelah timur danau adalah wilayah Kabupaten Tobamas dengan kota-kota di tepi Danau Toba adalah Ajibata dan Balige. Sedangkan Kabupaten Samosir meliputi wilayah seluruh Pulau Samosir dan perairan sekitar pantainya dengan kota-kota di tepi dananya adalah: Pangururan, Tomok, Ambarita, Simanindo dan Nainggolan dan banyak desa di sepanjang tepi danau dan di perbukitan Pulau Samosir.

Dengan banyaknya kota-kota di tepi Danau Toba dan di Pulau Samosir beserta pemukiman yang ada serta segala aktifitas domestik, pertanian, peternakan dan lainnya, maka secara kumulatif seluruh aktifitas itu akan memberikan kontribusi terhadap kualitas badan air danau. Secara alami, dengan permukaan lahan yang terjal baik yang ada di wilayah Pulau Samosir maupun wilayah kabupaten-kabupaten lainnya yang telah disebutkan, maka curah hujan dengan air permukaannya akan memasuki perairan Danau Toba baik secara langsung melalui air permukaan maupun melalui perkolasi dan keluar sebagai mata air. Selain kegiatan-kegiatan yang telah disebutkan, pada saat ini telah banyak dikembangkan budidaya ikan mas dan nila yang dikembangkan dengan jaring

apung yang terdapat diberbagai tempat seluruh wilayah danau baik yang dikelola perorangan maupun beberapa perusahaan.

Demikian banyaknya aktivitas yang terjadi di sekitar dan dalam badan air wilayah danau termasuk banyaknya transportasi motor air dan kapal-kapal penumpang yang beroperasi di wilayah perairan danau, maka tentu kualitas badan air danau akan mengalami perubahan dengan beban introduksi segala material dan energi yang diterima oleh lingkungan perairan Danau Toba tersebut. Dengan berbagai kegiatan yang terjadi di sekitar dan dalam wilayah Danau Toba, maka perairan danau akan menerima suatu dampak lingkungan yang mempengaruhi kehidupan manusia di sekitarnya dan kehidupan organisme akuatik yang ada dalam badan air danau. Kehidupan akuatik yang dipengaruhi adalah demikian kompleks yaitu terhadap rantai makanan (food chain) dan jaring makanan (foodweb) dalam ekosistem perairan. Komunitas biotik yang cukup peka oleh pengaruh gangguan-gangguan terhadap kualitas air antara lain plankton.

Demikianlah perlu adanya kajian-kajian khusus terhadap komunitas plankton Danau Toba untuk menyingkap adanya gangguan lingkungan akuatik. Meskipun dengan keterbatasan waktu dan dana untuk studi awal, perlu dilakukan komparasi kehidupan plankton yang ada di perairan tepi danau dan yang ada di perairan tepi Pulau Samosir untuk membandingkan kualitas kualitas air danaunya. Pada penelitian ini, sampel atau contoh air pertama diambil di wilayah Ajibata, Kecamatan Lumbanjulu merupakan pelabuhan penumpang penyeberangan ferry dan kapal-kapal kecil ke berbagai kota dan desa di seluruh Pulau Samosir. Contoh air kedua diambil di Desa Pangaloan, Kecamatan Nainggolan, Pulau Samosir.

Berdasarkan kandungan nutriennya, Danau Toba termasuk danau yang kandungan nutriennya miskin atau sedikit, sehingga produktivitasnya tergolong rendah, disebut danau yang oligotrofik (Payne, 1986). Kesuburan dari suatu perairan antara lain dapat dilihat dari keberadaan organisme planktonnya, karena plankton dalam suatu perairan dapat menggambarkan tingkat produktivitas perairan tersebut (Sachlan, 1980). Dalam sistem trofik ekosistem perairan, organisme plankton sangat berperan sebagai produsen dan berada pada posisi tingkat dasar, yaitu menentukan keberadaan organisme pada jenjang berikutnya berupa berbagai jenis ikan-ikan. Oleh karena itu, keberadaan plankton di suatu perairan sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ikan-ikan

di perairan tersebut, terutam bagi ikan-ikan pemakan plankton atau ikan-ikan yang berada pada taraf perkembangan awal.

Dengan penelitian yang dilakukan ini dapat dibandingkan komunitas pada tepi danau di luar Pulau Samosir dan pada tepi danau di pantai Pulau Samosir. Sampel pertama di Ajibata berkaitan dengan banyak kegiatan transportasi dan bongkar muat barang dari dan ke kapal. Sedangkan sampel kedua pada lokasi desa yang perairannya digunakan untuk mengambil air untuk keperluan domestik.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan contoh plankton dilakukan pada bulan Mei 2012. Lokasi atau stasiun pengambilan contoh ditentukan secara purposive pada 2 stasiun pengamatan di Danau Toba: 1) Perairan Ajibata (Kecamatan Lumabanjulu) dan 2) Perairan Desa Pangaloan (Kecamatan Nainggolan).

Pengumpulan organisme plankton dilakukan dengan cara menyaring air contoh sebanyak 50 liter ke dalam net plankton nomor 25 yang ditampung dalam botol flakon bervolume 25 ml., selanjutnya diawetkan dengan larutan formalin 4%. Analisis plankton dilakukan di laboratorium Ekologi Jurusan Biologi Fakultas MIPA UNSRI dengan menggunakan buku petunjuk APHA (1980); Mizuno (1979); Edmondson (1959); Needham and Needham (1963) dan Penak (1978). Kelimpahan plankton diukur secara lintasan berdasarkan metode Sedwick Rafter Counting Cell (APHA, 1980) yaitu:

$$\text{No./ml} = \frac{C \times 1000 \text{ mm}^3}{L \times D \times W \times S}$$

Dimana

C : Jumlah organisme yang dihitung

L : Panjang setiap lintasan (50 mm)

D : Kedalaman Sedwick-Rafter (1mm)

W : Lebar lintasan (1 mm)

S : Jumlah lintasan yang dihitung (4 lintas).

- Indeks Keanekaragaman:

Untuk mengukur indeks keanekaragaman digunakan indeks: Shannon – Wiener: $H = -\sum P_i \ln P_i$, dimana, $P_i = n_i/N$; n_i = nilai penting setiap spesies; N = total nilai penting

Tabel 1. Klasifikasi derajat pencemaran

Derajat Pencemaran	Indeks diversitas (Keanekaragaman)	DO (mg/l)
Belum tercemar	> 2,0	> 6,5
Tercemar ringan	1,6 – 2,0	4,5 – 6,5
Tercemar sedang	1,0 – 1,5	2,0 – 4,4
Tercemar berat	< 1,0	< 2,0

Lee at al. (1978)

- Indeks Kemerataan:

Indeks kemerataan (Evenness Index) pada masing-masing contoh atau sampel dapat dihitung dengan rumus:, yaitu $E = H / (\log S)$, dimana H , indeks keanekaragaman komunitas plankton; S , jumlah spesies pada contoh.

- Indeks Kesamaan:

Indeks kesamaan (Index of Similarity) komunitas plankton pada dua lokasi yang dibandingkan dilakukan dengan menggunakan rumus, yaitu $S = 2C / (A + B)$, dimana A adalah jumlah spesies pada contoh 1; B adalah jumlah spesies pada contoh 2; dan C adalah jumlah spesies yang umum pada kedua contoh (A dan B).

- Indeks Saprobik

Indeks saprobik (Saprobic index) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Indeks Saprobik plankton (X) (Dresscher & Mark):

$$X = (C + 3D - B - 3A) / (A + B + C +$$

Dimana: A : Grup *Ciliata* menunjukkan polisaprobitas; B : Grup *Euglenophyta*, menunjukkan α mesosaprobitas; C : Grup *Chlorococcales + Diatomeae*, menunjukkan β mesosaprobitas; D : Grup *Peridinae/ Chrysophyceae/ Conjugatae*, menunjukkan oligosaprobitas.

Tabel 2. Indeks saprobik dengan penafsiran kualitas air secara biologis

Beban Pencemaran	Derajat Pencemaran	Fase Saprofik	Indeks Saprofik
Banyak Senyawa Organik	Sangat Tinggi	Polisaprofik Poli/ α – Mesosaprofik	-3 s/d -2 -2 s/d -1,5
Senyawa Organik dan Anorganik	Agak Tinggi	α – Meso/polisaprofik α –Mesosaprofik	-1,5 s/d -1 -1 s/d -0,5
Sedikit senyawa organik dan anorganik	Sedang	α / β –Mesosaprofik β / α –Mesosaprofik	-0,5 s/d 0 0 s/d +0,5
	Ringan/Rendah	β –Mesosaprofik β – Meso/oligosaprofik	+0,5 s/d +1 +1 s/d +1,5
	Sangat ringan	Oligo/ β – Mesosaprofik Oligosaprofik	+1,5 s/d +2 +2 s/d +3

Sumber: Dresscher & Mark (1974).

Keterangan:

Fase Saprofik adalah fase perombakan (dekomposisi) bahan-bahan organik

Polisaprofik adalah fase yang dilakukan oleh banyak jenis jasad renik

α Mesosaprofik adalah fase saprobik yang berlangsung pada tahap awal (bakteri)

β Mesosaprofik adalah fase saprobik yang berlangsung pada tahap lanjut oleh kelompok *ciliata*

Oligosaprofik adalah fase yang dilakukan oleh beberapa jasad renik.

Untuk data pendukung dilakukan pula pengukuran kualitas air yang terdiri dari pH, oksigen terlarut (DO), kedalaman, kecerahan, temperatur, kandungan lumpur, zat padat terlarut, zat padat tersuspensi, kandungan fosfat (PO₄) dan kandungan NH₄.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis yang telah dilakukan pada penelitian ini, ternyata di perairan Danau Toba didapatkan 71 spesies plankton yang termasuk dalam 7 kategori takson (Cyanophyceae, Chlorophyceae, Desmidiaceae, Diatomae/Bacillariophyceae, Flagellata, Rhizopoda dan Rotifera). Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Keanekaragaman dan Kelimpahan Populasi Spesies Plankton di Perairan Danau Toba lokasi Ajibata dan Pangaloan, Propinsi Sumatera Utara Mei 2012

No.	Nama Kelompok dan Spesies	Jumlah Individu/liter	
		P1	P2
I.	PHYTOPLANKTON:		
A.	Cyanophyceae:		
	1. <i>Aphanocapsa rivularis</i>	1	-
	2. <i>Lyngbya contorta</i>	-	1
	3. <i>Oscillatoria amphibia</i>	1	1
	4. <i>Oscillatoria formosa</i>	1	-
	5. <i>Oscillatoria splendida</i>	4	-
	6. <i>Microcystis incerta</i>	-	12
B.	Chlorophyceae:		
	1. <i>Chlorella ellipsoidea</i>	11	4
	2. <i>Chlorella vulgaris</i>	14	5
	3. <i>Coelastrum proboscidium</i>	15	-
	4. <i>Coleochaete scutata</i>	1	-
	5. <i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	11	-
	6. <i>Gloeocystis gigas</i>	6	-
	7. <i>Hormidium subtile</i>	-	1
	8. <i>Microspora spp.</i>	1	2
	9. <i>Oedogonium multisporum</i>	-	1
	10. <i>Quadrigula chodatii</i>	5	5
	11. <i>Quadrigula recustris</i>	2	4
	12. <i>Stigeoclonium lubricum</i>	1	-
	13. <i>Ulothrix aequalis</i>	-	3
	14. <i>Ulothrix zonata</i>	-	1
	15. <i>Zygnema quadrangulatum</i>	2	3
C.	Desmidiaceae:		
	1. <i>Staurastrum biwaensis</i>	1	-
D.	Diatomae:		
	1. <i>Achnanthes linearis</i>	2	-
	2. <i>Caloneis bacillaris</i>	1	-
	3. <i>Caloneis bacillum</i>	1	-
	4. <i>Cyclotella comta</i>	-	2
	5. <i>Cyclotella operculata</i>	-	5
	6. <i>Cyclotella stelligera</i>	-	1
	7. <i>Cymbella turgida</i>	-	1
	8. <i>Diatoma elongatum</i>	-	1
	9. <i>Diatoma vulgare</i>	1	-
	10. <i>Diploneis puella</i>	1	-
	11. <i>Eunotia angusta</i>	-	1
	12. <i>Eunotia arcus</i>	2	4
	13. <i>Eunotia lunaris</i>	1	-
	14. <i>Gyrosigma acuminatum</i>	1	-
	15. <i>Navicula laterostrata</i>	-	1
	16. <i>Pinnularia gibba</i>	-	2

	17. <i>Stephanodiscus carconensis</i>	-	1
	18. <i>Synedra pulchella</i>	-	1
II.	ZOOPLANKTON:		
A.	Flagellata:		
	1. <i>Anisonema ovale</i>	4	1
	2. <i>Carteria crucifera</i>	4	1
	3. <i>Carteria globosa</i>	2	2
	4. <i>Chlamydomonas cingulata</i>	4	1
	5. <i>Chlorangium javanicum</i>	-	1
	6. <i>Entosiphon sulcatum</i>	-	1
	7. <i>Eudorina elegans</i>	10	-
	8. <i>Euglena deses</i>	1	-
	9. <i>Euglena pisciformis</i>	1	-
	16. <i>Gloeomonas ovalis</i>	2	-
	10. <i>Gonium pectorale</i>	1	-
	11. <i>Hymenomonas roseola</i>	1	-
	12. <i>Lepocinclis ovum</i>	-	1
	13. <i>Lepocinclis texta</i>	1	-
	14. <i>Merotrichia capitata</i>	3	5
	15. <i>Pleodorina californica</i>	1	-
	16. <i>Polytoma uvella</i>	2	2
	17. <i>Oicomonas socialis</i>	-	1
	18. <i>Strombomon fluviatilis</i>	1	-
	19. <i>Trachelomonas abrupta</i>	1	1
	20. <i>Trachelomonas schewiakoffii</i>	-	1
	21. <i>Trachelomonas granulosa</i>	1	-
	22. <i>Trachelomonas oblonga</i>	1	-
	23. <i>Trachelomonas playfairi</i>	2	-
	24. <i>Volvox globator</i>	1	-
B.	Rhizopoda:		
	1. <i>Centropyxis arcelloides</i>	-	2
	2. <i>Centropyxis ecornis</i>	-	1
	3. <i>Centropyxis stellata</i>	-	1
	4. <i>Diffugia bacillifera</i>	-	1
	5. <i>Diffugia oblonga</i>	-	2
	6. <i>Euglypha laevis</i>	1	1
C.	Rotifera:		
	1. <i>Trichocerca porcellus</i>	-	2
1.	Populasi plankton per liter:	125	101
2.	Populasi phytoplankton per liter:	80	63
3.	Populasi zooplankton per liter:	45	28
4.	Keanekaan spesies plankton:	44	43
5.	Keanekaan spesies fitoplankton:	24	24
6.	Keanekaan spesies zooplankton:	21	19
7.	Indeks Kemerataan (Shannon): E	1,97	1,85
8.	Indeks Keanekaragaman Plankton(H):	3,23	3,02
9.	Indeks Saprobik Plankton (X):	1,49	1,62
10.	Indek Kesamaan Komunitas Plankton pada dua lokasi: $S = 0,367 = 36,7\%$		

Keterangan: P1. Pelabuhan Kapal Ajibata, Kecamatan Lumban Julu, Kabupaten Tobamas.

P2. Desa Pangaloan, Kecamatan Nainggolan, Kabupaten Samosir.

Dari hasil analisis yang dilakukan (Tabel 3) menunjukkan bahwa kelimpahan plankton berkisar dari 101 individu/liter (Desa Pangaloan) hingga 125 individu/liter (Ajibata). Rentang kelimpahan plankton 101 – 125 individu/liter air adalah tergolong rendah (< 150 individu/liter air). Rendahnya kelimpahan plankton pada lokasi pengambilan contoh tersebut sangat berkaitan dengan rendahnya kandungan oksigen terlarut (3,70 mg/l) dan rendahnya kesuburan perairan yang ditunjukkan oleh kandungan NH_4 sebesar 3,15 mg/l dan kandungan fosfat (PO_4) sebesar 0,38 mg/l.

Meskipun kelimpahan plankton tergolong rendah, namun secara ekologis kondisi ekosistem tergolong masih baik. Hal ini ditunjukkan dengan cukup tingginya nilai indeks keanekaragaman plankton yang berkisar 3,02 (perairan di Desa Pangaloan) dan 3,23 (Ajibata). Dengan demikian rentang indeks keanekaragaman plankton di Danau Toba pada penelitian ini 3,02 – 3,23 bermakna bahwa kondisi komunitas plankton adalah masih sangat mantap atau stabil ($> 3,00$). Menurut Lee et al. (1978) bahwa indeks keanekaragaman plankton $> 2,0$ menunjukkan kondisi perairan tidak tercemar. Sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi perairan pada Danau Toba pada wilayah studi atau lokasi pengambilan contoh di bulan Mei 2012 tergolong masih alami (belum tercemar).

Indeks pemerataan populasi masing-masing spesies dalam komunitas plankton pada lokasi perairan di Ajibata sebesar 1,97 sementara itu pada lokasi Desa Pangaloan 1,85. Kondisi ini, menunjukkan sedikit saja perbedaan, sehingga dapat diasumsikan bahwa kelimpahan masing-masing populasi dalam komunitas hampir merata artinya tidak terdapat spesies yang mendominasi komunitas pada perairan studi pada kedua tempat yang diteliti.

Indeks saprobik komunitas plankton pada lokasi Ajibata sebesar +1,49 hingga pada lokasi perairan Danau Toba di Desa Pangaloan menunjukkan nilai sebesar 1,62, membuktikan bahwa tingkat pencemaran yang terjadi pada perairan Danau Toba pada lokasi yang diteliti adalah tergolong sangat rendah hingga rendah dengan sedikit beban pencemaran bahan organik maupun anorganik yang berlangsung pada fase mesosaprobik/ oligosaprobik. Kemudian indeks kesamaan spesies pada dua komunitas pada kedua contoh (sampel) yang diteliti, ternyata adalah 0,367 atau 36,7%,

menunjukkan angka < 50% yang berarti dapat diasumsikan bahwa komunitas plankton pada lokasi perairan Danau Toba di Ajibata adalah cukup berbeda dengan perairan Danau Toba di Desa Pangaloan. Perbedaan yang terjadi sebesar $100\% - 36,7\% = 63,3\%$.

Tabel 4. Parameter kualitas perairan Danau Toba, Mei 2012

No.	Parameter:	Hasil Pengukuran		BML	Metode
		ADT1	ADT2		
A.	Fisika:				
1.	Temperatur	28,5	28,2	28 – 30	Thermometer Batang
2.	Kedalaman (m)	10	4	-	Bandul Pemberat
3.	Kecerahan (cm)	240	250	-	Keping Secchi
4.	TDS (mg/l)	65	64	1000	SNI-06-2413-1991
B.	Kimia:				
5.	pH	8,1	8,2	6 – 9	SNI-06-6989.11-2004
6.	DO (Dissolved Oxygen) (mg/l)	6,28	6,31	4,0	SNI-06-6989.14-2004
7.	Nitrat (NO ₃) (mg/l)	0,7	0,8	10	SNI-06-2480-1991
8.	Nitrit (NO ₂) (mg/l)	0,01	0,02	0,06	SNI-06-6989.9-2004
9.	Sulfida (H ₂ S) (mg/l)	0,08	0,05	0,02	SNI-06-2470-1991
10.	PO ₄ (mg/l)	0,173	0,170	0,2	SNI-06-2483-1991

Data Primer, Mei 2012

Keterangan:

ADT1: lokasi Ajibata (Pelabuhan Kapal Penumpang)

ADT2: lokasi Desa Pangaloan

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil studi yang dilakukan pada lokasi penelitian perairan Danau Toba yang terletak di perairan Ajibata dan Desa Pangaloan pada bulan Mei 2012, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dapat ditemukan 71 spesies plankton dalam 7 kategori takson (*Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Desmidiaceae*, *Bacillariophyceae*, *Flagellata*, *Rhizopoda* dan *Rotifera*).
2. Berdasarkan kandungan fosfat (PO₄) sekitar 0,170 – 1,73 mg/l dan kandungan NH₄ sekitar 0,7 – 0,8 mg/l, maka perairan studi Danau Toba adalah tergolong perairan yang kurang subur dengan kepadatan plankton rendah hingga sedang (101 – 125 individu/liter air atau 101.000 – 125.000 individu/m³ air).
3. Indeks Keanekaragaman Plankton 3,02 – 3,23 pada perairan studi menunjukkan kondisi komunitas plankton tergolong sangat mantap (stabil), atau belum tercemar.

4. Penulusuran lebih lanjut berdasarkan indeks saprobik komunitas plankton berkisar + 1,49 hingga + 1,62 menunjukkan tingkat pencemaran tergolong sangat ringan hingga ringan dengan sedikit beban pencemaran bahan organik maupun anorganik yang berlangsung pada fase mesosaprobik/ oligosaprobik.
5. Indeks Kesamaan sebesar 0,367 atau 36,7% menunjukkan perbedaan yang cukup nyata sebesar 63,3% (< 50%) antara dua tempat pengambilan contoh di Ajibata dan Desa Pangaloan.

Saran yang diperlukan untuk dilanjutkan pada penelitian berikutnya adalah:

1. Perlu kajian lebih lanjut struktur dan komposisi komunitas plankton meliputi keanekaragaman dan kelimpahan plankton pada berbagai tempat perairan Danau Toba berdasarkan ritme harian (circadian rhythm) untuk mengetahui dinamika spesies dari komunitas plankton sehingga dapat dipahami bagaimana migrasi plankton, khususnya zooplanktonnya.
2. Perlu dilakukan interaksi studi plankton dengan penyebaran jenis-jenis ikan yang ada Danau Toba sehingga dapat menetapkan potensi biota yang ada dalam langkah mempertahankan pengembangan budidaya perairan danau yang optimal dan berwawasan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim: (File:///F:/Danau_Toba.htm : Danau Toba – *Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedi bebas*).
- APHA. 1980. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, 15 th Edition. APHA Inc., New York. 1134 p.
- Barnes R.S.K. and K.H. Mann. *Fundamentals of Aquatic Ecosystems. Blackwell Scientific Publications*. Oxford London Edinburgh Boston Melbourne. 229 p.
- Davis, C.C. 1955. *The Marine and Fresh-Water Plankton*. Michigan State University. 562 p.
- Dresscher, TGN and H. van der Mark (1976). *A Simplified method for the assessment of quality of fresh & Slightly Brakish Water. Hydrobiologia*, Vol. 48, 3 pp. 199-201.
- Edmondson, W.T. 1959. *Fresh-Water Biology*. University of Washington, Seattle. Printed in the University States of America. 1248 p.

- Effendi H.M.I. 2002. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. 163 hal.
- Jacob Kalff, 2002. *Limnology Inland Water Ecosystems*. McGill University, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- Kerkut, G.A. 1963. *The Invertebrata – A Manual For The Use Of Students*. Fourth Edition Revised. Cambridge At The University Press. 419 p.
- Lee, C. D., S. B. Wang and C. L. Kuo. 1978. *Benthic Macroinvertebrate and Fish as Biological Indicators of Water Quality*, With Reference of Community Diversity Index. International Conference on Water Pollution Control in Development Countries. Bangkok. Thailand.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Third Edition. W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto. Toppan Company, Ltd. Tokyo, Japan. 574 p.
- Marschner. 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. Harcourt Brace Javanovic, Publishers, London.
- Mizuno, T. 1979. *Illustrations of The Freshwater Plankton of Japan*. Hoikusha Publishing Co., Ltd. 353 p.
- Needham, J.G. and D. R. Needham. 1963. *A guide to study of freshwater biology, 15th Edition*. Holden Day Inc., Inc. San Fransisco. 108 p.
- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 442 hal.
- Sachlan, M. 1980. *Planktonologi. Fakultas Peternakan dan Perikanan*. UNDIP Semarang. 103 hal.
- Sachlan, M. 1980. *Planktonologi. Fakultas Peternakan dan Perikanan*. UNDIP Semarang. 103 hal.
- Sagala, E. P. 2011. Indeks Saprobik Komunitas dalam menentukan Tingkat Pencemaran di Perairan Laut antara Muara Sungai Benu dan Pulau Betet, Kabupaten Banyuasin, Propinsi Sumatera Selatan. *Jurnal: Maspari Journal Research*. ISSN: 2087-0558, Vol 2 Nomor 1, 17 Januari 2011.
- Sagala, E. P. 2011. Indeks Keanekaragaman dan Indeks Saprobik Plankton dalam menilai Kualitas Rawa Gambut, Danau Teloko di Kecamatan Kayuagung, Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI), Propinsi Sumjamtera Selatan. Prosiding Bidang Biologi pada Seminar & Rapat Tahunan BKS-PTN B tahun 2012 Bidang Ilmu MIPA Badan kerjasama Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat. Penyelenggara FMIPA Universitas Negeri Medan. Hotel Madani Medan 11 – 12 Mei 2012.

Welch, P.S. 1962. *Limnological Methods*. Mc. Graw-Hill Book Company Ltd., New York. 381 p.

Lampiran



Gambar 1. Lokasi Sampling di Pelabuhan Kapal Penumpang Ajibata (Mei 2012)



Gambar 2. Lokasi Sampling di Desa Pangaloan (Mei 2012)



Gambar 3. Contoh Aktifitas Pertanian dan Keramba Apung Ikan Di Tepi Danau Toba (Mei 2012)



Gambar 4. Keramba Apung Budidaya Ikan Di tengah Perairan Danau Toba (Mei 2012)

ANALISIS PERUBAHAN PENUTUP LAHAN DI DAERAH TANGKAPAN AIR SUB DAS TONDANO TERHADAP KUALITAS DANAU TONDANO MENGUNAKAN DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH

Tatik Kartika, I Made Parsa, Sri Harini
Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN
tatikkartika@yahoo.com

ABSTRAK

Danau Tondano di Sulawesi Utara merupakan salah satu dari 15 danau yang diprioritaskan untuk mendapatkan penanganan akibat terjadinya degradasi lingkungan yang semakin parah. Salah satu usaha yang perlu dilakukan adalah dengan melakukan pemantauan kualitas dan kuantitas danau secara kontinyu dan akurat, sehingga informasi yang dihasilkan dapat menjadi bahan masukan bagi perencanaan pengelolaan danau. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap perairan danau adalah material yang masuk ke dalam danau, yang dipengaruhi antara lain oleh penutup lahan dalam daerah tangkapan airnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji perubahan penutup lahan yang diduga memberikan dampak terhadap meningkatnya erosi dan sedimentasi yang mengakibatkan menurunnya kualitas dan kuantitas danau. Perubahan penutup lahan dapat dipantau dari data satelit penginderaan jauh multi temporal, yang mana pada penelitian ini digunakan data satelit Landsat tahun 1990 dan 2003 serta data SPOT-4 tahun 2011 wilayah sub DAS Tondano. Metode yang digunakan adalah interpretasi visual data penginderaan jauh dan analisis pengaruh perubahan penutup lahannya terhadap kualitas dan kuantitas danau. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa sub DAS Tondano didominasi oleh sawah, ladang/tegalan, dan hutan. Perubahan penutup lahan dalam kurun waktu dua puluh tahun dari 1990 sampai dengan 2011 didominasi oleh perubahan areal hutan dan semak yang masing-masing berkurang sekitar 44% dan 28%, serta perubahan areal permukiman dan ladang/tegalan, masing-masing bertambah sekitar 12% dan 33%. Vegetasi air berdasarkan hasil interpretasi dari data penginderaan jauh tahun 1990 masih belum ditemukan, tetapi dari 2003 ke 2011 luasannya bertambah hingga menjadi 5 kalinya. Berkurang dan bertambahnya penutup lahan tersebut memberi dampak terhadap berkurangnya kualitas dan kuantitas danau Tondano

Kata Kunci: sub DAS, data satelit penginderaan jauh, penutup lahan, kualitas dan kuantitas danau

ABSTRACT

Tondano Lake in North Sulawesi is one of the 15 lakes prioritized to get the handling of environmental issues. This condition is growing concern with environmental degradation which is worst enough. One effort that has to be done is to monitor the quality and quantity of lakes continuously and accurately, so that the information resulted from monitoring can be utilized as input in the lake management planning. One factor influencing the quality of lake water is the material that goes into the lake, which is affected by land cover in water catchment areas. The objectives of this study were to investigate the land cover and to analyze its change which has impact in increasing erosion and sedimentation which in turn decrease the quality and quantity of the lake. Land cover change can be monitored from multi-temporal remote sensing satellite data, which in this study was used Landsat satellite data in 1990 and 2003 and SPOT-4 data in 2011 of the sub watershed Tondano. The method used was the visual interpretation of remote sensing data and analysis effect of land cover change on quality and quantity of lake. The result of interpretation indicates that sub watershed Tondano area was dominated by rice field, upland, and forest. Their landcover changes in about 20 years since 1990 until 2011 were dominated by the changes of forest and shrub acreages. They decreased about 44% and 28%, respectively. Settlement and upland acreages increased about 12% and 33%, respectively. Water vegetation was not found at 1990, but from 2003 until 2011 its acreage increased became 5 times. The change of land cover gave impact on the decrease of quality and quantity of Tondano Lake.

Keywords: sub watershed, remote sensing satellite data, land cover, lake's quality and quantity

PENDAHULUAN

Danau Tondano terletak di Sulawesi Utara yang berdasarkan tingkat kerusakan dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat termasuk satu dari 15 danau yang diprioritaskan untuk mendapat penanganan permasalahan lingkungan hidup. DAS Tondano terbagi menjadi sub das Tondano, Noongan, Klabat, dan Tikala. Sub DAS Tondano adalah sub DAS terbesar di DAS Tondano dan termasuk sebagai prioritas I untuk di tangani. Permasalahan penting di DAS Tondano adalah penurunan kualitas dan kuantitas air Danau Tondano , kecilnya luas kawasan hutan, dominasi tanaman cengkeh dan kelapa dalam penggunaan lahan, terjadinya banjir, sedimentasi pada badan-badan air, usaha tani yang belum memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah, dan perambahan hutan yang berkelanjutan ([http://www.dephut.go.id.](http://www.dephut.go.id)) Itulah sebabnya kemudian DAS Tondano dan danaunya dikategorikan sebagai salah satu Prioritas I di Indonesia dengan S.K. Menteri Kehutanan No. 284/Kpts-II/1999.

Lahan yang kebanyakan marginal apabila diusahakan dengan cara-cara yang mengabaikan kaidah konservasi tanah akan rentan terhadap erosi dan tanah longsor. Meningkatnya erosi dan tanah longsor di daerah tangkapan air pada gilirannya akan meningkatkan muatan sedimen di sungai bagian hilir. Selain itu perambahan hutan mengakibatkan terjadinya gangguan perilaku aliran sungai, di mana pada musim hujan debit air sungai meningkat tajam sehingga beresiko banjir sedangkan di musim kemarau debit air sangat rendah sehingga beresiko kekeringan (Asdak,2004).

Kualitas air Danau Tondano berdasarkan sample yang diambil oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) Sulawesi Utara di beberapa lokasi pada musim hujan dan kemarau menunjukkan banyak diantaranya yang sudah di atas standar baku mutu, demikian juga dengan parameter total coli (<http://www.antaraneews.com/berita/310580/danau-tondano-tercemar-bakteri-e-coli>) Untuk ukuran kuantitas, dilihat dari kedalaman rata-rata di tahun 1923 masih sekitar 40 meter, pada tahun 2004 kedalaman maksimum 18 meter. Sementara luas danau pada tahun 1934 adalah 5622 Ha dan terus berkurang hingga 4628 Ha. Masalah lain adalah makin banyaknya hama eceng gondok dan makin bertambahnya usaha perikanan keramba (jaring apung) di seputar danau. [http://www.manadopost.co.id.](http://www.manadopost.co.id)

Sekeliling danau yang merupakan perbukitan dan lereng gunung juga telah gundul akibat perubahan fungsi lahan. Hal ini mengakibatkan potensi erosi yang terus

meningkat hingga tingkat erosi yang sangat tinggi atau Indeks Bahaya Erosi (IBE) di atas 10,00. Erosi yang meningkat mengakibatkan sedimentasi meningkat pula, padahal ada sekitar 12 sungai dan 25 anak sungai yang bermuara di danau tersebut, walaupun 8 sungai diantaranya sudah dilengkapi waduk dan check dam (bendungan pengontrol banjir dan penahan lumpur).

Dibandingkan dengan metode konvensional yaitu dengan melakukan pengukuran secara langsung di lapangan, maka teknologi satelit penginderaan jauh mempunyai beberapa kelebihan dari segi cakupan areanya yang luas, informasinya yang kontinu (tidak hanya pada titik-titik tertentu tapi menyeluruh di seluruh area yang diamati), dapat diperoleh secara berkala, dan biaya operasionalnya relatif murah. Khusus untuk pemantauan, data penginderaan jauh dapat diperoleh secara berkala karena mempunyai sifat multi temporal yang artinya data pada wilayah yang sama dalam jangka waktu tertentu akan kembali terekam, jangka waktu tersebut tergantung kepada satelitnya.

Hal-hal yang dapat diamati secara berkala diantaranya adalah perubahan penutup lahan, yang apabila dikonversi dengan tidak menggunakan prinsip kelestarian lingkungan dapat mengakibatkan banyak hal negatif, tidak hanya dalam tahap pembukaannya tetapi juga pada tahap penggunaan dan pengelolaannya.

Perubahan penutup lahan memberikan pengaruh terhadap kualitas dan kuantitas danau. Perubahan luas hutan, semak, ladang/tegalan, dan permukiman memberikan kontribusi dalam naik turunnya kualitas dan kuantitas danau, begitu juga dengan luas vegetasi air. Pokok permasalahannya adalah bagaimanakah perubahan penutup lahan di sub DAS Tondano tersebut dari tahun 1990 hingga tahun 2003 dan 2011.

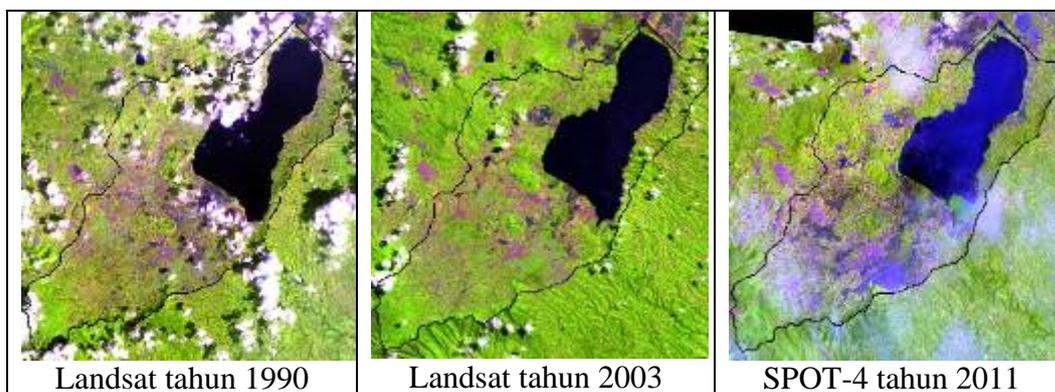
Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui penutup lahan di sub DAS Tondano dan mengkaji perubahannya yang diketahui memberikan dampak meningkatnya erosi dan sedimentasi sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas dan kuantitas danau.

BAHAN DAN METODE

BAHAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Landsat tahun 1990 dan 2003 serta data SPOT-4 tahun 2011, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Selain itu juga digunakan peta RBI yang bersumber dari Bakosurtanal sebagai acuan untuk koreksi

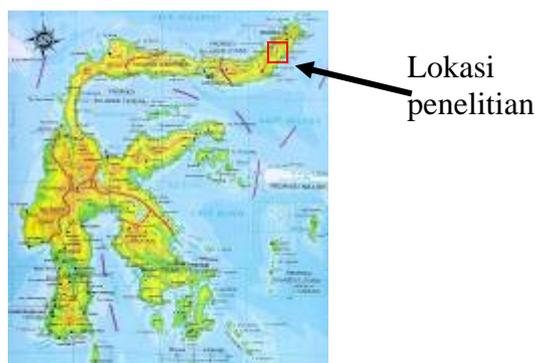
geometrik, data DEM untuk koreksi radiometrik, data resolusi tinggi IKONOS untuk memvalidasi hasil interpretasi penutup lahan dan informasi spasial keramba (jaring apung), serta data jaringan sungai untuk memperoleh gambaran mengenai sebaran serta banyaknya sungai yang masuk dan keluar danau.



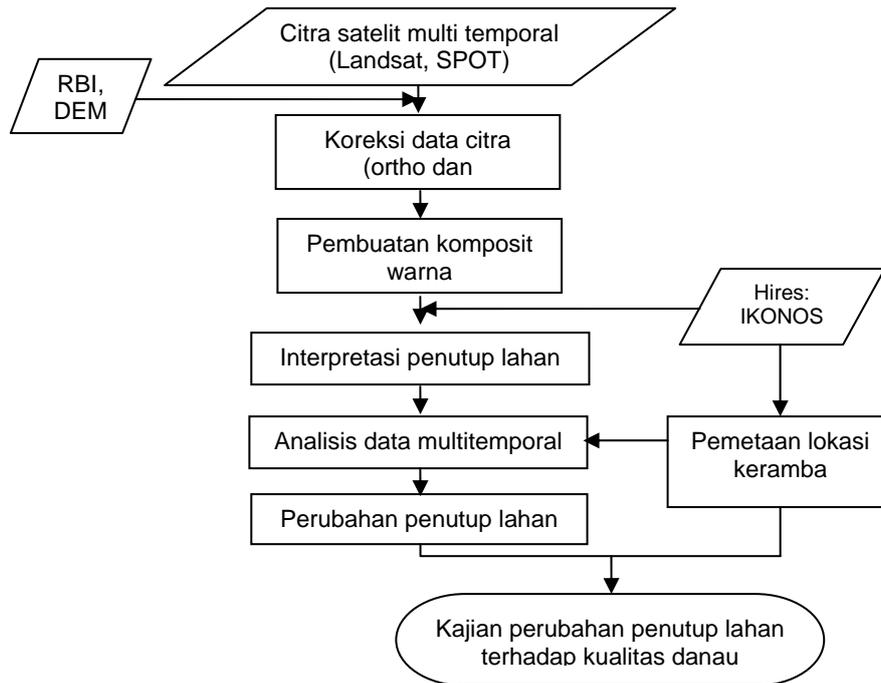
Gambar 2. Data satelit penginderaan jauh yang digunakan dengan garis hitam adalah batas sub DAS Tondano (Sumber: LAPAN)

METODE

Lokasi penelitian terletak di Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara, tepatnya di Kabupaten Minahasa dan merupakan danau terluas di Provinsi Sulawesi Utara (http://id.wikipedia.org/wiki/Danau_tondano), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Danau Tondano di Sulawesi Utara (Sumber: http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Peta_Sulawesi.jpg)



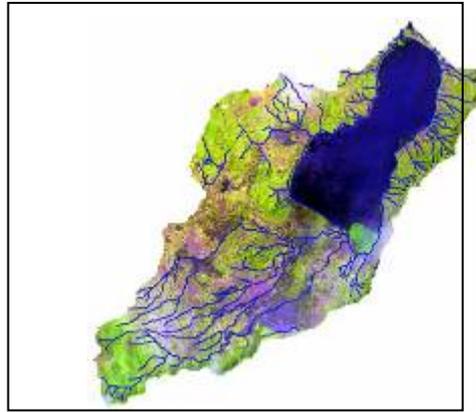
Gambar 3. Diagram alir penelitian

Pra pengolahan data citra satelit pada penelitian ini adalah koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Sebelum proses klasifikasi, terlebih dahulu dibuat citra komposit untuk memudahkan interpretasi. Metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah interpretasi visual dengan melakukan digitasi langsung melalui monitor. Kelemahan metode ini adalah hasil interpretasi sangat tergantung kepada pendigit (interpreter), sehingga hasilnya bersifat subjektif. Tetapi dengan tersedianya data resolusi tinggi IKONOS yang digunakan untuk memvalidasi hasil interpretasi, maka kelemahan tersebut bisa diminimumkan. Kelebihan dari metode ini adalah bahwa interpreter masih bisa melakukan digitasi walaupun ada gangguan atmosfer seperti *haze* misalnya, selama penutup lahan di bawahnya masih bisa terlihat. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Danau Tondano memiliki 35 inlet (termasuk sungai intermiten) dan hanya 1 outlet yaitu Sungai Tondano yang bermuara di Teluk Manado (Suryadiputra, 2010). Gambar 4 menunjukkan citra sub DAS Tondano beserta jaringan sungainya. Hal ini

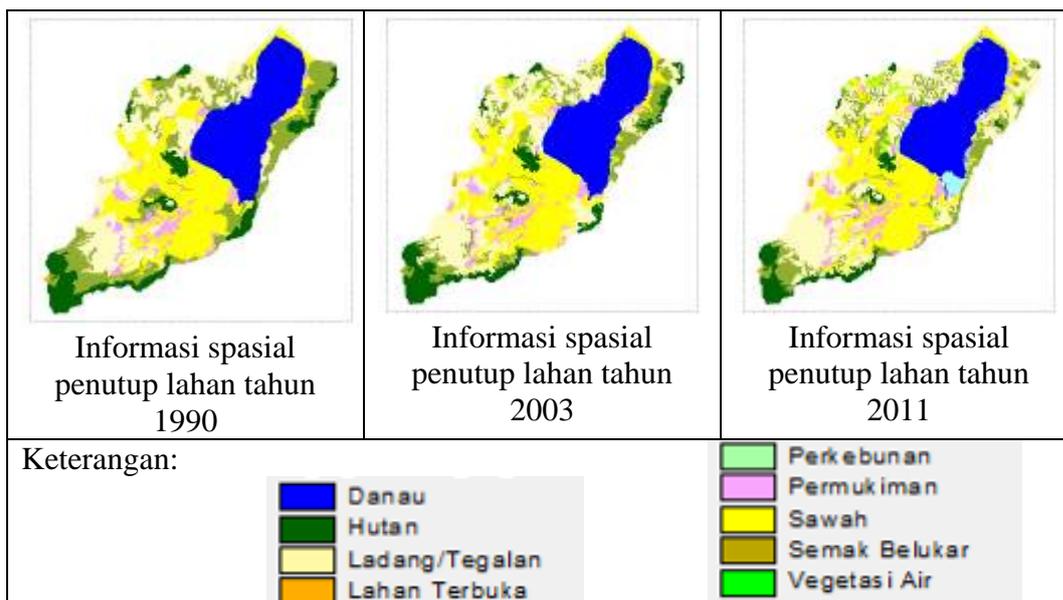
memberikan gambaran, betapa banyak material yang memasuki danau, sementara outletnya sangat terbatas.



Gambar 4. Sebaran aliran sungai di sub DAS Tondano

Danau, seperti juga laut, merupakan tempat masuknya berbagai material dari daratan melalui sungai. Gambar 4 memberikan gambaran bahwa sebaran dan banyaknya sungai yang mengalir melalui beragam penutup lahan akhirnya akan masuk ke dalam danau dan memberikan pengaruh kepada tingkat erosinya. Pemantauan IBE yang dilakukan oleh BLH Sulawesi Utara menunjukkan angka yang terus meningkat. Hal ini diperkirakan karena adanya perubahan penutup lahan yang cukup signifikan di daerah tangkapan sub DAS Tondano.

Hasil klasifikasi berdasarkan interpretasi visual terhadap data penginderaan jauh Landsat tahun 1990 dan 2003 serta SPOT tahun 2011 di sub DAS Tondano menunjukkan keragaman penutup lahan yang terdiri dari badan air, hutan, ladang/tegalan, lahan terbuka, perkebunan, permukiman, sawah, dan semak belukar. Sementara vegetasi air tidak ada di tahun 1990, tetapi ada di tahun 2003 dan 2011. Gambar 5 menunjukkan informasi spasial penutup lahan sub DAS Tondano tahun 1990, 2003, dan 2011, sementara Tabel 1 menunjukkan luas masing-masing penutup lahan pada ketiga tahun penelitian tersebut.



Gambar 5. Informasi spasial penutup lahan di sub DAS Tondano tahun 1990, 2003, dan 2011

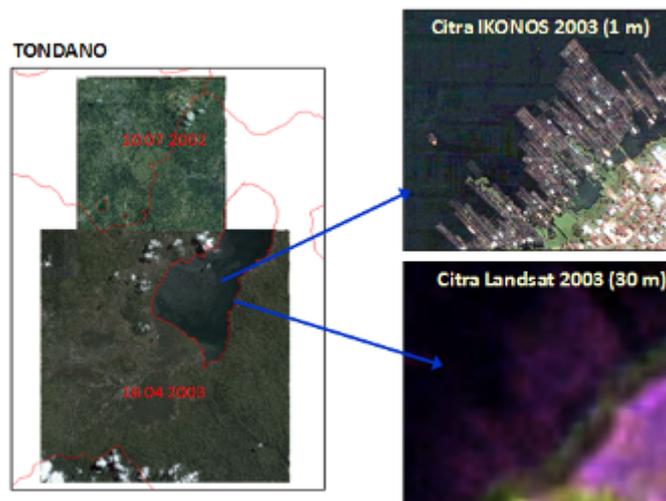
Tabel 1. Luas penutup lahan (ha) sub DAS Tondano tahun 1990, 2003, dan 2011

KETERANGAN	1990	2003	2011
Danau	4656	4614	4232
Hutan	2178	2104	1216
Ladang/Tegalan	4196	5497	5593
Lahan Terbuka	11	29	44
Perkebunan	-	191	401
Permukiman	1124	1153	1260
Sawah	5593	5643	5621
Semak Belukar	3852	2296	2777
Vegetasi Air	-	82	466

Dari Gambar 5 berupa informasi spasial penutup lahan dan Tabel 1 menunjukkan luas penutup lahan pada setiap tahun penelitian, penutup lahan di sub DAS Tondano didominasi oleh sawah, ladang/tegalan, dan hutan. Sementara dari analisis perubahan luas penutup lahan dari tahun ke tahun memberikan hasil bahwa luas hutan dan semak belukar terus menurun sementara luas ladang/tegalan dan permukiman terus meningkat. Menurut Asdak (2004), vegetasi mempunyai peranan penting untuk berlangsungnya proses erosi-sedimentasi. Berkurangnya jenis vegetasi hutan dan semak belukar serta bertambahnya ladang/tegalan memberikan kontribusi meningkatnya erosi sehingga menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas Danau Tondano. Penutup

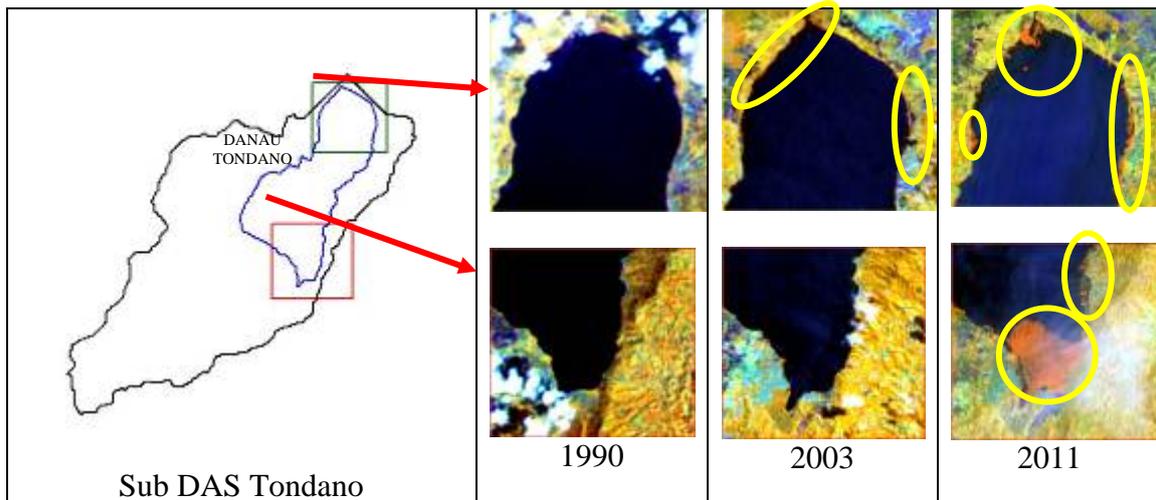
lahan lain seperti permukiman yang semakin bertambah juga diduga menurunkan kualitas air danau dengan terbukti menurut pengukuran BLH Sulawesi Utara menaikkan parameter total coli.

Jika penelitian difokuskan di tubuh airnya yaitu Danau Tondano, maka dari data satelit inderaja dapat diidentifikasi keramba yang ditunjukkan oleh Gambar 6 dan identifikasi vegetasi air ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 6. Identifikasi keramba pada citra IKONOS dan citra Landsat tahun 2003
(Sumber: Trisakti, dkk., 2012)

Dari identifikasi luas danau, maka telah terjadi perubahan luas perairan terbuka dikarenakan adanya vegetasi air yang terus berkembang dan adanya sebaran keramba. Hasil pemantauan vegetasi air menunjukkan bahwa pada tahun 1990, hasil interpretasi menunjukkan tidak adanya vegetasi air yang tumbuh di danau tersebut. Tetapi hasil interpretasi pada tahun 2003, vegetasi air sudah cukup banyak tumbuh di pinggir-pinggir danau dan terus bertambah banyak pada tahun 2011. Jika hasil tahun 2003 dan 2011 dibandingkan, maka sebaran vegetasi air tersebut menempati lokasi yang berbeda, hal ini dikarenakan tumbuhan eceng gondok bersifat terapung sehingga pergerakannya tergantung kepada angin dan arus air.



Gambar 7. Sebaran vegetasi air di danau Tondano pada tahun 1990, 2003, dan 2011. Vegetasi air ditandai oleh lingkaran kuning.

Sebaran vegetasi air hasil interpretasi tahun 2003 dan 2011, sebaran keramba tahun 2003, dan kondisi lapangan ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Sebaran keramba dan vegetasi air serta kondisi riil tahun 2012

Menurut Suryadiputra (2010), <http://www.manadopost.co.id> (20101), dll. vegetasi air tersebut adalah eceng gondok yang menyebabkan terganggunya penurunan pemakaian air danau sebagai sumber energi PLTA, menutup muka air dari sinar matahari sehingga mengganggu proses produksi ikan, dll.

Keramba banyak tersebar di danau sebelah barat dan terus ke selatan danau. Dengan banyaknya keramba, maka sisa pakan ikan juga memberikan kontribusi dalam pencemaran kualitas danau (Kartika, 2006). Sementara itu outlet terdapat di sebelah utara, sehingga sisa pakan ikan akan memungkinkan lebih luas tersebar. Untuk itu hal ini memerlukan penelitian lebih lanjut.

Dengan kondisi penutup lahan dan perubahan penutup lahan yang terjadi seperti diterangkan di atas, maka diduga akan merubah komposisi danau yang pada akhirnya akan merubah ekosistem danau. Wantasen S, dkk., menyebutkan bahwa perubahan ekosistem danau yang tidak terkontrol akan menyebabkan kualitas air danau mengalami penurunan, demikian juga dengan kuantitasnya. Sementara untuk wilayah tangkapan airnya menurut Puguh D.R. (2009), pemanfaatan sumberdaya lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan lahan dan tata ruang wilayah, dapat menyebabkan terjadinya bahaya erosi dan longsor, simpanan air berkurang serta menimbulkan masalah banjir, kekeringan dan sedimentasi.

Dengan berubahnya penutup lahan seperti hutan menjadi semak atau ladang/tegalan, kemudian semak dan sawah menjadi permukiman, bertambahnya eceng gondok dan keramba, maka resiko menurunnya kualitas dan kuantitas danau semakin tinggi. Perubahan ini bisa dipantau dengan mudah oleh data satelit penginderaan jauh.

KESIMPULAN

1. Data penginderaan jauh mempunyai sifat temporal, sehingga bisa digunakan untuk memantau perubahan penutup lahan yang akan memberikan masukan berarti bagi pengelolaan DAS.
2. Hasil interpretasi dari data penginderaan jauh Landsat dan SPOT, penutup lahan di Sub DAS Tondano didominasi oleh sawah, ladang/tegalan, dan hutan. Sedangkan perubahan penutup lahannya didominasi oleh hutan dan ladang yang semakin berkurang dan permukiman yang semakin bertambah.
3. Semakin berkurangnya penutup lahan bervegetasi seperti hutan dan semak belukar, diduga memberikan dampak makin menurunnya kualitas dan kuantitas danau.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan sub dari penelitian yang dilaksanakan atas biaya PKPP (Pengembangan Kapasitas Peneliti Perekayasa) RISTEK 2012 dengan judul Penguatan Kapasitas Daerah Dan Sinergitas Pemanfaatan Data Inderaja Untuk Ekstraksi Informasi Kualitas Danau Bagi Kesesuaian Budidaya Perikanan Darat Dan Kelestarian Lingkungan Di Danau Tempe Dan Tondano.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2004. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta
- Bambang, T., Nana S., I Made P., Tatik K., Sri. 2012. Penguatan Kapasitas Daerah Dan Sinergitas Pemanfaatan Data Inderaja Untuk Ekstraksi Informasi Kualitas Danau Bagi Kesesuaian Budidaya Perikanan Darat Dan Kelestarian Lingkungan Di Danau Tempe Dan Tondano. *Laporan (tidak diterbitkan)*. LAPAN
- http://id.wikipedia.org/wiki/Danau_tondano
- <http://konservasidanautondano.wordpress.com/makalah>
- <http://www.dephut.go.id/INFORMASI/INTAG/bpkh6/BPKHVI/bpdastondano1.html>
- <http://www.antaranews.com/berita/310580/danau-tondano-tercemar-bakteri-e-coli>
- <http://www.manadopost.co.id/> Pendangkalan Danau Tondano Makin Cepat, 50 Tahun Lagi Jadi Daratan
- Kartika, T. 2006. Manfaat data penginderaan jauh dalam analisis menurunnya fungsi Waduk Rawapening Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah. *Prosiding PIT MAPIN ke 15*.
- Puguh D.R., 2009. Pemetaan Erosi DAS Lukulo Hulu Dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi. *Remote Sensing & GIS For Hydrology*.
- Suryadiputra, Ferry, H., M. Ilham. 2010. Danau Tondano, Salah Satu Dari Lima Belas Danau Prioritas Di Indonesia Yang Harus Segera Dipulihkan Fungsinya. *Warta Konservasi Lahan Basah*, Vol. 18 No. 2.
- Wantasen, S., Sudarmadji, Eko S., Slamet S.. -. Kajian Tingkat Trofik Danau Tondano di Provinsi Sulawesi Utara.

**LAJU DEKOMPOSISI PADATAN TERSUSPENSI
DI PERAIRAN DANAU TOBA
Studi kasus: Di Karamba Jaring Apung**

Muhammad Badjoeri dan Yayah Mardiaty
Pusat Penelitian Limnologi LIPI
e-mail: mbadjoeri@yahoo.com

ABSTRAK

Kegiatan budidaya perikanan dengan sistem keramba jaring apung (KJA) di Danau Toba diduga menjadi salah satu penyumbang limbah organik di perairan tersebut. Limbah organik tersebut akan terakumulasi dan didekomposisi oleh bakteri di dasar perairan. Tujuan penelitian untuk mengetahui laju dekomposisi padatan tersuspensi di Danau Toba, khususnya pada lokasi KJA. Sampling sedimen dilakukan pada Juli 2011. Parameter yang diamati adalah TSS (total suspended solid), OSS (organic suspended solid), kelimpahan bakteri heterotrofik dan fisika-kimia air. Penelitian dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Puslit Limnologi LIPI. Analisa TSS dan OSS dengan metode gravimetric, dan penghitungan kelimpahan bakteri menggunakan metoda TPC (total plate count) pada media nutrisi agar dan inkubasi selama 24 - 72 jam pada suhu kamar. Hasil pengamatan menunjukkan laju dekomposisi OSS berkisar 1,50 - 20,19 mg/L dalam 24 jam, sedangkan laju dekomposisi TSS berkisar 9,66 - 39,0 mg/L dalam 24 jam. Laju dekomposisi padatan tersuspensi di Danau Toba dipengaruhi oleh konsentrasi bahan organik, kelimpahan bakteri dan waktu inkubasi. Terdapat korelasi positif antara waktu inkubasi dan konsentrasi padatan tersuspensi dengan kelimpahan bakteri.

Kata kunci : *Danau Toba, laju perombakan, padatan tersuspensi, bakteri heterotrofik, dan KJA*

ABSTRACT

Aquaculture activities with the system of floating cages in Lake Toba thought to be one of the largest contributing an organic waste in the waters. The organic wastes that goes into water will accumulate and are decomposed by bacteria in the bottom. The study aims to determine the rate of decomposition of suspended solids in Lake Toba, specifically on the location of fish farming with floating cages. Sediment sampling was conducted in July 2011. Parameters are observed TSS (total suspended solid), OSS (organic suspended solid), the abundance of heterotrophic bacteria and physico-chemical of water. Research conducted at the Laboratory of Microbiology Research Center for Limnology LIPI. Analysis of TSS and OSS by gravimetric method, and calculation of the abundance of bacteria by TPC (total plate count) method on nutrient agar and incubation for 24-72 h at room temperature. Observation that the rate of decomposition of OSS range from 1.50 to 20.19 mg / L in 24 hours, whereas the rate of decomposition of the TSS from 9.66 to 39.0 mg / L in 24 hours. The rate of decomposition of suspended solids in Lake Toba is influenced by the concentration of organic material, bacterial abundance and incubation time. There is a positive correlation between incubation time and concentration of suspended solids to the abundance of bacteria

Key words: *Lake Toba, the rate of turnover, organic matter, Lake Toba, heterotrophic bacteria*

PENDAHULUAN

Danau Toba merupakan salah satu danau tipe vulkanik kaldera yang terdapat di Provinsi Sumatera Utara dan danau terbesar di Indonesia yang terletak pada ketinggian sekitar 904 m dpl, membentang dari Barat Laut ke Tenggara sepanjang 87

km dan lebar 27 km dengan kedalaman maksimum sekitar 505 m (Nishimura *et al.* 1994 dan Hehanusa, 2000).

Danau Toba selain sebagai salah satu objek wisata alam yang menakjubkan, juga berfungsi untuk sumber baku air minum, irigasi, sumber energi PLTA, dan perikanan tangkap dan budidaya (Siregar 2008 dan Siagian, 2009).

Kegiatan budidaya ikan dengan sistem keramba jaring apung (KJA) di Danau Toba telah dilakukan oleh masyarakat sejak tahun 1986, dan berkembang pesat pada tahun 1998 menggunakan KJA intensif dengan padat tebar ikan yang tinggi (Rismawati, 2010 *dalam* Ginting, 2011). Lukman (2009) melaporkan pada saat ini tertanam \pm 2.500 unit KJA di Danau Toba dimana 1500 unit milik masyarakat dan 1.000 unit milik PMA. Sedangkan Ginting (2011) melaporkan pula bahwa, pada tahun 2006 KJA yang beroperasi di Danau Toba mencapai 5.233 unit, dan hasil survey Dinas Perikanan Provinsi Sumatera Utara tahun 2008 melaporkan terdapat 7.012 unit KJA yang beroperasi, yang terdiri dari KJA milik PT. Aquafarm Nusantara (PMA) sebanyak 1.780 unit dan KJA milik masyarakat sebanyak 5.232 unit.

PT. Aquafarm Nusantara merupakan perusahaan perikanan asing yang telah beroperasi sejak tahun 1998 di Parapat, Sumatera Utara. Jenis ikan yang dibudidayakan adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan sistem KJA (Nadeak, 2009).

Pemanfaatan perairan danau untuk budidaya ikan sistem KJA dapat bernilai positif terhadap perekonomian masyarakat di sekitarnya selama dalam batas kapasitas daya dukung perairan dan penetapan lokasi KJA yang tidak berbenturan dengan kepentingan lain, akan tetapi peningkatan budidaya ikan sistem KJA yang berlebihan akan menimbulkan dampak negatif terhadap kondisi perairan danau pada masa yang akan datang (Lukman, 2009).

Meningkatnya budidaya ikan sistem KJA di Danau Toba berpotensi sebagai sumber asupan bahan organik diperairan tersebut, baik dalam bentuk terlarut maupun tersuspensi di perairan, salah satunya berasal dari pakan ikan yang tidak dimakan dan ekskresi biota (ikan). Hal ini dapat dideteksi dengan mengetahui peningkatan kandungan padatan tersuspensi (TSS dan OSS), BOD₅, COD, dan kandungan C, N dan P (Sitorus, 2005).

Bahan organik juga berpotensi dapat meningkatkan laju sedimentasi, hipoksia, perubahan kondisi trofik, perubahan produktivitas serta struktur komunitas benthik.

Bahan organik umumnya tersusun oleh karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, fosfor, sulfur dan mineral lainnya sebagian akan mengendap dan terakumulasi di dasar perairan dan sebagian lainnya terlarut di air. Bahan organik tersebut akan didekomposisi oleh mikroba aerobik maupun anaerobik baik di kolom air maupun di sedimen dasar danau (Sitorus, 2005).

Menurut Purnomo (2005 dalam Lukman, 2009) dan Purnomo (2008 dalam Ginting, 2011) pada tahun 2003 tingkat tropik perairan Danau Toba telah mengarah ke perairan mesotropik, dan selama hampir 80 tahun danau ini telah mengalami peningkatan kesuburan, yakni dari semula tergolong yang oligotrofik kini berubah menjadi perairan mesotrofik, bahkan tidak tertutup kemungkinan di masa yang akan datang akan berubah lagi menjadi eutrofik. Hal ini dikarenakan meningkatnya kandungan bahan organik di perairan tersebut.

Dalam ekosistem perairan, bakteri heterotrofik berhubungan erat dengan proses dekomposisi (perombakan) bahan organik dan remineralisasi unsur hara di perairan. Pada perairan yang tinggi konsentrasi bahan organiknya biasanya diikuti dengan melimpahnya populasi bakteri heterotrofik. Proses dekomposisi bahan organik di perairan jika tersedia oksigen (kondisi aerobik) akan terus berlangsung dan laju proses ini berjalan cepat dan sebaliknya jika konsentrasi oksigen rendah atau tidak tersedia (kondisi anaerobik) maka bakteri anaerobik akan melakukan proses respirasi anaerobik dan dekomposisi bahan organik berlangsung secara fermentasi (Rheinheimer, 1985 dan Sigeo, 2005). Proses dekomposisi bahan organik kolom air biasanya didominasi oleh bakteri aerobik, baik yang bersifat autotrofik maupun heterotrofik, sedangkan bakteri anaerobik obligat maupun fakultatif anaerob lebih dominan dalam dekomposisi bahan organik di dasar perairan (Leonard *et al.*, 2000 dalam Sitorus, 2005).

Bahan organik umumnya bersifat mudah terurai secara biologis (*biodegradable*) dalam air dan melalui aktivitas mikrobiologis dan enzimatis bahan organik akan terurai. Pada proses *remineralisasi*, bahan organik diubah menjadi senyawa anorganik terlarut seperti fosfat dan nitrat (Fukuda, 2000 dan Negata *et al.*, 2003).

Bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi adalah bakteri heterotrofik yang berperan dalam dekomposisi bahan organik nitrogen. Badjoeri dan Lukman (2010) melaporkan proses *amonifikasi* secara eksitu di perairan Danau Toba telah berlangsung dalam waktu

1 – 2 hari, sedangkan proses *nitrifikasi* dan proses *denitrifikasi* telah terdeteksi dalam waktu 2 – 6 hari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju dekomposisi padatan organik tersuspensi (*OSS-organic suspended solid* dan *TSS-total suspended solid*) di perairan Danau Toba, khususnya di lokasi perairan yang terdapat budidaya ikan dengan sistem KJA.

BAHAN DAN METODE

Penelitian uji laju dekomposisi padatan organik tersuspensi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pusat Penelitian Limnologi LIPI. Pengambilan sampel sedimen dilakukan di perairan Danau Toba pada bulan Juli 2011, disekitar wilayah KJA milik PT. *Aqua Farm* (Lampiran 1) menggunakan *Ekman grab*. Pengukuran laju perombakan padatan organik tersuspensi berdasarkan Sitorus (2005). Parameter yang diamati adalah total padatan tersuspensi (TSS, *total suspended solid*), padatan organik tersuspensi (OSS, *organic suspended solid*), dan kelimpahan populasi bakteri heterotrofik. Uji laju dekomposisi padatan tersuspensi dilakukan secara eksitu menggunakan “*wadah kaca*” dengan 5 taraf perlakuan dan 2 kali ulangan. Analisa kelimpahan bakteri heterotrofik dengan metoda *TPC (total plate count)* pada media agar nutrien. Analisa TSS dan OSS menggunakan metoda gravimetri.

Prosedur percobaan adalah sebagai berikut: 1). Dibuat suspensi dari sampel sedimen sebanyak 1,6 liter ditambahkan 14,4 liter akuadest; 2). Suspensi diaduk sampai homogen, kemudian didiamkan selama 1 jam; 3). Cairan (suspensi) bagian atas diambil sebagai suspensi induk, kemudian diukur TSS dan turbiditasnya. Selanjutnya dibuat pengenceran perlakuan (taraf perlakuan) sebagai berikut:

Taraf Perlakuan (p)	Suspensi Induk (ml)	Akuadest (ml)
P 0 atau Kontrol	0	2000
P 100	400	1600
P 200	800	1200
P 300	1200	800
P 400	1600	400
P 500	2000	0

4). Suspensi masing-masing perlakuan dimasukkan dalam wadah berupa *toples kaca*, kemudian diinkubasi selama 0 - 72 jam ($t_0 = 0$ jam, $t_1 = 24$ jam, $t_3 = 48$ jam dan $t_4 = 72$ jam), pada suhu kamar.

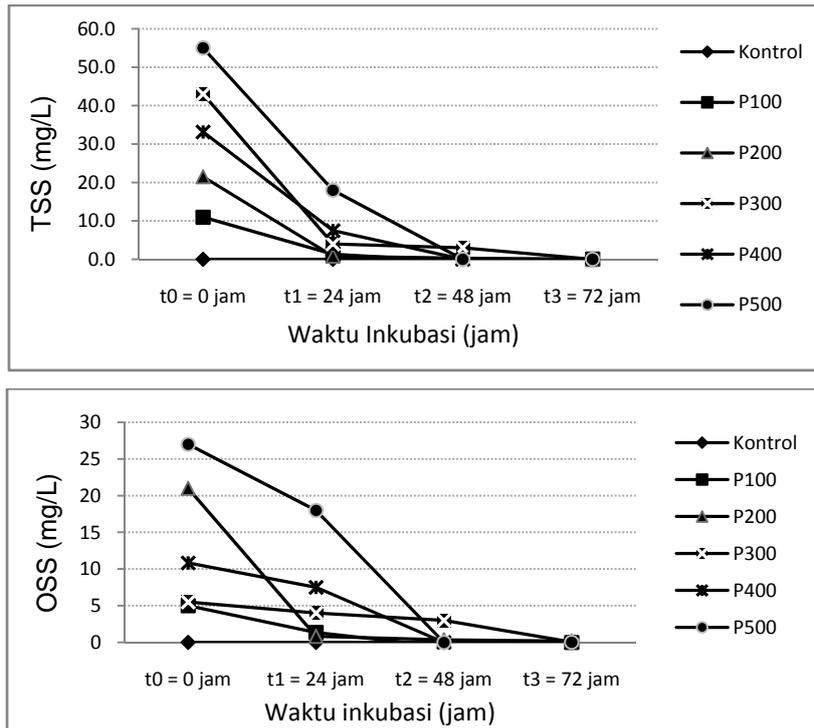
Untuk mengetahui laju dekomposisi padatan tersuspensi oleh bakteri dibuat pula *setting* percobaan dengan media steril, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah penurunan konsentrasi padatan tersuspensi (TSS dan OSS) akibat proses pengendapan oleh gaya berat partikel tersuspensi dan kemungkinan kontaminasi; 5). Pengukuran laju dekomposisi padatan tersuspensi adalah selisih antara TSS atau OSS steril dengan TSS atau OSS tidak steril.

Parameter pendukung yang diamati anatara lain pH, suhu dan oksigen terlarut (DO) selama percobaan menggunakan alat pH meter dan DO meter.

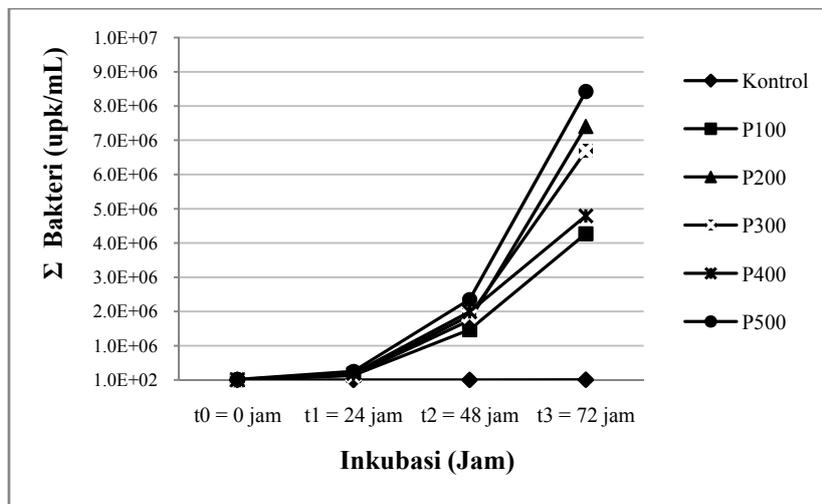
Pengukuran TSS: Sampel diambil dari setiap perlakuan sebanyak 100 ml, disaring (kertas saring MGF-*Sartorius*). Padatan yang tertinggal di kertas saring dikeringkan pada suhu 103 °C selama 5 jam atau sampai didapatkan bobot stabil, didinginkan dalam desikator, filter ditimbang (termasuk zat padat yang tertinggal). Untuk pengukuran OSS: Setelah filter ditimbang dimasukkan dalam tanur pada suhu 550 °C selama 2 jam, didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan program statistik *SPSS for window ver.16*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan selama proses dekomposisi terjadi penurunan konsentrasi TSS dan OSS (Gambar 2), dan peningkatan jumlah populasi bakteri heterotrofik (Gambar 3).



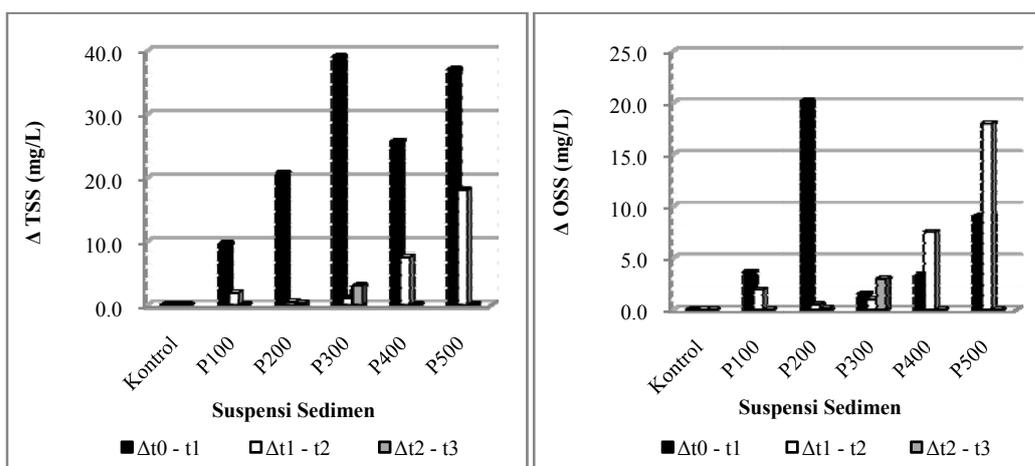
Gambar 2. Penurunan konsentrasi TSS dan OSS (mg/L) pada proses dekomposisi bahan padatan tersuspensi



Gambar 3. Pertumbuhan bakteri heterotrofik pada percobaan dekomposisi padatan tersuspensi

Laju dekomposisi padatan tersuspensi oleh bakteri terlihat bervariasi selama masa inkubasi. Laju dekomposisi TSS tertinggi terjadi pada perlakuan P300 yaitu sebesar 39 mg/L (dari TSS 43 mg/L menjadi 4 mg/L) setelah diinkubasi selama 24 jam, kemudian konsentrasi semakin menurun hingga menjadi 1 mg/L (inkubasi 48 jam) dan TSS habis setelah inkubasi 72 jam. Dekomposisi TSS terendah ditemukan pada

perlakuan P500 yaitu sebesar 37 mg/L (dari TSS 55 mg/L menjadi 18 mg/L) dalam waktu 24 jam inkubasi, namun setelah inkubasi 48 jam semua TSS telah habis didekomposisi. Laju dekomposisi OSS tertinggi terjadi pada perlakuan P200 yaitu sebesar 20,2 mg/L (dari OSS 21,0 mg/L menjadi 0,81 mg/L) setelah inkubasi 24 jam, namun pada inkubasi 48 jam terlihat laju dekomposisinya melambat yaitu 0,5 mg/L (Gambar 4). Hal ini menunjukkan dekomposisi padatan organik tersuspensi oleh bakteri masih terus berlangsung hingga 48 sampai 72 jam.



Gambar 4. Laju dekomposisi padatan tersuspensi (TSS dan OSS) di Perairan KJA Danau Toba.

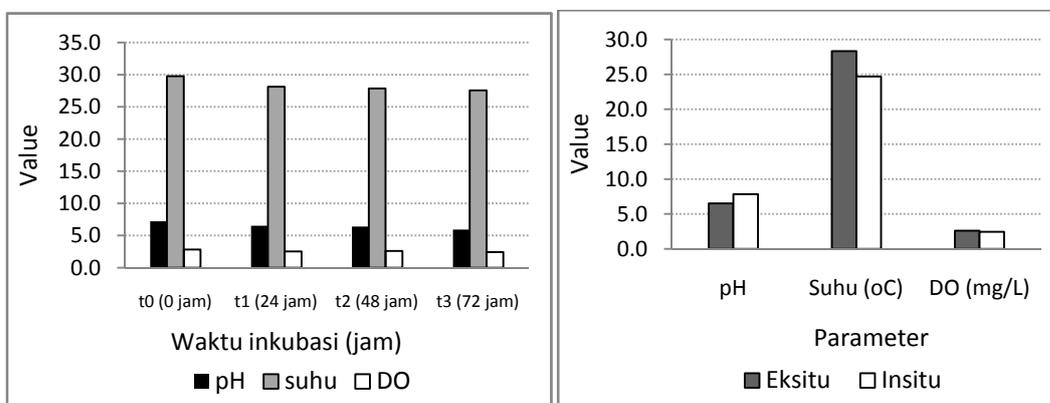
Hasil pengamatan pertumbuhan bakteri menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah populasi selama proses dekomposisi (Gambar 3), kondisi ini diperkirakan karena bakteri dalam fase pertumbuhan cepat (fase logaritmik). Populasi bakteri tertinggi ditemukan pada perlakuan P5 setelah inkubasi selama 72 jam ($8,42 \times 10^6$ upk/mL) dan terendah ditemukan pada perlakuan kontrol (P0) pada awal inkubasi ($2,00 \times 10^3$ upk/mL).

Uji statistik menunjukkan laju dekomposisi padatan tersuspensi dan pertumbuhan populasi bakteri heterotrofik dipengaruhi oleh waktu inkubasi ($p_{sig.} < \alpha$ 0,05; Lampiran 2), dan terlihat adanya korelasi positif antara konsentrasi bahan organik dengan kelimpahan populasi bakteri (Lampiran 3).

pH, suhu dan konsentrasi oksigen terlarut merupakan faktor-faktor yang menunjang proses dekomposisi bahan organik. Hasil pengukuran pH, suhu dan oksigen terlarut (DO) pada percobaan menunjukkan terjadi penurunan selama proses

dekomposisi. Nilai pH pada awal inkubasi (t0) adalah 7,23 dan pada akhir inkubasi (t3) 5,92. Suhu pada t0 29,8 °C dan pada t3 27,6 °C, dan DO pada t0 2,83 mg/L dan pada t3 2,43 mg/L. Hasil pengukuran di lapangan (insitu) pada dasar perairan KJA di Danau Toba (kedalaman 68,6 m) pH 7,84, suhu 24,7 °C dan DO 2,44 mg/L, sehingga diduga proses dekomposisi padatan tersuspensi di dasar danau berlangsung secara aerobik oleh bakteri fakultatif anaerobik (Gambar 4).

Penurunan pH ini disebabkan terbentuknya asam-asam organik pada dekomposisi bahan organik di perairan, dan suhu sekitar 30 °C menunjang aktivitas bakteri dekomposer (Atmojo, 2003; Badriyah, 2007), sedangkan menurut Rheinheimer (1985) bakteri akuatik dapat tumbuh pada suhu 15 - 50 °C dan optimum pada suhu 30 °C dan pH berkisar 7, namun demikian kebanyakan bakteri dapat tumbuh pada pH 4 - 9.



Gambar 5. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia air pada percobaan (eksitu) dan di lapangan (insitu)

KESIMPULAN

1. Laju dekomposisi total padatan tersuspensi (TSS) di perairan Danau Toba berkisar 0,32 - 39 mg/L dalam waktu 72 jam, dan laju dekomposisi padatan organik tersuspensi (OSS) berkisar 0,02 - 21 mg/L dalam 72 jam. Dekomposisi padatan tersuspensi telah berlangsung setelah inkubasi 24 jam.
2. Laju dekomposisi padatan tersuspensi dipengaruhi oleh banyaknya bahan organik, jumlah populasi bakteri dan lamanya waktu inkubasi.
3. Terdapat korelasi positif antara konsentrasi padatan tersuspensi dengan populasi bakteri dalam proses dekomposisi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Ir. Lukman, M.Si dan Bapak Sulung Nomosatryo, M.Si yang telah mendukung kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmojo, S. W. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah. Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. Sebelas Maret Press, Surakarta. 35 hal.
- Badjoeri, M. dan Lukman. 2010. Distribusi dan Kelimpahan Bakteri Heterotrofik di Danau Toba. *Limnotek*, 17(2): 181-190.
- Badriyah. C. 2007. Pengaruh Penambahan Pupuk Hijau dan Masa Inkubasi Terhadap Jumlah Mikroba Tanah. Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang. Malang. 64 hal.
- Fukuda, R. 2000. *Microbial Degradation of Proteinaceous Organic Matter in Marine Environments*, University of Tokyo, Tokyo.
- Ginting, O. 2011. Studi Korelasi Kegiatan Budidaya Ikan Keramba Jaring Apung dengan Pengayaan Nutrien (Nitrat dan Fosfat) dan Klorofil-a di Perairan Danau Toba. Tesis. Program Pascasarjana, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan. 70 hal.
- Hehanussa, P.E. 2000. Lake Toba, a Multiple Caldera Depression, North Sumatera, Indonesia. Report of Suwa Hydrobiological Station, Shinshu University, Japan.
- Lukman, 2009. Antisipasi Bencana Lingkungan Perairan Danau Toba Melalui Penetapan Dayadukung dan Pemintakatan Wilayah Budidaya Perikanan. Laporan Akhir Tahun 2009 Kegiatan Kompetitif LIPI. Pusat Penelitian Limnologi LIPI.
- Nishimura, S., E. Abe, J. Nishida, T. Yokoyama, A. Dharma, P.E. Hehanussa, and F. Hehuwat. 1984. "Gravity and Volcanostratigraphic Interpretation of Lake Toba Region, North Sumatra, Indonesia." In *Tectonophysics*. Elsevier Science: Amsterdam. p. 253 -272.
- Negata., T. B. Meon and D.L. Kirchman. 2003. Microbial Degradation of Dissolved Organic Matter in Sea Water. *Journal of Limnology and Oceanography*. 48, p. 745 – 754.
- Nadeak, N. S. 2009. Konflik Antara Petani Karamba dengan P.T. Aquafarm Nusantara. Studi Kasus: pada Petani Keramba PT. Aquafarm Nusantara di Ajibata, Kabupaten Tobasa. Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Sumatera Utara. Medan. 139 hal.
- Rheinheimer, G. 1985. *Aquatic Microbiology*. 3rd (eds). John Wiley & Sons Ltd. Chichester. 257 pp.

- Sitorus, H. Estimasi Daya 2005. Dukung Lingkungan Pesisir untuk Pengembangan Areal Tambak Berdasarkan Laju Biodegradasi Limbah Tambak di Perairan Pesisir Kabupaten Serang. Disertasi, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor, 110 hal.
- Sigeo, D. C. 2005. Freshwater Microbiology. Biodiversity and Dinamic Interaction of Microorganism in the Aquatic Environment. John Wiley & Sons Ltd. . Chichester. 524 pp.
- Siregar, Z. 2008. Pengelolaan Ekosistem Danau Toba Tanggung Jawab Siapa?. USU Repository. Medan.
- Siagian, Keanekaragaman dan KelimpahanIkan, serta Keterkaitannya dengan Kualitas Perairan Di Danau Toba Balige, Sumatera Utara. 2009. Tesis S2. Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara, USU Repository. Medan.
- Wulandari, D.T. 2006. Pengelolaan Sumbar Daya Alam Danau. Pasca Sarjana Biologi Universitas Indonesia. <http://www.dokumen.org/pdf/5008>, download 15 juni 2012.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen.



(sumber peta: http://geologi.iagi.or.id/wp-content/uploads/2010/04/danau-toba_1_ah1.jpg)

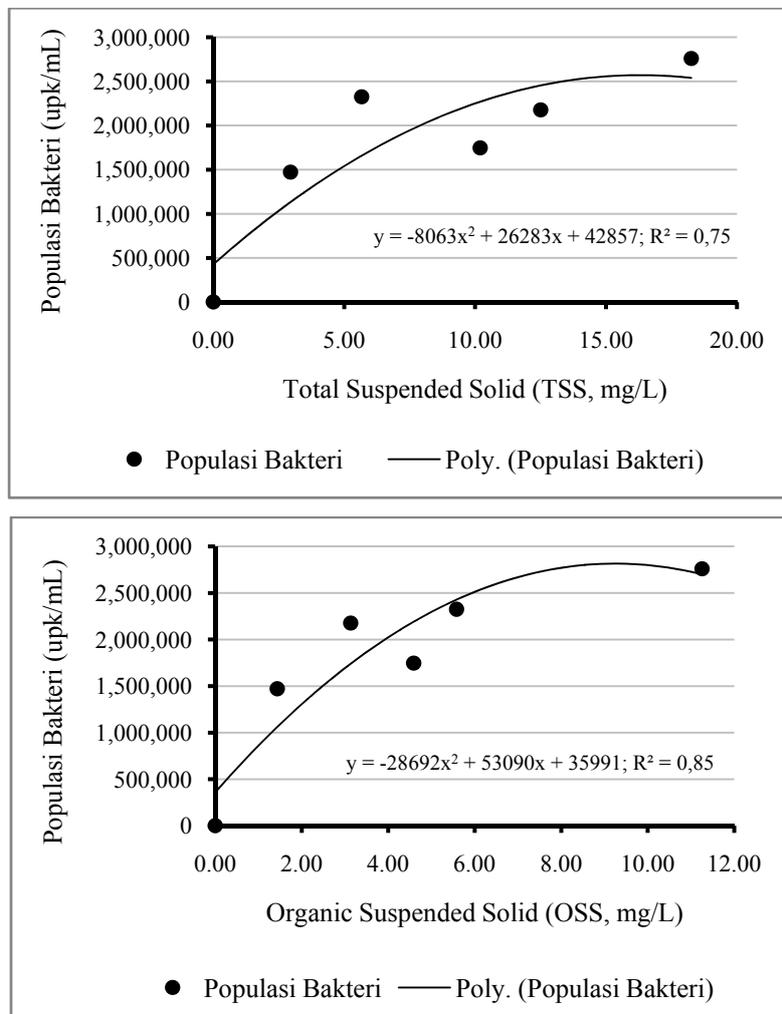
Gambar Lampiran 1. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen di Danau Toba Wilayah KJA Aqua Farm Nusantara.

Lampiran2. Uji ANOVA

Tabel Lampiran1. Uji anova laju dekomposisi padatan organik tersuspensi

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TSS	Between Groups	3076.558	3	1025.519	9.488	.000
	Within Groups	2161.668	20	108.083		
	Total	5238.226	23			
OSS	Between Groups	519.147	3	173.049	4.429	.015
	Within Groups	781.503	20	39.075		
	Total	1300.650	23			
Pop_Bakteri	Between Groups	1.079E14	3	3.595E13	14.725	.000
	Within Groups	4.883E13	20	2.442E12		
	Total	1.567E14	23			

Lampiran 3. Uji korelasi



Gambar Lampiran 2. Uji korelasi antara padatan tersuspensi (TSS dan OSS) dengan kelimpahan populasi bakteri

PEMANFAATAN SEDIMEN KJA DANAU MANINJAU UNTUK MEMPRODUKSI *Chlorella* sp.

Elfrida, Lisa Deswati, Bahagia Fitri
Universitas Bung Hatta

ABSTRAK

Sedimen yang terbentuk sebagai akibat dari kegiatan keramba jaring apung (KJA) di Danau Maninjau Sumatera Barat sudah mulai meresahkan, karena selain dapat menyebabkan pendangkalan juga akan mengurangi estetika, apabila terjadi 'upwelling'/umbalan maka akan menyebabkan keracunan pada ikan, yang telah terjadi pada tahun 2009, 2010 dan 2011 dengan jumlah ikan yang mati mencapai ratusan ton dan kerugian sekian milyar. Setelah dilakukan analisis terhadap kandungan organik dan anorganik (posfat, nitrat, nitrit, protein, kalium dan kalsium) pada sedimen limbah KJA pada 4 lokasi yang ditetapkan secara purposive sampling yaitu Nagari Tanjung Alai, Nagari Muko-muko, Nagari Kubu Baru dan Nagari Tanjung Jati, ternyata sedimen tersebut mempunyai karakteristik dan konsentrasi yang berbeda dan memungkinkan pemanfaatannya sebagai pupuk dalam produksi pakan alami *Chlorella* sp. Pengaplikasian sedimen limbah KJA sebagai pupuk dalam peningkatan produksi pakan alami *Chlorella* sp telah dilakukan, dimana pupuk sedimen dari keempat lokasi berpengaruh terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp. Pertumbuhan tertinggi terjadi pada pupuk sedimen limbah KJA di Nagari Muko-muko (dengan jumlah rata-rata puncak populasi mencapai 19.689 individu/L), hal ini dikarenakan lokasi ini merupakan muara dari semua aliran air Danau Maninjau yang diindikasikan mengandung unsur hara yang cukup tinggi. Dengan dapat dimanfaatkannya sedimen hasil buangan/limbah kegiatan KJA sebagai pupuk, maka masalah lingkungan perairan di Danau Maninjau dapat dipecahkan. Pengerukkan sebagai alternatif pemecahan masalah pencemaran lingkungan dapat dilakukan dengan telah diketahuai pemanfaatannya lebih lanjut.

Kata kunci : sedimen KJA, pupuk, *Chlorella* sp

ABSTRACT

Sediments are formed as a result of the floating net cages in West Sumatra Lake Maninjau already unsettling, because it has led to siltation of water that can reduce the aesthetic, the event also upwelling often cultivated fish poisons and mass died has occurred in 2009, 2010 and 2011 with the number of dead fish and hundreds of tons of billion loss. After the analysis of organic and unorganic content (phosphate, nitrate, nitrite, protein, potassium and calcium) in the sediments of waste floating net cages at 4 locations specified in purposive sampling Tanjung Alai village, Muko-Muko village, Kubu Baru village and Tanjung Jati village, it turns out these sediments have different concentrations and content and allow their use as fertilizer in the natural food production of *Chlorella* sp. Application of sediment floating net cages waste as fertilizer in the increased of production of natural food *Chlorella* sp has been done, where sediments from four locations fertilizer effect on growth of *Chlorella* sp. The highest growth occurred in sediments fertilizer waste floating net cages Muko-Muko village (the average number of peak population reached 19.689 individuals / L), this is because this location is the estuary of all lake water indicated Maninjau contain high enough nutrients. Sediments can be exploited by the waste of fertilizer KJA activities, then the problem of water environment in Lake Maninjau can be solved. Scraping as an alternative to solve the environmental pollution problems have been known to do With the further utilization.

Key words: KJA sediment, fertilizers, *Chlorella* sp

PENDAHULUAN

Danau Maninjau yang terletak di Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Agam, Propinsi Sumatera Barat memiliki lingkungan dan aspek perairan yang mendukung dilakukannya kegiatan budidaya perikanan berupa pemeliharaan dan pembesaran ikan dalam keramba jaring apung (KJA). Akan tetapi ekosistem perairan danau Maninjau sangat kurang diperhatikan oleh hampir seluruh pengguna ekosistem perairan danau tersebut. Prinsip-prinsip ekologis bahwa perairan danau memiliki *carrying capacity* (daya dukung) dan daya asimilasi terhadap limbah yang terbatas, tidak dipahami oleh sebagian besar masyarakat pengguna danau (KLH,2011). Perkembangan jumlah pembudidaya dan KJA tidak terencana dengan baik, sehingga jumlah dan tata letak KJA tidak mempertimbangkan daya dukung dan kondisi lingkungan (LIPI, 2007).

Pemanfaatannya untuk kegiatan budidaya perikanan dengan teknik KJA selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya yang sudah sangat melebihi daya dukung perairan danau, hal ini terlihat dari jumlah unit KJA yang terus meningkat setiap tahunnya, dimana pada tahun 2011 hampir mencapai 20.000 unit (Syandri, 2006)

Dalam kegiatan budidaya untuk merangsang pertumbuhan ikan yang baik, maka pakan yang diberikan haruslah yang mengandung gizi yang baik yaitu dengan kandungan protein yang cukup tinggi. Menurut Syandri,H (2006), dalam hal pemberian pakan, pembudidaya ikan pada KJA di Danau Maninjau jarang memberikan jumlah pakan yang sesuai dengan nilai konversi pakan (1:1,5), pembudidaya juga jarang memberikan pakan yang sesuai dengan kebiasaan makan ikan, dimana seharusnya diberikan tiga kali sehari tetapi diberikan setiap tiga jam sekali , dan pakan yang diberikan sering yang bersifat tenggelam. Limbah pakan yang terbuang ke perairan diperkirakan sekitar 30–40% (Azwar dkk,2004, Rachmansyah,2004, Sutardjo, 2000). Disamping hal tersebut, sisa pakan dan buangan padat ikan akan terurai melalui proses dekomposisi membentuk senyawa organik dan anorganik, beberapa diantaranya senyawa nitrogen (NH_3 , NO_2 , NO_3) dan fosfor (PO_4) (Astuti dkk,2008, Boyd,1990). Umumnya di danau/waduk, pemberian pakan adalah dengan sistem pompa yaitu pemberian pakan sebanyak-banyaknya (Kartamihardja, 1995 dalam Nastiti *et al.*, 2001) akibatnya terjadi pemberian pakan berlebih (*over feeding*). Pemberian pakan yang dilakukan secara *ad libitum* (terus menerus hingga ikan betul-betul kenyang)

menyebabkan banyak pakan yang terbuang (inefisiensi pakan) dan terakumulasi di dasar perairan.

Dari semua hal tersebut diatas akan menyebabkan banyak pakan mengendap dalam perairan dan dalam jangka waktu yang lama akan menumpuk dan membentuk sedimen di dasar perairan. Sedimen yang menumpuk hari ke hari semakin bertambah jumlahnya, sehingga jarak antara permukaan sedimen dengan permukaan air semakin bertambah dekat. Pada saat terjadinya perubahan cuaca dimana suhu pada permukaan air dengan suhu di dalam air berbeda, maka akan terjadi umbalan/‘upwelling’ atau pembalikan masa air, sehingga sedimen yang sudah menumpuk pada dasar perairan akan muncul ke permukaan, sehingga amoniak yang sudah menumpuk pada sedimen dengan konsentrasi yang cukup tinggipun akan uncul ke permukaan perairan, yang berakibat menurunnya kadar oksigen secara drastis yang mengakibatkan banyak ikan yang mengalami kesulitan dalam bernafas karena kekurangan oksigen dan berakhir dengan kematian massal pada lokasi KJA. Hal ini sudah terjadi beberapa kali di Danau Maninjau (tahun 2009, 2010 dan 2011), dengan jumlah ikan yang mati hampir mencapai 200 ton.

Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah sedimen yang sudah menumpuk di dasar perairan dan sudah mengandung senyawa yang berbahaya adalah dengan pengerukan. Akan tetapi akan timbul masalah baru apabila hasil kerukan tidak dimanfaatkan lebih lanjut. Penumpukkan kembali hasil kerukan pada suatu tempat atau lokasi akan menimbulkan pencemaran baru karena apabila hari hujan maka akan terjadi proses ‘leaching’ atau peluluan senyawa-senyawa yang terdapat dalam sedimen tersebut yang akan berdampak terhadap organisme yang berada disekitarnya.

Sedimen perairan diindikasikan mengandung berbagai unsur-unsur kimia organik dan anorganik karena merupakan tumpukan atau hasil akumulatif dari berbagai proses kimia yang terjadi dalam perairan. Dalam rangka pengupayaan menciptakan lingkungan yang bersih dengan menghindari pencemaran baru, diperlukan pemikiran tentang pemanfaatan dari sedimen tersebut. Menurut Erlania dkk (2010), untuk mengurangi limbah organik yang sudah cukup banyak di dasar danau dapat dilakukan penyedotan lumpur/sedimen yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai ‘pupuk’ untuk kegiatan pertanian.

Dari hasil analisis senyawa organik dan anorganik meliputi posfat, nitrat, nitrit, protein, kalium dan kalsium terhadap sedimen limbah KJA diempat lokasi (Nagari Tanjung Alai , Nagari Muko-muko, Nagari Kubu Baru dan Nagari Tanjung Jati) diperoleh kisaran Posfat (1,44 -2,68 mg/L), nitrit (0,20-0,82 mg/L), nitrat (0,60-1,80 mg/L), protein (0,11-0,45%), kalium (30,5-61,5 mg/L) dan Kalsium (16,5-26,2 mg/L) (Elfrida, 2011).

Dengan melihat kandungan organik dan anorganik dari sedimen-sedimen limbah KJA tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatannya, dimana dicoba menggunakan sedimen-sedimen limbah KJA tersebut sebagai pupuk dalam memproduksi pakan alami *Chlorella* sp yang bermanfaat sebagai pakan dalam budidaya ikan ikan.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Bung Hatta Padang. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sedimen dari kegiatan KJA di danau Maninjau yang akan digunakan sebagai pupuk. Sedimen diambil pada 4 stasiun yaitu di Nagari Tanjung Alai , Nagari Muko-muko, Nagari Kubu Baru dan Nagari Tanjung Jati dan kultur murni *Chlorella* sp yang diperoleh dari Balai Budidaya Teluk Buo Padang.

Wadah yang digunakan pada penelitian ini adalah kolam terpal sebanyak 12 unit yang berukuran 1m x 1,4m x 0,15m yang dilengkapi sistem aerasi. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan pada percobaan ini adalah: 1. pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan pupuk sedimen Nagari Tanjung Alai, 2. pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan sedimen Nagari Muko-muko, 3. pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan sedimen Nagari Tanjung Jati, dan 4. pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan sedimen Nagari Kubu Baru.

Untuk melihat pengaruh dari perlakuan yang diberikan dinyatakan dalam bentuk hipotesis sebagai berikut: Hipotesa awal (Ho): tidak ada pengaruh pemberian sedimen terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp , Hipotesa alternatif (Hi): ada pengaruh pemberian sedimen terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp.

Untuk memudahkan proses penelitian digunakan asumsi sebagai berikut: Penanganan penelitian dianggap sama dan kemampuan tumbuh bibit *Chlorella* dianggap sama.

Prosedur Kerja

Pengambilan Sedimen

Penetapan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode purposive sampling dengan menetapkan 4 (empat) stasiun, yaitu: 1. Nagari Tanjung Alai (Perumahan dan budidaya), 2. Muko-muko (Aliran air keluar dan budidaya), 3. Nagari Tanjung Jati (Aliran air masuk dan budidaya) dan 4. Nagari Kubu Baru (Perumahan dan budidaya)

Kultur *Chlorella* sp

Sampel sedimen kemudian dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Sementara itu dilakukan pengisian air laut yang sudah disaring sebanyak 210 liter ke dalam bak kultur yang telah dibuat terlebih dahulu lengkap dengan sistem aerasi. Sampel sedimen yang telah kering kemudian dimasukkan ke dalam bak sebanyak 15 mg/L (Konversi kadar N, P, dan K pupuk NPK). Setelah itu kurang lebih 1 jam kemudian bibit *Chlorella* sp dimasukkan ke dalam bak kultur sebanyak 5 liter dengan kelimpahan *Chlorella* sp 25.714 individu/L. Selanjutnya dilakukan perhitungan kelimpahan *Chlorella* sp pada hari ke-0, ke-3, ke-5, ke-7, dan ke-9.

Pengamatan dan Perhitungan Kelimpahan *Chlorella* sp

Untuk menghitung kelimpahan *Chlorella* sp dapat dilakukan dengan metode perhitungan langsung dengan cara sebagai berikut: Ambil sampel air sebanyak 1 L kemudian disaring dan masukkan ke dalam botol film 20 mL. Selanjutnya teteskan ke atas objek glass 1 tetes, lalu ditutup dengan cover glass dan diamati di bawah mikroskop. Hitung jumlah individu *Chlorella* sp pada setiap objek glass

Data yang didapat dari hasil pengamatan mikroskop dihitung dengan menggunakan rumus Kelimpahan *Chlorella* sp (Michael, 1984) berikut:

$$n = \frac{a \times c \times 1000}{L}$$

Keterangan:

n = Jumlah kelimpahan *Chlorella* sp/liter air

- a = Jumlah Individu/mL air
- c = Jumlah hasil penyaringan (20 mL)
- L = Jumlah air (Liter)

Analisa Data

Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis dengan menggunakan analisis varian (sidik ragam). Apabila hasil analisis menunjukkan bahwa $F_{hitung} < F_{tabel}$, pada taraf kepercayaan 5% atau 1% berarti tidak ada pengaruh pemberian pupuk yang berbeda terhadap pertumbuhan populasi *Chlorella* sp (H_0 diterima, H_1 ditolak). Sedangkan apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, pada taraf kepercayaan 5% atau 1%, berarti ada pengaruh pemberian pupuk yang berbeda terhadap pertumbuhan populasi *Chlorella* sp (H_1 diterima, H_0 ditolak) (Steel dan Torrie, 1989).

Sebagai data pendukung dilakukan analisis terhadap kualitas air yaitu suhu, oksigen terlarut pH dan salinitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sedimen

Sedimen yang diperoleh dari keempat stasiun diperoleh warna, bau dan tekstur yang berbeda yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel.1. Karakteristik sedimen pada masing-masing stasiun

Lokasi	Warna	Bau	Tekstur
Stasiun 1	hitam keabuan	menyengat	kasar
Stasiun 2	kehitaman	menyengat kuat	kasar berpasir
Stasiun 3	hitam kekuningan	menyengat	kasar
Stasiun 4	hitam kecoklatan	menyengat	halus

Sumber : Elfrida (2011)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa sedimen pada semua stasiun sudah memberikan warna yang menandakan sudah terjadi pencemaran dan bau yang dikeluarkan pada umumnya menyengat sebagai hasil reaksi penguraian protein dari pakan yang menghasilkan senyawa amoniak. Pada stasiun 2 sedimen sudah berwarna kehitaman dan memberikan bau yang menyengat kuat yang menandakan bahwa pencemaran pada stasiun ini sudah cukup berat. Pada stasiun ini selain jumlah KJAnya banyak juga merupakan outlet (aliran keluar) dari semua aliran di danau, sehingga berbagai unsur

akan terbawa dan terkumpul pada stasiun ini. Hal ini dapat dilihat dari kandungan unsur haranya, nagari Muko-muko (stasiun 2) yang paling tinggi konsentrasinya dibanding dengan stasiun lain, seperti yang terlihat pada tabel 2 dibawah ini .

Tabel.2. Hasil analisis sedimen pada 4 lokasi penelitian

No	Parameter	Satuan	Muko-muko	Tj. Alai	Kubu Baru	Tj. Jati
1.	Posphat (P-PO ₄)	mg/L	2,68	2,15	1,53	1,44
2.	Nitrit (N-NO ₂)	mg/L	0,82	0,57	0,25	0,20
3.	Nitrat (N-NO ₃)	mg/L	1,80	1,75	0,71	0,60
4.	Protein (Nx6,25)	%	0,45	0,34	0,28	0,11
5.	Kalium (K)	mg/L	61,50	50,20	49,60	30,50

Sumber : Elfrida (2011)

Dari tabel diatas terlihat bahwa konsentrasi posphat pada sedimen cukup tinggi yaitu berada pada range 1,44-2,68 mg/L. Untuk budidaya perikanan (Baku Mutu kelas II/golongan B,) konsentrasi posphat perairan yang dianjurkan hanya 0,2 mg/L. Banyak faktor yang menyebabkan tingginya konsentrasi posphat pada suatu perairan antara lain aktifitas KJA dan limbah rumah tangga/penduduk (tinja, urine, deterjen). Total limbah penduduk yang masuk perairan danau Maninjau sebesar 209,93 kg/hari atau 75.574,8 kg/tahun, sedangkan pencemaran limbah deterjen 9,02 ton/tahunnya (KLH, 2011). Konsentrasi posphat pada perairan secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap konsentrasi posphat sedimen.

Berdasarkan penelitian Fitriani dkk (2008), dengan kandungan nitrat (NO₃) 0,234-1,186 mg/L dan posphat (PO₄) 0,277-1,025 mg/L pada pupuk dapat menghasilkan kelimpahan *Chlorella* sp mencapai 1653,77x10⁴ sel/ml – 1874,57 x 10⁴ sel/ml.

Pertumbuhan Harian

Dari pemanfaatan pupuk sedimen KJA pada 4 stasiun dalam meningkatkan produksi *Chlorella* sp dapat dilihat dari laju pertumbuhan harian *Chlorella* sp seperti terlihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pertumbuhan Harian *Chlorella* sp (individu/L)

Perlakuan	Hasil Pengamatan				
	0	3	5	7	9
1	2.512	2.666	3.782	9.209	10.077
2	2.512	2.790	4.403	11.627	19.689
3	2.512	2.635	3.139	7.782	8.961
4	2.512	2.790	4.155	10.852	13.643

Keterangan:

1. : pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan pupuk sedimen Tanjung Alai
2. : pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan pupuk sedimen Muko-Muko
3. : pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan pupuk sedimen Tanjung Jati
4. : pengkulturan *Chlorella* dengan menggunakan pupuk sedimen Kubu Baru

Tingkat kepadatan dan pertumbuhan *Chlorella* sp tertinggi terjadi pada perlakuan yang menggunakan pupuk dari sedimen yang diambil pada stasiun 2, yaitu pada Nagari Muko-muko. Hal ini disebabkan oleh karakteristik kandungan sedimen daerah stasiun 2 yang merupakan muara keluar air danau maninjau. Penumpukan sedimen yang heterogen juga terjadi di daerah stasiun 2 yang disebabkan arus perairan danau maninjau yang membawa zat hara dari hulu ke hilir. Pada stasiun 2 (Muko-muko) juga terdapat turbin dan bendungan PLTA Maninjau.

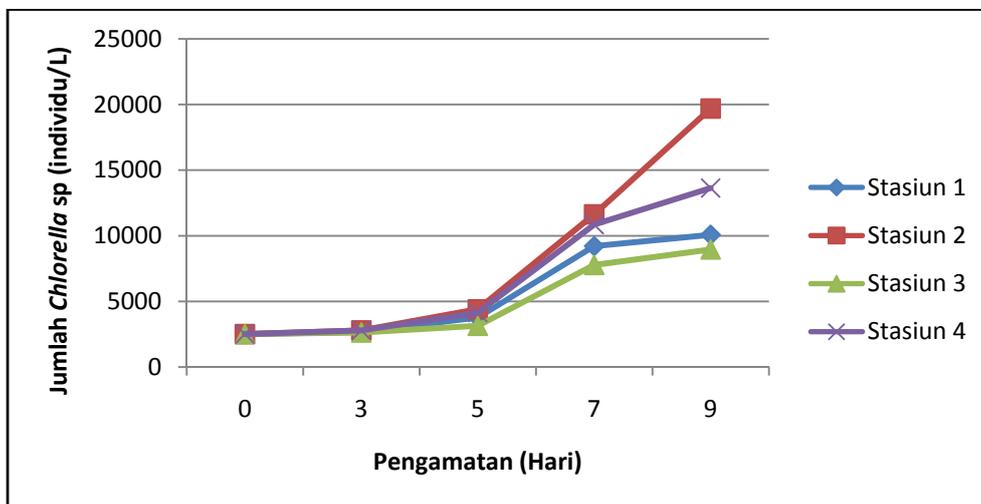
Terlihat pada tabel 3 bahwa pada stasiun 2 terjadi kelimpahan phytoplankton tertinggi hal ini disebabkan juga oleh hembusan angin yang keras sehingga terbebasnya endapan zat di bawah permukaan air.

Jumlah individu *Chlorella* sp pada pemupukan menggunakan sedimen stasiun 4 (Nagari Kubu Baru) juga cukup tinggi dibandingkan jumlah kepadatan populasi *Chlorella* sp pada pemupukan sedimen stasiun 1 dan 3. Hal ini disebabkan lokasi stasiun 4 terletak dekat perumahan penduduk, sehingga diduga berkumpulnya nutrisi-nutrisi yang berasal dari aktifitas rumah tangga yang berada di sekitar lokasi penelitian. Prescott, (1973) menyatakan material-material yang masuk ke dalam perairan tergantung pada kondisi lingkungan misalnya: topografi, tempat pembuangan dan aliran material dari luar. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Adnan (1996) yang menyatakan bahwa tingginya konsentrasi phytoplankton disebabkan oleh bertambahnya nutrisi yang tersedia disuatu perairan, bertambahnya nutrisi suatu perairan disebabkan oleh berbagai

hal seperti: buangan limbah rumah tangga, zat hara yang terbawa arus dari hulu sungai dan hembusan angin yang keras sehingga nutrisi-nutrisi terbebas dari perairan.

Pemupukan dengan sedimen stasiun 1 (Nagari Tanjung Alai) dimana karakteristik daerahnya memiliki jumlah keramba lebih sedikit dibandingkan stasiun 2 (Muko-Muko) dan stasiun 4 (Kubu Baru) berdampak terhadap sedikitnya jumlah populasi *Chlorella* sp. Selain jumlah keramba yang relatif sedikit, Nagari Tanjung Alai juga memiliki populasi penduduk yang relatif sedikit, hal ini dapat dilihat dari masih jaranginya rumah penduduk di Nagari ini.

Populasi *Chlorella* sp paling sedikit dengan pemupukan sedimen stasiun 3 (Nagari Tanjung Jati) dibandingkan ketiga stasiun lainnya. Nagari Tanjung Jati memiliki beberapa anak sungai kecil yang terbentuk dari *catchround area* yang berada di hutan yang terdapat di atasnya, dan bermuara ke Danau Maninjau di sekitarnya. Selain disebabkan oleh hal tersebut, jumlah keramba yang terdapat di Danau Maninjau sekitar Nagari Tanjung Jati ini juga relatif sedikit sehingga menyebabkan kadar nutrisi yang dikandung sedimen wilayah ini kurang baik untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar . Grafik Pertumbuhan Rata-Rata *Chlorella* sp

Dari grafik terlihat bahwa pengamatan selama 9 hari menunjukkan pertumbuhan yang linier dari semua perlakuan, dimana belum diperoleh data pada hari keberapa dapat dicapai pertumbuhan yang optimal. Jumlah individu tertinggi sampai pengamatan hari ke 9 dicapai oleh perlakuan 2.

Dari semua perlakuan masing-masing memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan *Chlorella* sp, karena kandungan nitrat dan posfatnya memenuhi syarat untuk pertumbuhan *Chlorella* sp, yaitu pada kandungan nitrat 0,234-1,186 mg/L dan posfat 0,277-1,025 mg/L (Fitriana, 2008). Berdasarkan jumlah individu yang dihasilkan dari pemupukan dengan sedimen limbah KJA ini perairannya dapat dikategorikan mesotrofik. Keadaan ini sangat sesuai untuk kegiatan budidaya karena bila perairan terlalu subur/ eutrofik maka dapat menimbulkan blooming dan akan terjadi kompetisi oksigen dan bila terjadi pembusukan akan menaikkan konsentrasi amoniak yang otomatis menurunkan oksigen perairan yang akan membahayakan bagi ikan yang dibudidaya (Ahmady, 1994)

Hasil uji statistik pada penelitian ini menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap perkembangan populasi *Chlorella* sp pada setiap pengamatan. Perlakuan 1 (pemupukan dengan sedimen stasiun nagari Tanjung Alai) menunjukkan perbedaan yang sangat nyata antar perlakuan yang lainnya. Perlakuan 2 (pemupukan dengan sedimen stasiun nagari Muko-Muko) menunjukkan perbedaan yang sangat nyata antar perlakuan yang lain. Perlakuan 3 (pemupukan dengan sedimen stasiun nagari Tanjung Jati) menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan 4 (pemupukan dengan sedimen stasiun nagari Kubu Baru).

Kondisi Perairan

Derajat keasaman (pH) media uji selama penelitian adalah 7, kondisi pH ini masih dalam batas kelayakan untuk kehidupan plankton. Djunaidah (1979) menyatakan bahwa pH optimal bagi perkembangan plankton adalah antara 7,0 – 9,0. Menurut Cholic dalam Deswati (2000) menyatakan bahwa derajat keasaman yang baik atau ideal untuk kehidupan plankton adalah kisaran antara 4 – 10.

Kisaran kandungan oksigen terlarut (DO) pada media uji adalah 5,2 mg/L. Kandungan oksigen terlarut tersebut cukup tinggi dan sangat baik bagi kehidupan plankton. Menurut Suseno (1995), kandungan oksigen terlarut optimal untuk usaha budidaya adalah 5 – 9 mg/L. Sedangkan dalam perairan jika terdapat senyawa beracun, kandungan oksigen terlarut sebesar 2 mg/L sudah cukup mendukung kehidupan organisme perairan secara normal.

Suhu pada media uji adalah 35,7°C, kisaran suhu tersebut kurang baik bagi kehidupan plankton. Kisaran suhu air yang optimum untuk pertumbuhan phytoplankton di daerah tropis adalah 25 - 30°C (Wetzel, 1983). Suhu air berpengaruh terhadap fisiologi hewan terutama dalam hal metabolisme dan kelarutan oksigen di dalam air. Meningkatnya suhu air menyebabkan peningkatan kandungan oksigen di dalam air.

Salinitas merupakan salah satu sifat kimia air yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan organisme air. Salinitas pada awal kultur *Chlorella sp* adalah 32 ppm. Pada saat kultur biasanya terjadi kenaikan kadar garam, hal ini disebabkan oleh adanya hasil metabolisme dan adanya pengendapan. *Chlorella sp* tumbuh baik pada salinitas antara 15-35 ppm dan tumbuh paling baik pada salinitas 25 ppm. Pertumbuhan alga pada salinitas 15, 45, 50, dan 55 ppt, dan hampir tidak tumbuh baik pada salinitas 0 dan 60 ppt (Hirata, 1981).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sedimen KJA di Danau Maninjau dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dalam memproduksi *Chlorella sp* sebagai pakan alami dalam budidaya ikan.
2. Penggunaan pupuk sedimen dari yang lokasi/stasiun berbeda memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan populasi *Chlorella sp*, dimana perlakuan yang terbaik adalah perlakuan 2 (pemupukan dengan sedimen Muko-Muko) dengan jumlah rata-rata populasi 19.689 individu/L

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Q. 1996. Studi Perbandingan Komunitas Phytoplankton di Perairan Teluk Jakarta Antara Musim Barat dan Musim Timur. LIPI. Jakarta.
- Ahmady, U.K. 1994. Pengaruh Masukan Limbah Posfor dan Nitrogen Berlebih Terhadap Sumber Daya Perikanan di Waduk Saguling. Fisheries Journal Garing 3 (2): 29-40
- Astuti, I. R, Mardiana, L dan Prihadi, V.2008. Studi Kandungan Posfor Pada Limbah Organik Di Dasar Perairan Yang Dipengaruhi Aktivitas KJA DI Waduk Cirata Jawa Barat. Teknologi Perikanan Budidaya (Prosiding). Pusat Riset Perikanan Budidaya, hal 363-370

- Azwar, Z.A, Suhenda, N. Praseno, O.2004. Manajemen Pakan Pada Usaha Budidaya Ikan Di KJA. Pengembangan Budidaya Perikanan Di Perairan Waduk. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta. Hal 37-44
- Azwar, ZI., Ningrum, S dan Ongko, S. 2004. Manajemen Pakan Usaha Budidaya Ikan di Karamba Jaring Apung. Dalam Pengembangan Budidaya Perikanan di Perairan Waduk. Pusat Riset Budidaya Perikanan. Jakarta.
- Boyd,C.E.1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn.University. Alabama, 482p
- Deswati, L. 2000. Komposisi dan Struktur Komunitas Fitoplankton Serta Produktifitas Perairan Danau Maninjau. Tesis Pasca Sarjana Biologi Universitas Andalas.
- Elfrida. 2011. Analisis Kandungan Organik dan Anorganik Sedimen Limbah Keramba Jaring Apung (KJA) Di Danau Maninjau Propinsi Sumatera Barat. Universitas Bung Hatta. Padang
- Erlania, Rusmaedi, Anjang Bangun Prasetio dan Joni Haryadi.2010. Dampak manajemen Pakan Dari Kegiatan Budidaya Nila (*Oreochromis niloticus*) Di KJA Terhadap Kualitas Perairan Danau Mannjau. Pusat Riset Perikanan Budidayq. Jakarta
- Fitriana, Triyas. 2008. Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dan TSP Terhadap Pertumbuhan Populasi *Chlorella sp.* elibrary.ub.ac.id/handle/123456789/32447
- Juaningsih, N. 1997. Eutrofikasi di Waduk Saguling Jawa Barat. Laporan Penelitian Balai Penelitian Air Tawar Purwakarta Jawa Barat. Hal 40 – 44.
- Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup.1988. Keputusan No. 02/MenKLH/1988 tentang Pedoman Baku Mutu Lingkungan. Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Jakarta
- Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2011. Profil 15 Danau Prioritas Nasional 2010-2014. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta
- LIPI. 2001. Permasalahan Danau Maninjau & Pendekatan Permasalahannya. Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. Cibinong. 106 hal
- LIPI. 2007. Program Penyehatan Danau Maninjau & Pemberdayaan Masyarakat Di Sekitar Danau. Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. Cibinong. 38 hal

- Michael, P. 1984. *Ecologi Method for Field and Laboratory Investigation*. Tata Mc. Graw Hill. Ltd New Delhi.
- Nastiti, A.S., Krismono, dan E.S. Kartamiharja. 2001. Dampak Budidaya Ikan dalam KJA terhadap Peningkatan Unsur N dan P di Perairan Waduk Saguling, Cirata, dan Jatiluhur. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 7 (2): 22
- Prescott, G. W. 1973. *Algae of Western Great Lake Area*. WMS Brown Comf Tokyo. London.
- Rachmansyah. 2004. Analisis Daya Dukung Lingkungan Perairan Teluk Awarange Kabupaten Baru, Sulawesi Selatan bagi Pengembangan Budidaya Bandeng dalam Keramba Jaring Apung. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. Disertasi.
- Soeseno. 1995. *Limnologi*. Departemen Pertanian Direktorat Jendral Perikanan SUPM Bogor.
- Syandri, H. Azrita. 2006. Penangkaran Ikan Bilih (*Mystacoleucus padangensis* Blkr) Di Danau Maninjau
- Wetzel, R. G. 1983. *Limnology*. Saunders College Publishing Philadelphia

HASIL TANGKAP IKAN DAN KARAKTERISTIK LINGKUNGAN DANAU SENTARUM DAS KAPUAS KALIMANTAN BARAT

Emmy Dharyati

*Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum
Jl. Mariana No. 308 Telp. (0711) 537194 Palembang
E-mail: emmy_perikanan@yahoo.co.id*

ABSTRAK

Danau Sentarum seluas 80.000 ha, terletak di DAS Kapuas merupakan Taman Nasional yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi lahan basah (Ramsar Site) melalui konvensi UNESCO. Danau ini diketahui memiliki banyak hutan rawa dan termasuk kawasan DAS Kapuas bagian hulu yang merupakan daerah konservasi PHPA. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan data dan informasi karakteristik lingkungan dan habitat serta hasil tangkapan ikan dari beberapa alat tangkap di perairan Danau Sentarum. Metode penelitian dengan melakukan survei, sampling dan observasi selama 3 kali pada bulan April, Juli dan Desember 2007 di Danau Sentarum dan DAS Kapuas bagian hulu stasiun sekitar Danau Sentarum, Leboyan dan Samar Indah, serta Bukit Tekenang. Parameter yang diamati meliputi hasil tangkap ikan, jenis alat tangkap dan karakteristik lingkungan (kualitas air dan habitat). Hasil penelitian menunjukkan karakteristik lingkungan dan habitat ikan yang hidup di Danau Sentarum pada air yang tenang, sedang sampai deras dan dipinggiran danau banyak ditumbuhi tanaman perdu. Hasil tangkapan ikan dengan alat tangkap jermal, bubu waring dan jala yang banyak beroperasi di stasiun Danau Sentarum, Samar Indah, Leboyan, Bukit Tekenang berkisar 2,0-4,2 kg/unit/hari dengan ukuran panjang hanya berkisar 20-35 cm. Kondisi lingkungan perairan Danau Sentarum saat ini masih baik. Namun di bagian hulu Sungai Kapuas banyak ditemui penambangan emas dan dampaknya diperkirakan masuk ke DAS Kapuas sampai ke Danau Sentarum. Disekitar danau telah dibuka kebun kelapa sawit yang tentu limbahnya juga akan berdampak pada lingkungan Danau Sentarum. Tekanan ekologis yang tinggi akan dapat merusak ekosistem dan lingkungan Danau Sentarum sehingga sumberdaya ikan akan berkurang. Kegiatan penangkapan ikan di Danau Sentarum belum optimal karena hasil tangkapan ikan masih sedikit dan alat tangkap yang belum ramah lingkungan.

Kata Kunci: karakteristik habitat dan lingkungan, kualitas air, hasil tangkap, sumber daya perikanan

PENDAHULUAN

Danau Sentarum seluas 80.000 ha, secara geografis terletak pada 0°48'30"-0°52'20" LU dan 108°59'00"-109°07'00" BT. Danau Sentarum merupakan Taman Nasional yang ditetapkan sebagai kawasan konservasi lahan basah (Ramsar site) melalui konvensi UNESCO (Anonymous, 2003). Di Danau Sentarum diketahui banyak terdapat hutan rawa (Giensen, 1995). Kawasan DAS Kapuas bagian hulu, termasuk Danau Sentarum merupakan daerah konservasi dari PHPA. Sungai Kapuas merupakan sungai terpanjang di Indonesia, yaitu sepanjang 1080 km (Sutikno, 1981). Sungai Kapuas memiliki karakteristik habitat yang kompleks mulai dari muara sampai ke hulu dan terdapat keanekaragaman hayati dan mempunyai tipe ekologi yang sangat kompleks antara lain ekologi bagian hulu sungai Kapuas bertipe perairan berarus deras sampai sedang, umumnya berbatu, disekeliling sungai merupakan daerah perkebunan atau

perladangan (Utomo, *et al.*1991). Perairan rawa banjiran banyak terdapat pada DAS Kapuas Hulu yang sangat tergantung dengan kondisi musim hujan dan kering, bila musim penghujan air tergenang menutupi seluruh permukaan Danau Sentarum dan sebaliknya menjadi kering pada musim kemarau. Ketinggian air danau pada saat musim hujan dan kemarau berfluktuasi antara 3-5 m.

Aktivitas penangkapan ikan yang tinggi banyak terjadi pada tipe perairan rawa banjiran karena perairan tipe ini merupakan perairan yang sangat produktif dan kaya sumberdaya perikanan (Welcome, 1979). Danau Sentarum merupakan perairan rawa banjiran dan habitat ikan air tawar dengan jumlah jenis terbanyak di dunia, yaitu 218 jenis ikan dengan hasil tangkapan ikan setiap tahun mencapai 10.000 sampai 15.000 ton (Dudley, 1996). Hutan rawa di sungai Kapuas mempunyai peran yang penting bagi kelestarian sumberdaya perikanan yaitu sebagai daerah pemijahan, naungan dan tempat mencari makanan (Utomo & Asyari, 1999). Berdasarkan hasil penelitian tahun 2006 ditemui lebih dari 120 jenis ikan yang terdapat di DAS Kapuas Kalimantan Barat, diantara adalah ikan semah (*Tor spp*), baung (*Mystus nemurus*), umpan (*Puntiplites waandersii*), miadin (*Osteochilus intermedius*), tabirin (*Belodonthichthys dinema*), ringo (*Datnoides mecrolepis*), bilis (*Clupeichthys bleekeri*), nuayang (*Pseudeutropius brachipterus*), entukan (*Thynnichthys thynoides*) dan ikan lainnya. Ikan yang bernilai ekonomis penting adalah ikan semah, ikan ringo, tabirin dan entukan (Dharyati *et al*, 2007). Pada daerah aliran sungai Kapuas terutama di danau Sentarum banyak ditangkap oleh nelayan ikan konsumsi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat (domestik) dan jenis ikan yang termasuk bernilai ekonomi tinggi seperti ikan semah telah banyak diperdagangkan keluar danau Sentarum sampai ke Malaysia.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui dan mendapatkan informasi hasil tangkap ikan dan karakteristik lingkungan danau Sentarum.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di sekitar Danau Sentarum DAS Kapuas bagian hulu di Kabupaten Kapuas Hulu. Pelaksanaan penelitian pada bulan April, Juli dan Desember 2008. Lokasi penelitian ditentukan secara purposif berdasarkan informasi dari masyarakat dan hasil penelitian terdahulu, meliputi sekitar Danau Sentarum dan

disungai Tawang, anak sungai Kapuas. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode survei yaitu stratified sampling method (Nielson & Jonson, 1985), observasi dan wawancara pada nelayan. Parameter yang diamati meliputi hasil tangkapan ikan dari beberapa alat tangkap, alat tangkap dan karakteristik lingkungan habitat.

Hasil tangkapan ikan dengan melakukan sampling dari hasil tangkapan nelayan (enumerator) dengan berbagai alat tangkap pada berbagai tipe ekosistem danau dan sungai, dilakukan melalui pengisian blanko isian hasil tangkapan yang dibagikan kepada nelayan/enumerator. Disamping itu juga dilakukan percobaan penangkapan ikan dengan jala, jaring pukat, rawai pancing, jermal dan alat lainnya. Ikan yang tertangkap dicatat ukuran panjang (cm) dan berat (gram). Posisi geografi daerah tangkapan ditentukan menggunakan alat GPS. Untuk mengetahui karakteristik habitat perairan dilakukan observasi lapangan serta pengukuran parameter kualitas perairan berdasarkan APHA 1981 (Tabel 1).

Teknik Pengumpulan Data

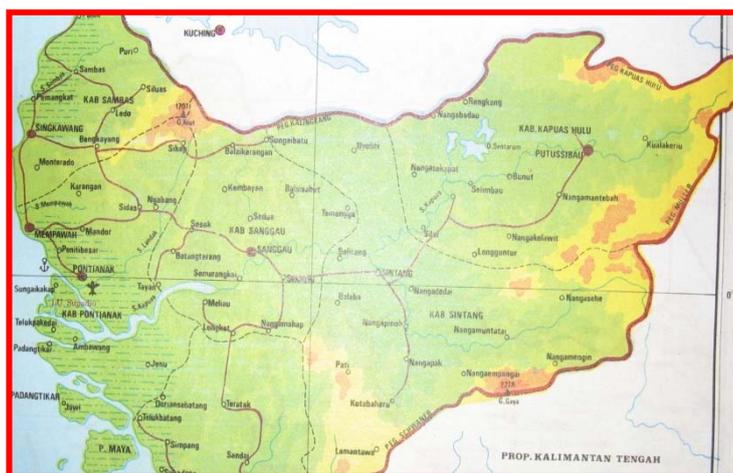
Pengumpulan data jenis ikan entukan dan ikan lainnya dari hasil tangkapan (sampling) dengan mengelompokkan jenis-jenis ikan, diukur ditimbang dan dicatat nama lokal. Ikan yang belum diketahui jenisnya di masukan dalam plastik dan disimpan dalam *cool box* diawetkan dengan formalin 5-10% untuk diidentifikasi di laboratorium berdasarkan panduan Kottelat *et al.*(1993); Gustiano(2003); Weber & De Beaufort (1916). Pengumpulan data ikan dapat juga dilakukan dengan cara membagikan blanko daftar isian hasil tangkapan ikan pada nelayan, kemudian dikumpulkan kembali pada saat melakukan penelitian (survei). Pengumpulan data jenis alat dan pengoperasian alat tangkap yang digunakan nelayan pada setiap stasiun dengan cara mencatat jenis alat, nama lokal dan melakukan wawancara pada nelayan, selanjutnya alat tangkap dikelompokkan berdasarkan klasifikasi alat tangkap ikan menurut Brandt (1972) dan Welcome (1979). Pengumpulan data parameter kualitas air dan karakteristik habitat lingkungan (Tabel 1) dikerjakan secara in-situ dan exisitu berpedoman pada buku petunjuk (APHA, 1981).

Tabel 1. Parameter dan metode analisis sampel air

Parameter	Satuan	Metode	Peralatan
Suhu	⁰ C	Insitu	Termometer
Kecerahan	Cm	Insitu	Piring Sechi
DHL	μS/cm	Insitu	SCT meter
pH	pH unit	Insitu	pH universal indicator
Karbondioksida	mg/l	Insitu, titrimetri metode winkler	NaOH sebagai titrant
Oksigen terlarut	mg/l	Insitu, titrimetri metode Winkler	Larutan thiosulfate sebagai titrant.
Kecepatan Arus	Km/jam (m/det)	Insitu, mengapungkan benda ringan diatas air sungai dan mencatat waktu yang dibutuhkan pada jarak tertentu	Stop wach
Posisi Geografis	Derajat menit detik	Insitu	GPS

Analisa

Data hasil tangkapan ikan, alat tangkap, karakteristik habitat disetiap lokasi penelitian dianalisa secara deskriptif dan dibuat tabulasi data sehingga kelihatan hasil tangkapan ikannya. Selanjutnya dihitung hasil tangkapan per upaya penangkapan dari setiap alat tangkap dengan formula *Catch per Unit Effort* (CPUE) (Gulland, 1983).



Ketengan Stasiun:

- 1. Danau Leboyan
- 2. Danau Sambar Indah
- 3. Bukit Tekenang sekitar sungai Tawang
- 4. Nanga Tengkidap

Gambar 1. Lokasi Penelitian Hasil Tangkapan Ikan di Danau Sentarum

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pengamatan sebagai lokasi sampling yang diketahui mewakili daerah tangkapan ikan dan berdasarkan posisi geografi dan ketinggian dari permukaan laut pada stasiun penelitian di DAS Kabupaten Kapuas Hulu (Tabel. 2) dapat ditetapkan 4 stasiun yaitu sekitar Danau Sentarum: 1. Danau Leboyan, 2. Danau Sambar Indah, dan 3. Bukit Tekenang, dan di sekitar sungai Tawang: 4. Nanga Tengkidap.

Tabel 2. Posisi Geografi Lokasi Penelitian di Danau Sentarum Kalimantan Barat

No	Lokasi Penelitian dan sekitar	Posisi GPS		Ketinggian DPL/m
		N	S	
Sekitar Danau Sentarum				
1.	Danau Leboyan	N= 00'54'47"7	S= 112'21'24"1	17
2.	Danau Sambar Indah	N=00'51'32"0	S=102'07'46"97	17
3.	Bukit Tekenang	N= 00'50'22"2	S=112'03'48"6	18
Sekitar sungai Tawang				
4.	Nanga Tengkidap	N=00'40'26"8	S=111'59'20"3	20

Hasil tangkapan ikan

Di 4 stasiun penelitian tertangkap 36 jenis ikan dan diidentifikasi dengan panduan buku Weber and Beaufort, (1916); Kottelat, (1993). Dari kumpulan ikan yang tertangkap terdapat 5 jenis ikan yang bernilai ekonomi tinggi, antara lain ikan semah, tabirin, dan ikan entukan. Ikan entukan termasuk dalam katagori dominan di DAS Kapuas terutama di danau Sentarum dan merupakan ikan konsumsi yang terjangkau bagi masyarakat (Dharyati, *et al*, 2007). Total hasil tangkapan ikan dengan alat tangkap jermal, bubu waring, jaring pukat, rawai dan jala di 4 stasiun penelitian sebanyak 2.844 kg dengan rincian 288 kg bulan April, 236 kg bulan Juli dan 2.320 kg bulan Desember. Laju tangkapan per upaya dengan formula CPUE berkisar 5-29 kg/unit/10 hari pada bulan April, 5-30 kg/unit/10 hari pada bulan Juli dan 10-40kg/unit/10 hari pada bulan Desember. Hasil tangkap dari 5 macam alat tangkap telah dikalkulasikan berdasarkan kesetaraan, jumlah alat, jumlah hari operasional dan jenis macam alat.

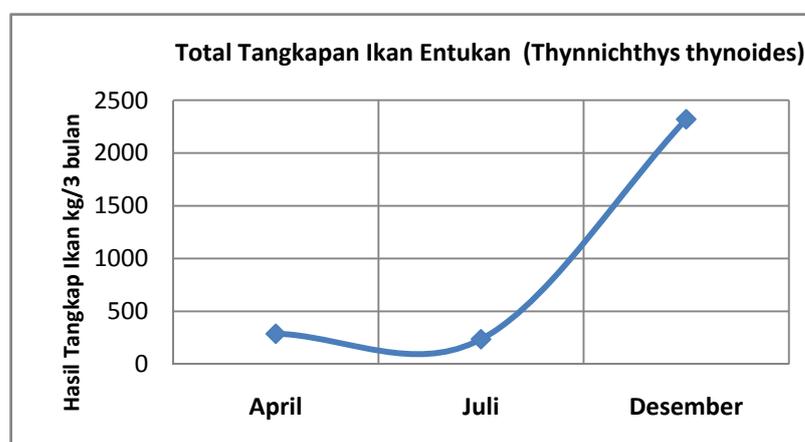
Habitat tertangkapnya jenis jenis ikan berada ditengah dan dipinggir danau oxbow lake dan juga pada pinggir sungai yang banyak di tumbuh pohonan perdu, yaitu tempat ikan mencari makan dan memijah. Sebaran ukuran ikan yang tertangkap pada bulan April dengan jaring pukat ukuran 10-15,4 cm, dengan berat ikan 30-190 g. Pada bulan Juli tertangkap dengan dengan bubu waring, dan jala berukuran 15-39

cmdan berat 180-270 g. Sekitar bulan Oktober, Nopember sampai Desember, dimana merupakan musim memijah ikan, ikan banyak tertangkap dengan alat bubu waring, jaring pukat dan jala dengan ukuran 13,3-13,5 cm dengan berat 38–41 g. Hasil tangkap ikan pada bulan April, Juli dan Desember dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tangkapan ikan pada bulan April, Juli dan Desember di danau Sentarum dan sekitarnya

Stasiun Penelitian	Hasil Tangkap Ikan (kg)			Jumlah
	April	Juli	Desember	
Sekitar Danau Sentarum				
Danau Leboyan	114	110	960	1.184
Danau Sambar Indah	92	70	780	942
Bukit Tekenang	70	48	670	688
Sekitar sungai Tawang				
Nanga Tengkidap	12	8	10	30
Total	288	236	2.320	2.844

Hasil tangkap pada bulan Desember mencapai 2.320 kg, bulan Juli mencapai 236 kg dan bulan April mencapai 288 kg. Pada (Gambar 3) terlihat grafik hasil tangkapan ikan dari bulan April, Juli hampir sama dan naik pada bulan Desember.

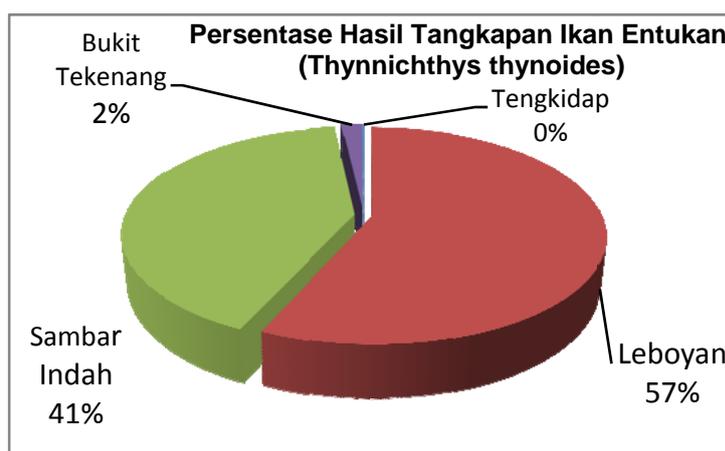


Gambar 3 : Grafik Hasil Tangkap Ikan di 4 stasiun Penelitian

Hasil tangkap ikan berdasarkan stasiun Penelitian

Hasil tangkap ikan dari keempat stasiun penelitian adalah di stasiun danau Leboyan mencapai 1.184 kg, stasiun Sambar Indah 942 kg, Bukit Tekenang 688 kg dan Nanga Tengkidap hanya 30 kg. Di stasiun danau Leboyan terdapat banyak tumbuhan-tumbuhan dan plankton ataupun perifiton yang melekat pada tumbuhan tersebut

sehingga ikan entukan senang pada habitat seperti ini. Kondisi stasiun Sambar Indah hampir sama dengan kondisi danau Leboyan, sedangkan kondisi lingkungan stasiun Bukit Tekenang agak berbeda, yaitu tidak terlalu banyak tumbuhan perdu dipinggiran danau, akan tetapi musim penangkapan ikan entukan sama dengan stasiun Leboyan dan Sambar Indah. Di sekeliling Bukit Tekenang banyak perbukitan yang dapat membuat ikan entukan dapat mencari makan pada perairan sekitar stasiun ini. Stasiun Nanga Tengkidap yang berada di sungai Tawang ikan sedikit sekali dapat ditangkap karena kedalaman air dan arus yang kuat sehingga ikan entukan tidak banyak hidup di stasiun ini. Namun pada musim hujan masih banyak ikan tertangkap oleh alat jermal, karena pada musim ini ikan beruaya terbawa arus dari danau Sentarum menuju sungai Tawang yang berada di hilir danau guna mencari tempat pemijahan. Demikian juga saat ikan kembali ke Danau Sentarum dapat tertangkap oleh nelayan. Persentase hasil tangkap ikan berdasarkan stasiun penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 : Persentase Hasil Tangkapan Ikan Berdasarkan stasiun Penelitian

Hasil tangkap ikan berdasarkan jenis alat tangkap.

Hasil tangkapan ikan berdasarkan alat tangkap persatuan upaya dapat dilihat pada (Tabel 4,5 dan 6). Total tangkapan jenis ikan dapat terlihat pada (Gambar 3). Pada bulan April penangkapan ikan berlangsung selama 10-20 hari/bulan, sementara pada bulan Juli yang merupakan musim kemarau operasi penangkapan berkisar 5-15 hari/bulan, dan pada bulan Desember selama 10-20 hari/bulan.

Tabel 4. Hasil tangkapan ikan dari 5 alat tangkap bulan April 2007

Stasiun Pengamatan	Jenis Alat tangkap	CPUE(kg/hari)	Hasil Tangkap(kg/10 hr/nelayan)
Sekitar Danau Sentarum			
1. Sambar Indah	Jaring Pukat	3-7	15-50
	Jala	1-2,5	2-8
	Rawai	2-6	5-40
	Jermal	5-12	8-70
2. Leboyan	Jaring Pukat	2-8	10-48
	Jala	1-1,5	3-10
	Rawai	1-2,5	2-8
	Bubu waring	5-12	8-70
3. Bukit Tekenang	Jaring Pukat	2-5	20 -70
	Jala	1-2	3-12
	Rawai	0,5-1	2-5
	Bubu waring	4-15	8-75
Sekitar sungai Tawang			
4. Nanga Tengkidap	Jaring Pukat	0,5-1	1-3
	Jala	-	-
	Rawai	0,5-2	3-5
	Jermal	1-5	3-10
	Bubu waring	-	-

Tabel 5 Hasil tangkapan ikan dari beberapa alat tangkap bulan Juli 2007

Stasiun Pengamatan	Jenis Alat tangkap	CPUE (kg/hari)	Hasil Tangkap(kg/10 hr/nelayan)
Sekitar Danau Sentarum			
1.Sambar Indah	Jaring Pukat	1-2	3-20
	Jala	1-2,5	2-15
	Rawai	5-12	5-90
	Jermal	5-15	8-120
	Bubu waring	0,5-1,5	2-15
2.Leboyan	Jaring Pukat	4-12	20-90
	Jala	1-2	3-18
	Rawai	1-1,5	2-15
	Jermal	4-15	6-90
	Bubu waring	5-18	10-120
3.Bukit Tekenang	Jaring Pukat	0,5-1	2-5
	Jala	2-15	20 -70
	Rawai	1-2,5	3-12
	Jermal	0,5-1	2-10
	Bubu waring	3-10	20-90
Sekitar sungai Tawang			
4.Nanga Tengkidap	Jaring Pukat	0,5-2	1-2
	Jala	0,5-1	0,5-1
	Rawai	0,5-1	0,5-1
	Jermal	-	-
	Bubu waring	2-5	4-15

Tabel 6. Hasil tangkapan ikan dari beberapa alat tangkap bulan Desember 2007

Sekitar Danau Sentarum		CPUE(kg/hari)	Hasil Tangkap(kg/5 hr/nelayan)
1.Sambar Indah	Jaring Pukat	3-8	15-65
	Jala	0,5-1	3-10
	Rawai	0,5-0,8	2-5
	Jermal	2-6	5-50
	Bubu waring	3-10	8-60
2.Leboyan	Jaring Pukat	0,5	-
	Jala	3-6	15-40
	Rawai	0,5	3-8
	Jermal	-	2-6
	Bubu waring	2-6	8-55
3.Bukit Tekenang	Jaring Pukat	3-8	10-65
	Jala	-	2-4
	Rawai	2-5	15 -70
	Jermal	1-3	3-8
	Bubu waring	0,5-1	2-7
Sekitar sungai Tawang	Jaring Pukat	3-8	10-65
	Jala	0,5-1	0,5
	Rawai		
	Jermal	4-15	6-90
	Bubu waring	2-5	4-15

Sebaran Ukuran ikan pada stasiun Penelitian

Sebaran ukuran ikan entukan yang tertangkap selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 7. Pada bulan April tertangkap ikan dengan alat tangkap jaring pukat dengan ukuran kisaran 10-15,4 cm dengan berat ikan 30-190 g. Pada bulan Juli tertangkap ikan dengan ukuran panjang berkisar 15-39 cm dan berat sekitar 90-260 g. Pada bulan Oktober ikan yang tertangkap ukuran panjang 25-38 dengan berat 180-270 g. Pada bulan Desember tertangkap ikan dengan alat tangkap bubu waring ukuran ikan 13,3-13,5 berat ikan berkisar 38- 41 g. Fenomena terakhir terkait dengan musim ikan memijah bulan Oktober sampai Nopember.

Tabel 7. Data hasil tangkapan ikan berdasarkan ukuran panjang dan berat pada bulan pengamatan

Bulan Pengamatan	Kisaran panjang (cm)	Kisaran berat (g)	TKG	Tertangkap pada Stasiun
April 2007	10-15,4	30-190	-	Leboyan, Sambar Indah, Bukit Tekenang.
Juli 2007	15-35 24-29 26,3-39	90-250 190-260 170-260	-	Leboyan, Sambar Indah, Bukit Tekenang, Nanga Tengkidap.
Oktober 2007	25-38	180-270	-	Leboyan, Sambar Indah, Bukit Tekenang, Nanga Tengkidap.
Desember 2007	13,3-13,5	38-41	-	Leboyan, Sambar Indah, Bukit Tekenang,

ALAT TANGKAP

Jenis Alat Tangkap dan Operasional

Alat tangkap yang terdapat DAS Kapuas lebih dari 20 jenis, akan tetapi alat yang digunakan nelayan di danau Sentarum untuk menangkap ikan umumnya sekitar 5 jenis, antara lain alat jaring pukat, jala, rawai, bubu waring dan jermal (bubu jermal). Pada stasiun penelitian alat tangkap jaring pukat sangat dominan dioperasikan nelayan karena dapat digunakan pada setiap musim.

Berdasarkan klasifikasi alat tangkap menurut Brandt (1972), alat tangkap yang digunakan nelayan di Danau Sentarum dan sekitarnya dapat dimasukkan kedalam golongan *fishing with lines* seperti pancing dan tajur, *cash net* seperti alat tangkap jala, sementara jaringpukat termasuk kedalam klasifikasi *gill nets*. Menurut Anung & Barus (1995) suatu usaha penangkapan ikan dengan menggunakan alat tangkap seperti pancing, bubu waring dan rawai adalah termasuk dalam golongan penangkapan secara tradisional. Bila diamati alat tangkap yang digunakan nelayan di danau Sentarum sangat sederhana dan termasuk dalam golongan yang tradisinal. Alat tangkap lainnya adalah *electrofishing* yaitu alat yang menggunakan aliran listrik namun tidak banyak dan dilarang pemerintah setempat.

Tabel 8. Jumlah Alat Tangkap yang diamati dan sering dioperasikan nelayan di Danau Sentarum DAS Kapuas

Nama Alat	Jumlah alat	Pemasangan alat pada saat
Jermal	60	Setiap hari bulan
Bubu waring	3	Setiap hari bulan
Jaring Pukat	540	Pada musim tangkap ikan
Jala	23	Pada musim tangkap ikan
Rawai /pancing	44	Pada musim tangkap ikan

Deskripsi dan cara operasi alat tangkap

1. Jaring pukat (Gillnet)

Menurut Sathori (1985), jaring adalah jaring terbuat dari bahan net (jaring pukat) yang berbentuk empat persegi panjang, mempunyai mata jaring yang sama ukurannya pada seluruh jaring, lebar jaring lebih pendek jika dibandingkan panjangnya, serta jumlah mesh depth lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah mesh pada arah panjang jaring. Jaring dipasang di perairan danau bagian tengah ataupun pinggir danau, tergantung kondisi tinggi air serta perkiraan banyak dan sering dilewati ikan. Jaring merupakan alat tangkap yang paling dominan dioperasikan di sekitar stasiun penelitian. Jaring pukat hampir dioperasikan nelayan setiap waktu kecuali pada musim kemarau karena ketinggian air sangat rendah. Alat jaring lebih efektif dioperasikan di perairan sungai seperti pada stasiun Nanga Tengkidap yang berada pada sungai Tawang. Alat jaring digunakan umumnya berukuran berkisar 1,5 m x 25 m dan mata jaring rata-rata 1,75-2,5 inchi dengan hasil tangkapan ikan berukuran kecil sampai sedang. Akan tetapi untuk menangkap ikan dengan ukuran besar biasa dipakai ukuran 3-4,5 inchi.

Hasil tangkap ikan pada empat stasiun dengan jaring pukat tertangkap bermacam jenis ikan antara lain ikan lais (*Kryptopterus* spp), sepengkah (*Ambassis gymnocephalus*), enkadik (*Botia hymenophysa*), rik (*Mystus micrachantus*), sepat siam (*Trichogaster pectoralis*), seluang (*Rasbora* sp), buing (*Cyclocheilichthys armatus*) kebal (*Osteochilus enneaporos*), patik (*Mystus nigriceps*), Ikan Entukan (*Thynnichthys thynoides*), kenjuar (*Luciosoma setigerum*), kelabau (*Osteochilus melanopleura*) dan ikan lainnya. Hasil tangkap ikan Entukan (*Thynnichthys thynoides*) mencapai 30% lebih banyak dari 14 jenis ikan lainnya. Laju penangkapan ikan entukan dengan perhitungan CPUE jaring pukat mencapai 2-5 kg/unit/hari, dengan menggunakan 3 buah jaring permalam. Pengoperasian alat tangkap ini pada musim kemarau lebih intensif sehingga banyak nelayan menambah alat tangkap yang baru, rata rata nelayan memiliki jaring 2-

5 unit jaring.

2. *Jermal (Stationary Uncovered Pound Nets)*

Alat tangkap jermal masuk dalam klasifikasi *stationary uncovered pound nets* (Brandt, 1972). Spesifikasi alat jermal terbuat dari bahan waring yang bentuknya mirip dengan bubu waring. Alat jermal dibentuk kantong persegi delapan ukuran panjang sekitar 30- 50 m, lebar 2,5 – 3 m, tinggi umumnya 2 m dan mesh size 0,5-1 inci. Bukaan pintu air untuk jalan masuk ikan dibentuk persegi empat dengan lebar tergantung dengan tingginya jermal. Tidak dibuat pintu penutup seperti injab pada bubu waring. Jermal biasadipakai nelayan menangkap ikan di sungai dan di danau, seperti di Danau Sentarum sekitar stasiun Sambar Indah dan Leboyan. Jermal umumnya dipasang di areal dengan topografi yang mendatar sehingga arus air tidak mengalir dengan deras, karena air sungai yang mengalir deras dapat menghanyutkan jermal. Pengoperasian alat ini didominasi kawasan DAS Kapuas bagian tengah dimana aliran sungai yang tidak deras. Jermal dapat menangkap ikan dalam jumlah banyak baik jenis-jenis ikan ataupun ukuran ikan dari ukuran kecil sampai besar. Jenis-jenis ikan yang tertangkap adalah Ikan Entukan (*Thynnichthys thynoides*), lais (*Kryptopterus spp*), rik (*Mystus micrachantus*), kelabau (*Osteochilus melanopleura*), miadin (*Osteochilus intermedius*), kebal (*Osteochilus enneaporos*), banta (*Osteochilus wandersii*), ikan unpan (*Puntioplites waandersii*), kenjuar (*Luciosoma setigerum*), seluang (*Rasbora sp*), buing (*Cyclocheilichthys armatus*) kebal (*Osteochilus enneaporos*) dan ikan lainnya. Hasil tangkap ikan entukan pada musimnya mencapai 37% dari 12 jenis ikan yang tertangkap. Laju penangkapan sangat tinggi mencapai 10-30 kg/unit/ sekali panen dan bisa 2-3 kali tarikan dalam satu minggu. Nilai CPUE jermal pada Nanga Tengkidap dan danau Sentarum 10-30 kg/unit/hari.

3. *Jala (Cast net)*

Jala terbuat dari bahan nilon yang dianyam seperti jaring dengan mesh size bervariasi. Alat tangkap jala bila dibentang berbentuk lingkaran dan bila ditarik lurus akan berbentuk kerucut yang panjang sisinya mencapai 4-5 meter dan pada bagian atas kerucutnya diikat tali. Pada ujung jala sebelah kaki sekelilingnya dilengkapi dengan pemberat berupa rantai terbuat dari timah atau besi berbentuk gelang-gelang kecil. Pengoperasiannya dengan cara melemparkan dengan posisi tertentu sehingga dapat

mengembangkan jala berbentuk melingkar kedalam sungai/danau yang diperkirakan banyak ikan yang berkumpul sehingga ikan dapat tertangkap. Penangkapan dapat dilakukan pada setiap saat siang ataupun malam hari. Jala termasuk alat tangkap yang sering dioperasikan di Danau Sentarun karena tidak sulit dalam mengoperasikannya. Hampir semua jenis ikan dapat tertangkap dengan jala, tergantung dari ukuran mesh size dan lokasi penangkapannya.

Jenis ikan yang tertangkap seperti entukan (*Thynnichthys thynoides*), seluang (*Rasbora boneensis*), dekat (*Breitensteinia sp.*), patik (*Mystus nigriceps*), sihitam (*Labeo chrysophekadion*), lais juara (*Kryptopterus kryptopterus*), kenjuar (*Luciosoma setigerum*), lankung (*Hampala macrolepidota*) dan ikan lainnya. Hasil tangkap ikan entukan sangat dominan mencapai 70% dari jenis ikan lainnya pada waktu musim tangkap ikan entukan yang biasa terjadi pada akhir musim hujan sampai pada awal musim kemarau. Laju penangkapan berdasarkan CPUE adalah sekitar 1-2 kg/unit/hari dengan menggunakan 3 buah jala. Satu nelayan memiliki alat tangkap jala rata-rata 2-3 buah. Pengoperasian jala pada musim kemarau bisa setiap hari 2 kali pagi dan sore.

4. *Bubu waring (Stationary Uncovered Pound Nets)*

Alat tangkap bubu waring biasadipakai nelayan menangkap ikan di sungai dan danau. Spesifikasi alat bubu waring terbuat dari bahan waring yang dibentuk kantong dengan persegi delapan ukuran panjang sekitar 30- 50 m, lebar 2,5 – 3 m, tinggi umumnya 2 m dan mesh size 0,5-1 inci. Bukaan pintu air untuk jalan masuk ikan dibentuk segitiga seperti huruf V dan dipasang injab atau disebut buluh mata bagi nelayan setempat sebanyak 2 buah berlapis, lapisan pertama pada arah depan dengan ukuran besar dan lapisan kedua lebih kecil yang berjarak lapisan keduanya 1-1,50 m. Guna injab lapisan depan agar ikan yang masuk kedalam alat bubu waring dan terjebak tidak dapat keluar karena tertutup injab, selanjutnya ikan akan masuk pada lapisan kedua lebih dalam lagi dan injab akan tertutup sehingga ikan tak akan bisa keluar lagi. Alat bubu waring biasa dipasang dipinggir sungai dan danau-danau rawa seperti pada stasiun Sambar Indah dengan pintu masuk air menghadap ke hulu atau menghadang arus air. Pemasangan bubu waring dengan kedalaman 1,5 m dan 0,5 m muncul diatas permukaan air. Agar ikan yang masuk dalam jumlah banyak maka dibuat sayap pada bagian kiri dan kanan dengan panjang sekitar 30-50 m, fungsi sayap ini untuk menghadang ikan agar masuk kedalam bubu waring. Pemasangan alat bubu waring pada

air mengalir tidak terlalu deras dipasang disekitar danau Sentarum seperti pada stasiun Leboyan dan Sambar Indah. Jenis jenis ikan yang tertangkap adalah Ikan entukan (*Thynnichthys thynoides*), lais (*Kryptopterus spp*), rik (*Mystus micrachantus*), kelabau (*Osteochilus melanopleura*), miadin (*Osteochilusintermedius*),kebali (*Osteochilus enneaporos*), banta (*Osteochilus wandersii*), ikan unpan (*Puntioplites waandersii*), kenjuar (*Luciosoma setigerum*), seluang (*Rasbora sp*), buing (*Cyclocheilichthys armatus*),kebali (*Osteochilus enneaporos*) dan ikan lainnya. Hasil tangkap ikan entukan pada musimnya mencapai 40% dari 14 jenis ikan yang tertangkap. Laju tangkapan berdasarkan CPUE berkisar 5-20kg/unit/hari.

5. Pancing dan Rawai (Hooks and Lines)

Pancing terbuat dari bahan bambu yang berdiameter 0,5 cm panjang 1-1,5 meter, dengan tali nilon yang diikat diujung bambu sedangkan mata pancing diikatkan pada ujung nilon. Cara operasi pancing dipasang di danau dan dipinggir sungai, pemasangan pancing sering berpindah tempat dalam waktu yang tidak lama. Sebelum dipasang pancing diberi umpan dengan kodok, cacing ulat, katak, ikan ikan kecil dan lipas. Ikan yang tertangkap adalah tabirin (*Belodontichthys dinema*), batu (*Osteochilus pleurotaenia*), langkung (*Hampala macrolepidota*), lais (*Kryptopterus sp*), entukan (*Thynnichthys thynoides*), haruan (*Channa striata*) dan lainnya. Alat tangkap pancing dan rawai hanya dipakai pada saat-saat tertentu dimana keadaan air danau sedang tidak terlalu deras arusnya yang umumnya terjadi pada bulan September hingga Nopember pada saat masuk musim hujan. Hasil tangkapan ikan berkisar 2-2,5 kg/5 set rawai/hari. Nelayan banyak menambah alat tangkap untuk menangkap ikan pada musim tangkap yang jatuh pada musim akhir musim hujan. Setiap nelayan memiliki 3-8 buah rawai yang panjangnya sekitar 20-80 m.

Karakteristik habitat

Lingkungan dan habitat tertangkapnya jenis ikan biasa terdapat pada perairan yang banyak ditumbuhi tumbuhan, baik ditengah dan pinggiran danau (oxbow lake) maupun di pinggir sungai. Hasil penelitian menunjukkan habitat yang disukai banyak jenis ikan bernilai penting dan dominan hidup di danau adalah tipe perairan yang banyak ditumbuhi pohonan perdu dengan kondisi air yang sedikit tenang seperti diDanau Sentarum. Umumnya ikan yang bernilai penting seperti ikan entukan, tabirin

dan ringo dapat bertahan dan berkembang biak dengan baik pada ekosistem yang ada di Danau Sentarum. Danau Sentarum dapat dijadikan area konservasi ikan karena kondisi ekosistemnya masih sangat baik.

Kualitas perairan berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas selama penelitian pada beberapa anak sungai Kapuas Hulu disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Kisaran kualitas air pada lokasi penelitian di Kabupaten Kapuas Hulu

Parameter	Stasiun Penelitian			
	Danau sentarum dan sekitar			Sungai Tawang
	Leboyan	Sambar Indah	Bukit Tekenang	Nanga Tengkidap
Suhu air ⁰ C	29	31	31	30
Kecerahan (cm)	25	120	100	19
Kecepatan arus (km/jam)	-	-	-	0,84
pH	5	5,5	5,5	6
Karbon dioksida (mg/l)	10,56	13,2	17,6	17,6
Oksigen (mg/l)	4,04	5,17	4,25	3,8
Alkalinitas(mg/l)	65	125	120	150

Kondisi kualitas air tersebut tergolong layak untuk kehidupan ikan dan biota lainnya, karena selama penelitian tidak terjadi perubahan suhu secara mendadak sebagaimana yang di khawatirkan Pescod (1973) dan NTAC (1968). Menurut NTAC (1968) dan Pescod (1973), pada suatu perairan jika tidak terdapat senyawa yang mengandung racun (toxic) maka kandungan oksigen terlarut minimum sebesar 2 mg/l sudah cukup mendukung kehidupan organisme perairan secara normal. Berbeda dengan kandungan CO₂-bebas dalam air bila telah melebihi 25 mg/l sudah membahayakan kehidupan ikan dan biota lainnya (NTAC, 1968). Kisaran pH 5-6 selama penelitian juga masih layak untuk kehidupan ikan dan organisme lainnya, meskipun menurut (Pescod, 1973) pH yang ideal untuk kehidupan ikan berkisar antara 6,5–8,5.

KESIMPULAN

1. Total hasil tangkapan ikan dari 4 stasiun pengamatan dengan alat tangkap yang diamati terdiri dari jermal, bubu waring, jaring pukat, jala dan rawaisebanyak 2.844 kg dengan rincian 288 kg pada bulan April, 236 kg pada bulan Juli dan 2.320 pada bulan Desember.
2. Hasil tangkapan ikan dari 5 macam alat tangkap di atas telah dikalkulasikan berdasarkan kesetaraan, jumlah alat, jumlah hari operasional dan jenis macam alat dengan formula CPUE berkisar 5-29 kg/unit/10 hari pada bulan April dan 5-

30 kg/unit/10 hari pada bulan Juli dan 10-40kg/unit/10 hari pada bulan Desember.

3. Persentase Hasil Tangkapan Ikan Berdasarkan stasiun Penelitian stasiun Leboyan 57%, Sambar Indah 41%, Bukit Tekenang 2% dan Nanga Tengkidap <0,5%.
4. Sebaran ukuran ikan bulan April tertangkap dengan alat tangkap jaring pukat ukuran 10-15,4 cm dan berat ikan 30-190 g, bulan Juli tertangkap dengan jala ukuran 15-39cm dan berat 90-260 g, bulan Oktober tertangkap dengan bubu waring dan jala ukuran 25-38 cm dan berat 180-270 g. Banyak jenis ikan yang memijah bulan Oktober – Nopember dan pada bulan Desember tertangkap dengan bubu waring, jaring pukat dan jala dengan ukuran 13,3-13,5 cm, berat 38-41 g.
5. Habitat ikan Entukan adalah danau yang banyak ditumbuhi pohonan perdu tempat mencari makan dan memijah, pada air yang sedikit tenang seperti danau Sentarum.
6. Hasil pemeriksaan beberapa parameter kualitas air seperti kuat arus, suhu, kecerahan, kadar oksigen terlarut, kandungan karbondioksida bebas, derajat keasaman (pH) semuanya masih menunjukkan kisaran yang layak untuk mendukung kehidupan biota air termasuk ikan.
7. Habitat yang disukai banyak jenis ikan yang dominan karena habitat banyak pohon perdu disekitar danau Sentarum sehingga banyak ikan tertangkap pada stasiun sekitar danau Sentarum.

DAFTAR PUSTAKA

- Asyari, 2009. Komposisi Hasil Tangkapan Ikan Dengan Jermal Dan Bubu waring di Sungai Kapuas Kalimantan Barat. Seminar Nasional Tahunan VI. Hasil Penelitian Perikanan Dan Kelautan. Jilid II. Jogyakarta.
- APHA, 1981. Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. APHA inc, Washington DC.
- Barnes, R.S.K and K.H. Mann. 1980. Fundamentals of Aquatic Ecosystem. Blackwell Scientific Publication, Oxford. 229 p.

- Brandt, A.V. 1972. Revised and enlarged fish catching methods of the world. Fishing News (Books) Ltd. 23 Rosemount Avenue West By Fleet, London EC4, 240 pp
- Boyd, C.E. 1979. Water Quality in Warmwater fishponds. Auburn University, Departement of Fisheries and Alied Aquaculture. First Edition, Alabama, USA. 359p.
- Dharyati, E, & A.D. Utomo, S.Adjie, Asyari., N. Muflikhah 2007. Biologi Beberapa Jenis Ikan Bernilai Penting. *Laporan Teknis*. BRPPU Palembang
- Dudley, R.G. 1996. The fisheries of the Danau Sentarum wildlife reserve, West Kalimantan Indonesia. AWB. Bogor- Indonesia. 1 – 10.
- Gulland, J.A., 1983. Fish Stock Assessment A Manual of Basic Method. John Willey and Sons chichester. 223 pp.
- Gustiano, R. 2003. Taxonomy and Phylogeny of Pangasidae Catfishes from Asia (Ostariophysi, Siluriformes). Katholieke Universiteit Leuven, Laboratory of Comparative Anatomy and Biodiversity. Belgium. 296 pp.
- Kottelat, M; A.J Whitten; S.N Kartikasari dan S. Wirjoatmodjo, 1993. Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi (Ikan Air tawar Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi). Periplus Editions- Proyek EMDI. Jakarta.
- Nielsen, L.A. and D.L. Johnson, 1985. Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 468 p.
- NTAC. 1968. Water quality Criteria. FWPCA., Washington DC. 234 p.
- Pescod, M.B. 1973. Insvestigation of Rational Efflaent and Strem Standards for Countries, ATT Bangkok. 59 p.
- Sutikno, 1981. Status perikanan perairan umu Kalimantan Barat. Prosiding Seminiar perairan umum. Puslitbang Perikanan Jakarta. 107 – 114.
- Utomo, AD. dan Asyari 1999. Peran ekosistem hutan rawa air tawar bagi kelestarian sumberdaya perikanan di sungai Kapuas Kalimantan Barat. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia. Puslitbang Perikanan Jakarta. V: 3. 1-13.
- Weber, M and De Beaufort, 1916. The fishes of the Indo-Australian Archipelago. E.J Brill Ltd. Leiden. I-XII.
- Welcome, R.L. 1979. Fisheries Ecology of Floodplain River, Longman. London. 317p.

Lampiran :

Komposisi Hasil Tangkap Ikan (*Thynnichthys thynoides*) dari Beberapa Alat Tangkap di Danau Sentarum dan Sekitar pada musim tangkap pada bulan Nopember – Desember DAS Kapuas Kalimantan Barat

Nama Alat	Hasil tangkap	Lokasi Pemasangan dan Bulan Operasi
Jermal : (<i>Stationary Uncovered Pound Nets</i>)	10-60 kg/ 10 hari	Nanga Tengkidap (sungai Tawang) dan Sambar Indah. Pinggiran sungai dan alur ikan/akhir musim hujan dan awal penghujan sekitar bulan (April-Juni) dan musim penghujan sekitar Nopember
Bubu waring : (<i>Stationary Uncovered Pound Nets</i>)	10-50 kg/ 10 hari	Nanga Tengkidap (sungai Tawang) dan Leboyan Pinggiran sungai dan alur ikan/ akhir musim hujan dan awal penghujan sekitar bulan (April-Juni) dan musim penghujan sekitar Nopember
Jaring Pukat (<i>Gill net</i>)	15-65 kg/ 10 hari	Leboyan/ Sambar Indah/ Bukit Tekenang (Danau Sentarum): Pinggiran dan tengah hampir merata disekitar danau akhir musim hujan (Nopember- Desember) kadang kala sampai Maret dan masuk musim kemarau awal penghujan sekitar (Juli-September).
Jala (<i>Cast net</i>)	10-60kg/10 hari	Leboyan/ Sambar Indah/ Bukit Tekenang (Danau Sentarum): dapat dioperasikan disekitar danau dan sungai akhir musim hujan (Nopember-Desember) kadang kala sampai Maret dan masuk musim kemarau awal penghujan sekitar (Juli-September).
Rawai pancing (<i>Set long lines</i>)	5-20 kg/ 10 hari	Leboyan/ Sambar Indah/ Bukit Tekenang (Danau Sentarum): Dapat dioperasikan disekitar danau dan sungai akhir musim hujan (Nopember-Desember) kadang kala sampai Februari dan masuk musim kemarau awal penghujan sekitar (Juli- September)



FUNGSI STRATEGIS DANAU BATUR, PERUBAHAN EKOSISTEM DAN MASALAH YANG TERJADI

Ni Komang Suryati dan Samuel

Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum

Jalan Beringin No. 08 Mariana Palembang

Email :komang_nks@yahoo.com

ABSTRAK

Danau Batur merupakan salah satu tipe danau vulkanik, terletak dikaki Gunung Batur yang diyakini merupakan sebuah kaldera (kawah gunung berapi) purba. Danau yang terletak di Kabupaten Bangli pada ketinggian 1080 m di atas permukaan laut ini, merupakan salah satu dari sembilan danau prioritas yang ditetapkan pada Konferensi Danau I yang diadakan di Bali pada tahun 2009. Danau Batur memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan masyarakat di sekitar danau khususnya dan masyarakat Bali pada umumnya yaitu sebagai sumber air minum, pertanian, budidaya ikan dan obyek wisata. Aktivitas penduduk di sekitar danau Batur yang semakin berkembang mengakibatkan perubahan, seperti pemukiman, karamba jaring apung, pertanian, obyek wisata dan lain-lain. Perkembangan kegiatan tersebut dapat mengakibatkan tekanan ekologis, seperti penurunan kualitas perairan pada danau Batur serta terjadinya sedimentasi dan pendangkalan. Pada Juni 2011 terjadi kematian massal ikan di karamba jaring apung yang mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit bagi nelayan dengan nilai lebih dari 3 Milyar Rupiah. Permasalahan tersebut diatas menimbulkan kerusakan ekosistem danau sehingga memerlukan pengelolaan yang terpadu dan intensif.

Kata kunci : *Fungsi strategis, ekosistem, kematian massal ikan*

ABSTRACT

Danau Batur is one of the volcano lakes that has no outlet and receives water only from the rain. Wide of Batur Lake is about 16.6 km² with maximum depth about 73.8 m. Batur lake situated at Bangli Regency about 1080 m above sea level. The lake has been stated as one of the nine national priority lakes in Lake Conference I held on Bali 2009. Some function strategic of Batur lake are as water resources, freshwater aquaculture, tourism and religious activities. Batur lake has some problems caused by many human activities such as organic material contamination from vegetable farming, fish culture and tourism. It will result in ecological pressure such as decrease of the waters quality, eutrophication and sedimentation that would damage the ecosystem of Batur Lake. On June 2011, occurred mass death of fish in cage culture which resulted in total economic loss of more than Rp 3 billion. Because of that problem, Batur Lake needs a more integrative and intensive management.

Key words: *strategic function, ecosystem, mass death of fish*

PENDAHULUAN

Danau Batur merupakan salah satu tipe danau vulkanik, terletak dikaki Gunung Batur yang diyakini merupakan sebuah kaldera (kawah gunung berapi) purba. Geolog Belanda, Van Bemmelen menyebut Danau Batur sebagai salah satu kaldera terbesar dan terindah di dunia (Sutawidjaya, 2009). Dengan luasan mencapai 16,6 kilometer

persegi, Danau Batur merupakan danau kaldera terluas kedua di Indonesia setelah Danau Toba di Sumatera Utara. Danau Batur termasuk salah satu perairan danau vulkanik yang bersifat "closed system" yaitu tidak adanya outlet dan pasokan air hanya berasal dari air hujan yang terjadi di sekitar kawasan Danau Batur.

Konferensi Nasional Danau Indonesia I dengan tema "Pengelolaan Danau dan Antisipasi Perubahan Iklim" di Denpasar, Bali pada tanggal 13 Agustus 2009, menetapkan sembilan danau prioritas yang tersebar di tujuh provinsi sebagai percontohan pengelolaan yaitu Danau Batur, Danau Toba, Danau Singkarak, Danau Maninjau, Danau Rawa Pening, Danau Poso, Danau Tempe, Danau Limboto, dan Danau Tondano.

Danau Batur memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan masyarakat di sekitar danau khususnya dan masyarakat Bali pada umumnya yaitu sebagai sumber air minum, perkebunan, budidaya ikan dan obyek wisata. Perkembangan penduduk di sekitar danau Batur mengakibatkan perubahan di sekitar lingkungan danau. Ruang dan tanah di sekitar kawasan danau dirombak untuk menampung berbagai aktivitas manusia seperti pemukiman, karamba jaring apung, pertanian, obyek wisata dan lain-lain. Perkembangan kegiatan tersebut dapat mengakibatkan tekanan ekologis seperti penurunan kualitas perairan pada danau Batur. Masalah lain yaitu terjadi sedimentasi dan pendangkalan pada wilayah litoral akibat dari penyedotan air danau untuk aktifitas pertanian sayur. Permasalahan tersebut diatas menimbulkan kerusakan ekosistem danau sehingga memerlukan pengelolaan yang terpadu dan intensif.

KARAKTERISTIK DAN KONDISI EKOSISTEM DANAU BATUR

Berbeda dengan beberapa danau di Indonesia, Danau Batur merupakan suatu danau kaldera terletak di kaki Gunung Batur yang masih aktif dan danau ini tidak mempunyai outlet atau saluran pengeluaran air, sehingga kondisi perairan di Danau Batur bersifat tergenang (lentik), tidak banyak mengalami sirkulasi atau pergantian air. Berdasarkan Suryono *et al.* (2008) Danau Batur terletak di Kabupaten Bangli pada ketinggian 1080 m di atas permukaan laut dengan luas 16,05 km² dan kedalaman maksimal 60 m. Berdasarkan penelitian Samuel *et al* (2011) kedalaman maksimum danau Batur adalah 73,8 m.

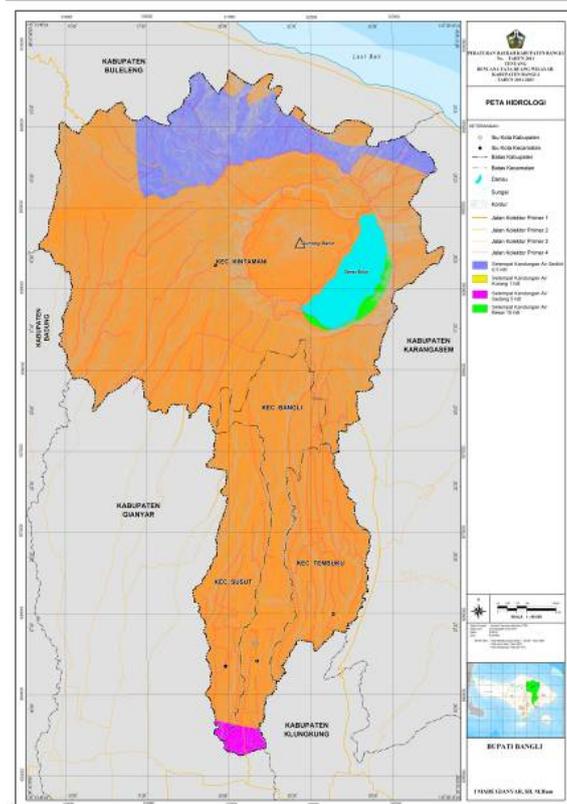
Hasil penelitian yang dilakukan oleh Samuel et al. (2011) menunjukkan bahwa fluktuasi permukaan air danau antara musim hujan dan musim kemarau pada tahun 2011 yaitu ± 1 meter. Kalau dibandingkan dengan fluktuasi perbedaan tinggi permukaan air Danau Towuti di Sulawesi Selatan antara musim hujan dan musim kemarau sebesar ± 3 meter (Samuel *et al.*, 2008), maka fluktuasi permukaan air Danau Batur antara musim hujan dengan kemarau tergolong masih rendah. Hal ini dimungkinkan karena Danau Batur yang tidak mempunyai saluran air keluar (outlet), sehingga penambahan air danau hanya berasal dari curah hujan dan pengurangan air danau berdasar pada penguapan dan penyedotan air untuk aktivitas pertanian sayur.

FUNGSI STRATEGIS DANAU BATUR

Keberadaan danau Batur memberikan fungsi yang menguntungkan bagi kehidupan manusia seperti untuk keperluan rumah tangga, pariwisata, pertanian dan perikanan. Beberapa fungsi tersebut antara lain:

a. Sebagai sumber air

Secara langsung air danau Batur memang tidak dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum. Hal ini dikarenakan danau Batur yang merupakan kaldera dari Gunung Batur memiliki nilai kesadahan yang cukup tinggi sehingga tidak baik untuk kesehatan jika langsung dijadikan sebagai bahan baku air minum. Untuk keperluan air minum masyarakat sekitar danau banyak membuat sumur di tempat tinggalnya. Namun tidak sedikit juga masyarakat yang menyedot air danau untuk keperluan rumah tangga yaitu MCK. Pada peta hidrologi (Gambar 1.) dapat terlihat bahwa banyak terdapat aliran air dalam tanah yang mengalirkan air danau Batur yang muncul menjadi mata air di beberapa tempat di Bali dan dianggap sebagai "Tirta Suci". Selain itu rembesan air dari danau batur tersebut juga merupakan sumber mata air tawar bagi sebagian besar sungai yang berada di Bali yang dapat berarti bahwa Danau Batur merupakan "tower" air raksasa yang menyuplai kebutuhan air tawar bagi masyarakat di Pulau Bali.



Gambar 1. Peta Hidrologi Danau Batur (Sumber peta Bapeda Bangli, 2011).

b. Sumber air untuk aktivitas perkebunan sayur

Selain sebagai sumber air baku untuk air minum, air dari Danau Batur juga diperuntukkan aktivitas perkebunan sayur yang ada di sekitar danau. Berbagai komoditas sayur yang ditanam meliputi bawang merah, kol, tomat dan cabai. Petani sayur sekitar danau batur menyedot air secara langsung dari danau. Wilayah barat Danau Batur yang termasuk lahan kritis tidak menyurutkan semangat petani untuk melakukan aktivitas perkebunan sayur khususnya bawang merah. Dengan menggunakan pipa atau selang air yang panjangnya hingga beberapa kilometer mereka menyedot air danau batur untuk menyirami kebun mereka yang berada di kaki Gunung Batur. Hal ini secara tidak langsung mengakibatkan volume air danau dapat berkurang secara

signifikan. Pada saat musim kemarau pengurangan volume air danau terlihat jelas. Hal ini tergambar dari batas ketinggian air yang terlihat pada wilayah Danau Batur yang berupa tebing, contohnya di sekitar wilayah Pura Jati.

c. Perikanan darat

Danau Batur merupakan salah satu wilayah perairan yang dimanfaatkan masyarakat selain oleh nelayan perikanan tangkap juga sebagai pusat kegiatan budidaya perikanan. Alat tangkap yang dominan digunakan di Danau Batur yaitu jaring insang (*gill net*). Pada tahun 2011 sesuai dengan kebijakan yang dikeluarkan dari menteri Kelautan dan Perikanan yang menetapkan danau Batur sebagai area minapolitan membuat para nelayan perikanan tangkap beralih menjadi pembudidaya (Anonymous¹, 2011). Sistem budidaya yang digunakan adalah Karamba Jaring Apung. Total produksi ikan di Danau Batur selama periode tahun 2005 – 2009 mencapai 136,3 ton (BPS Provinsi Bali, 2010).

d. Obyek wisata

Danau Batur merupakan salah satu daerah tujuan wisata yang cukup terkenal di Provinsi Bali. Banyak wisatawan mancanegara dan lokal yang tertarik untuk melihat keindahan danau serta gunung Batur. Berbagai aktivitas wisatawan disekitar danau antara lain berkunjung ke pekuburan desa adat Trunyan, pemandian air panas Toya Bungkah, *hiking* ke Gunung Batur untuk melihat matahari terbit, memancing serta minawisata. Mina wisata yang banyak dilakukan wisatawan yaitu wisata kuliner yang cukup terkenal "*be jair*". *Be* dalam bahasa Bali berarti Ikan dan *Jair* yaitu ikan Mujair yang dulu banyak terdapat di Danau Batur. Akan tetapi saat ini masakan ini lebih banyak menggunakan ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang merupakan ikan yang dominan di danau Batur sebagai bahan bakunya. Pengembangan kawasan minapolitan yang berbasis pada sektor perikanan (jaring apung) dipadukan dengan sektor perkebunan, pertanian dan usaha jasa pariwisata diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan nelayan serta dapat menambah pendapatan asli daerah setempat.

e. Kegiatan Keagamaan

Masyarakat di sekitar Danau Batur yang mayoritas beragama Hindu dan memegang konsep Tri Hita Karana. Konsep tersebut mengedepankan hubungan vertikal antara manusia dan Sang Pencipta dan hubungan manusia dengan lingkungan.

Oleh karena itu di tepi Danau Batur di bangun Pura Ulun Danu untuk menjaga keharmonisan dari konsep Tri Hita Karana tersebut.

PERUBAHAN EKOSISTEM DANAU DAN PERMASALAHAN YANG TERJADI

Perkembangan penduduk serta kegiatan pariwisata yang semakin pesat di sekitar wilayah Danau Batur kerap menimbulkan permasalahan yang kompleks sehingga memerlukan pengelolaan yang intensif. Masalah yang terjadi akan berakibat pada penurunan kualitas air danau, potensi eutrofikasi (kesuburan air yang semakin meningkat), pendangkalan yang akan merubah ekosistem danau secara keseluruhan.

Masalah pendangkalan

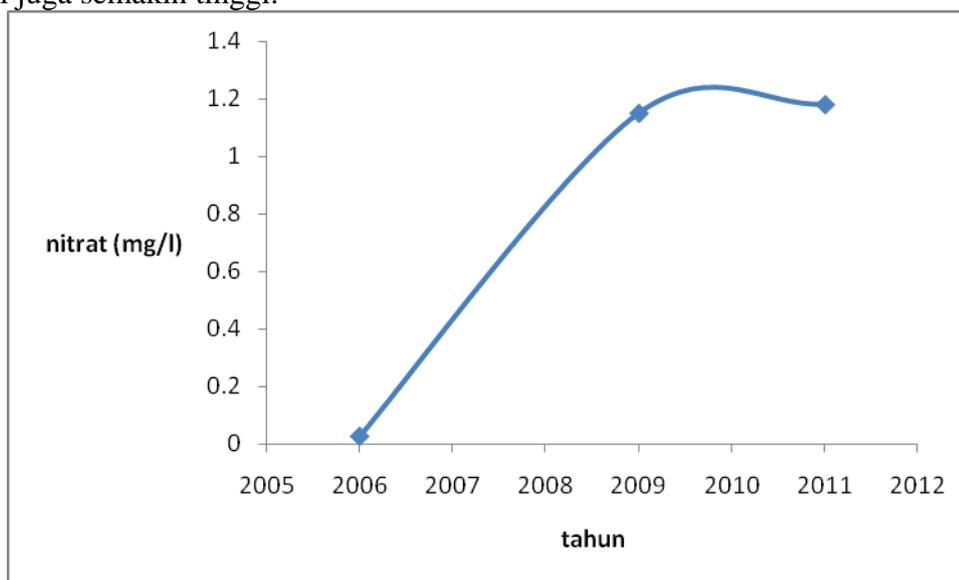
Terjadinya masalah pendangkalan di Danau Batur lebih banyak disebabkan karena turunnya tinggi muka air akibat berkurangnya volume air danau. Kurangnya curah hujan dan penyedotan air danau secara terus menerus dapat mengakibatkan pendangkalan di bagian litoral danau dan dapat merusak ekosistem danau. Namun bagi para petani sayur hal ini justru menguntungkan karena area tanaman sayur mereka menjadi semakin luas. Sedimentasi atau pendangkalan Danau Batur sudah mencapai tujuh meter.

Masalah Kualitas Air Danau

Berdasarkan hasil penelitian Samuel *et al.* (2011) kondisi perairan di Danau Batur masuk dalam kategori eutrofik ringan hingga sedang, sedangkan untuk parameter kualitas airnya menunjukkan kondisi yang masih berada di dalam ambang batas baku mutu kualitas air yang baik untuk kegiatan budidaya perikanan (Kelas III, sesuai dengan PP nomor 82 tahun 2001). Kecuali untuk parameter ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) yang sudah melebihi baku mutu yang ditetapkan, diduga kondisi tersebut dikarenakan sisa pakan yang tidak dimanfaatkan oleh ikan di KJA. Pada saat dilakukan pengambilan sample air dengan menggunakan *Kemmerer water sampler* khususnya pada kedalaman 30 m hingga ke dasar perairan tercium bau busuk (di duga sebagai gas H_2S yang bersifat toksik bagi kehidupan ikan) khususnya di stasiun Toya Bungkah, Pura Jati dan Buahah. Kondisi dasar perairan seperti ini di umpamakan seperti “macan tidur”, yang jika tekanan ekologis terhadap perairan ini semakin bertambah (missal dengan adanya

peningkatan jumlah KJA) maka sewaktu-waktu hal ini bisa menjadi bencana bagi masyarakat sekitar Danau Batur.

Pola konsentrasi nitrat di perairan Danau Batur juga menunjukkan peningkatan dari tahun 2006 – 2011 (Gambar 2). Hal ini di duga diakibatkan oleh peningkatan aktivitas manusia seperti pertanian, limbah hotel serta rumah tangga dan KJA di sekitar perairan Danau Batur sehingga tekanan ekologis yang dialami oleh danau tersebut juga semakin tinggi dan akan mengakibatkan danau semakin subur dan peluang terjadinya eutrofikasi juga semakin tinggi.



Gambar 2. Pola konsentrasi nitrat dari tahun 2006-2011 di Danau Batur.

Kejadian Kematian Massal Ikan

Pada bulan Juni 2011 telah terjadi kematian massal ikan yang mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit yaitu lebih dari 3 milyar rupiah (Wedayana, 2011). Kejadian yang diawali dengan munculnya “alga putih” yang mengakibatkan warna air seperti air cucian beras yang mengakibatkan ribuan ikan di dalam KJA seperti ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan karper (*Cyprinus carpio*) mati mendadak (Anonymous², 2011). Sedangkan jumlah ikan mati yang berada di luar KJA sangat sedikit dikarenakan ikan tersebut dapat berenang bebas menyelamatkan diri ke daerah yang belum tercemar.

Dalam laporan kegiatan Identifikasi Potensi Sumberdaya Perairan Umum di Danau Batur (Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Bali, 2005), mengatakan bahwa pada musim hujan perairan danau mendapat hembusan angin barat yang menimbulkan pergerakan gelombang ke arah barat daya dan arus air ke arah timur laut. Sebaliknya

pada musim kemarau, perairan danau mendapat hembusan angin timur yang menimbulkan gelombang bergerak ke arah timur laut dan arus perairan bergerak ke arah barat daya. Hembusan angin tersebut dapat menimbulkan adanya arus, gelombang dan turbulensi yang polanya berubah-ubah sesuai dengan arah hembusan angin.

Kejadian kematian massal ikan tersebut juga pernah terjadi pada tahun 2003. Oleh karena itu hendaknya diperlukan suatu system mitigasi bencana untuk aktivitas perikanan khususnya KJA yang tepat agar kerugian yang berulang tersebut dapat diminimalisir. Selain itu perairan danau Batur yang bersifat “*closed system*” ditambah dengan keberadaan aktivitas budidaya perikanan maka hendaknya dilakukan pengelolaan misalnya dengan pembatasan jumlah KJA agar tekanan ekologis pada perairan ini juga tidak semakin meningkat.

PENUTUP

1. Danau Batur memberikan fungsi yang menguntungkan bagi kehidupan manusia seperti untuk keperluan rumah tangga, pariwisata, pertanian dan perikanan.
2. Peningkatan aktivitas manusia seperti pertanian, limbah hotel serta rumah tangga dan KJA di sekitar perairan Danau Batur menyebabkan tekanan ekologis yang di alami oleh danau tersebut juga semakin tinggi dan akan mengakibatkan danau semakin subur dan peluang terjadinya eutrofikasi juga semakin tinggi.
3. Agar kerugian akibat bencana kematian massal ikan yang terjadi di Danau Batur dapat diminimalisir maka diperlukan suatu system mitigasi bencana khususnya bagi aktivitas perikanan budidaya.
4. Perairan danau Batur yang bersifat “*closed system*” ditambah dengan keberadaan aktivitas budidaya perikanan maka hendaknya dilakukan pengelolaan misalnya dengan pembatasan jumlah KJA agar tekanan ekologis pada perairan ini juga tidak semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous¹. 2011. Menteri Kelautan Setuju Minapolitan Danau Batur. <http://bali.antaranews.com/berita/9430>. diakses tanggal 16 September 2011
- Anonimous². 2011. Danau Batur tercemar Puluhan Ton Ikan Mati. <http://travel.okezone.com/read/2011/06/22/407/471264> . Diakses tanggal 24 Juni 2011

- Anonimous³. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001 Tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Jakarta. 38 p.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Bali. 2010. Bali dalam Angka. Katalog BPS No. 1102001.51: 465p.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Bali. 2005. Identifikasi Potensi Sumberdaya Perairan Umum di Danau Batur. Denpasar, Bali. 78 p.
- Samuel, D. Wijaya, P.R.P. Masak, M. Jahri, S. Selamat dan B. Irawan. 2008. Kajian Potensi Sumberdaya Ikan dan Bioekologi Ikan Endemik di Danau Towuti Sulawesi Selatan. Laporan Teknis Riset Tahun Anggaran 2008, Balai Riset Perikanan Perairan Umum, Palembang. 79 p.
- Samuel, Subagdja, NK Suryati, V. Adiansyah, T. Hifni, YP. Pamungkas. 2011. Karakteristik Lingkungan, Biologi Ikan, dan Potensi Pengembangan Perikanan di Danau Batur Provinsi Bali. Laporan Teknis Riset tahun anggaran 2011. Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum. 109p
- Suryono, T., F. Sulawesty, S. Sunanisari, Cynthia H, Triyanto, G.S. Haryani, G.S. Aji, R.L. Toruan, T. Tarigan, G.P. Yoga, I. Ridwansyah, S. Nomosatryo, Y. Mardiaty, E. Maulana dan Rosidah, 2008, Kajian Pengembangan Karakteristik Limnologis Perairan Darat di Indonesia, Laporan Teknis 2008, Program Penguatan Kelembagaan Iptek, Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Cibinong.
- Sutawidjaja, Igan S. 2009. Ignimbrite Analyses of Batur Caldera, Bali, based on ¹⁴C Dating. Journal Geologi Indonesia. Vol 4 No. 3: 189-202
- Wedayana, I.M.O., I. K. Ariana dan I. G. Orto. 2011. Laboran hasil investigasi dan pemantauan letusan belerang di Danau Batur,. Dinas Peternakan dan Perikanan Darat Kabupaten Bangli. 20 p.

ANALISIS STATUS KEBERLANJUTAN UNTUK PENGEMBANGAN PENGELOLAAN PADA DANAU LIMBOTO PROVINSI GORONTALO

Hasim¹, Asep Sapei², Sugeng Budiharsono³ dan Yusli Wardiatno⁴

¹Mahasiswa S3 Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PSL) IPB

²Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan –IPB

³Program Studi PSL IPB

⁴Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan,
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan –IPB

ABSTRACT

Ministry of Environment have identified 15 critical lakes and priorities to be addressed. One of them is Limboto Lake in Gorontalo province. The depth of Limboto Lake in 1932 was 30 m with an area of 8,000 ha, whereas in 2009 the depth was 2.5 m with an area of 2,537 ha. Lake Limboto is very important in terms of social, economic, and ecological and it should be preserved. Therefore it needs a study on the management for Lake Limboto sustainability analysis as a foundation for more effective management of the lake. Aims of the study are: (1) to analyze the sustainability index and multi-dimensional status of Limboto Lake, includes the dimensions of ecological, social, economic, institutional and technology, and (2) to analyze the sensitive attributes to the sustainable management of Limboto Lake. The Multi-Dimension Scaling (MDS) is used as analysis tool of management sustainability. The analysis showed that the ecological dimension is 18.59% (bad condition), the economic dimension of sustainability index is 62.90% (fairly continuous), the social dimension of sustainability index is 45.18% (less sustainable), policy and institutional dimensions is 39.72% (less sustainable), while the technology-infrastructure dimension is 38.79% (fairly continuous). The multi-dimensions value is 38.68 (less sustainable). Sensitive attribute analysis results indicate that there are 21 sensitive attributes among 45 total analyzed attributes that influence the management of Limboto.

Key words: sustainability status, sensitive attributes, Limboto Lake

PENDAHULUAN

Danau Limboto merupakan danau terbesar di Provinsi Gorontalo. Secara administrasi danau ini terletak di Kabupaten Gorontalo dan Kota Gorontalo. Danau Limboto berada pada dataran rendah yaitu ± 25 m dpl dan posisinya di pinggir Kota Gorontalo. Secara fisiografis lanskap tangkapan air danau Limboto memiliki kelerengan yang beragam, yaitu: sangat curam 6,71 %, curam 42,80 %, agak curam 3,03 %, landai 4,24 % dan datar 43,22 % (BPDAS Bone-Bolango, 2003). Danau Limboto memiliki peran strategis, yaitu diantaranya: (i) aspek ekologis sebagai reservoir alami limpasan air sungai yang masuk dari daerah tangkapan airnya atau pengendali banjir, (ii) menyediakan sumberdaya ekonomi penting perikanan (budidaya dan tangkap), (iii) pengembangan wisata alam, (iv) sumber potensial air bersih, (v) mengandung

biodiversity untuk laboratorium alami, dan (vi) untuk petanian, (Kementerian Lingkungan Hidup, 2008).

Badan Riset Perikanan Tangkap DKP (2008) menyatakan bahwa terdapat 17 desa yang berbatasan langsung dengan perairan danau Limboto. Mayoritas penduduknya secara langsung ataupun tidak langsung sangat tergantung secara ekonomi terhadap danau Limboto. Misalnya sebagai nelayan, pembudidaya ikan dan pedagang ikan. Menurut Sarnita *et al.* (1993) perikanan budidaya dengan sistem KJA (Karamba jarring Apung) telah diperkenalkan di danau ini sejak tahun 1980-an.

Kebijakan Pemerintah Provinsi Gorontalo ingin menjadikan danau Limboto sebagai pusat pengembangan perikanan air tawar. Namun sisi lain, kondisi danau Limboto semakin memprihatinkan yang ditunjukkan oleh semakin dangkalnya perairan dan luasannya semakin menyempit. Kedalaman danau tahun 1930 adalah 30 meter dengan luas 8000 Ha, sedangkan tahun 2007 kedalamannya menjadi 2,5 meter dengan luas 3000 Ha (Akuba & Biki, 2007).

Menurut Matsushita *et al.* (2006), Mao & Cherkauer (2009) perubahan kawasan daerah tangkapan air suatu danau oleh aktivitas pembangunan ekonomi akan menekan kondisi perairan danau. Hal yang sama disampaikan oleh Suhardi (2005), yaitu fenomena perubahan tutupan lahan yang menunjukkan pengaruhnya terhadap luasan genangan air di danau Dusun Besar. Oleh karena itu degradasi danau Limboto bukan peristiwa yang berdiri sendiri. Disamping aktivitas ekonomi yang terjadi di perairan danau Limboto, kondisi daratan danau juga memberikan pengaruh terhadap keberadaan danau Limboto. Disampaikan oleh Lihawa (2009) bahwa erosi faktual sangat tinggi di DAS Limboto yang airnya masuk ke dalam danau, sehingga sedimentasi di danau Limboto sangat tinggi (BP DAS Gorontalo, 2010).

Uraian tersebut memberikan tafsiran bahwa kebijakan pengelolaan sumberdaya alam yang integral masih lemah. Pembangunan berlangsung secara sektoral yaitu untuk memenuhi tujuan tertentu dan mengabaikan aspek keterpaduan (Haryani, 2002). Sejalan dengan hal tersebut disampaikan Marifa (2005) bahwa terdapat dua masalah kebijakan dan kelembagaan pengelolaan sumberdaya alam di Indonesia, yaitu: (1) inkonsistensi kebijakan dan (2) lemahnya koordinasi. Implikasinya terjadi tumpang tindih kewenangan yang bermuara pada pengelolaan sumberdaya alam yang tidak efektif dan efisien. Sedangkan Salim (2005) dan Kementerian Lingkungan Hidup (2008)

menyatakan kerusakan lingkungan di Indonesia termasuk danau sebagai bentuk dari perencanaan pembangunan yang semata berorientasi ekonomi dari pada faktor keseimbangan lingkungan. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan LIPI dan PU (2006) bahwa salah satu masalah mendasar dari kerusakan ekosistem danau Limboto ialah kebijakan pengelolaan yang belum komprehensif dan lemahnya koordinasi.

Kondisi pengelolaan danau Limboto tersebut jika tetap dibiarkan seperti sekarang maka proses degradasi tetap akan berlangsung masif. Artinya seluruh aktivitas ekonomi yang memanfaatkan ekosistem danau Limboto akan terancam hilang. Implikasinya ledakan kantong kemiskinan akan bertambah, khususnya penduduk yang menjadikan sektor perikanan danau sebagai pilihan terakhir hidupnya. Implikasi lainnya ialah fungsi ekologis danau mengalami penurunan. Artinya dampak langsung dan tidak langsung dari degradasi danau Limboto akan menimbulkan kerugian ekonomi, sosial, lingkungan yang besar bagi masyarakat.

Beberapa penelitian telah banyak dilakukan di perairan danau Limboto khususnya yang terkait aspek limnologinya, diantaranya Sarnita *et al.* (1993) tentang pengembangan perikanan di danau Limboto, dan Krismono *et al.* (2009) tentang karakteristik kualitas air danau Limboto Provinsi Gorontalo. Disamping itu penelitian terkait status keberlanjutan pengelolaan danau Limboto dalam berbagai dimensi juga dianggap penting untuk dilakukan, mengingat permasalahan danau yang sangat kompleks. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan pengelolaan yang lebih efektif.

Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) menganalisis indeks dan status keberlanjutan pengelolaan terpadu danau Limboto dari dimensi ekologi, sosial, ekonomi, kelembagaan dan teknologi-infrastruktur, dan (2) menganalisis atribut sensitif terhadap keberlanjutan pengelolaan danau untuk disain kebijakan pengelolaan danau Limboto.

METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Danau Limboto Provinsi Gorontalo. Danau ini secara ekologis terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, yang secara geografis terletak pada 122° 42' 0.24" – 123° 03' 1.17" BT dan 00° 30' 2.035" – 00° 47' 0.49" LU.

Lokasi pengambilan data sosial mencakup dua lokasi yaitu di pesisir danau meliputi Kecamatan Batudaa, Telaga Jaya dan Kecamatan Kota Barat. Sedangkan bagian hulunya di hulu Alo Puhu dan Bionga. Waktu penelitian bulan September-Februari 2011.

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan adalah data primer berupa atribut-atribut yang terkait dengan lima dimensi keberlanjutan pembangunan yaitu: dimensi ekologi, ekonomi, teknologi/infrastruktur, sosial serta kelembagaan. Data primer bersumber dari para responden dan pakar yang terpilih berjumlah 9 orang dari kalangan akademisi, LSM, dan birokrat, serta hasil pengamatan langsung di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder diperoleh dari sumber pustaka dan dokumen beberapa instansi yang terkait dengan penelitian, meliputi antara lain: dokumen statistik Gorontalo dalam Angka, dokumen perencanaan RTRW Provinsi Gorontalo, serta kondisi tutupan lahan yang diperoleh hasil analisis citra landsat tahun 2000, 2003, 2006, dan 2009 dari Kementerian Kehutanan.

Analisis Data

Analisis keberlanjutan pengelolaan Danau Limboto dilakukan dengan metode pendekatan *Multi Dimensional Scaling* (MDS). Analisis ini dilakukan melalui beberapa tahapan antara lain:

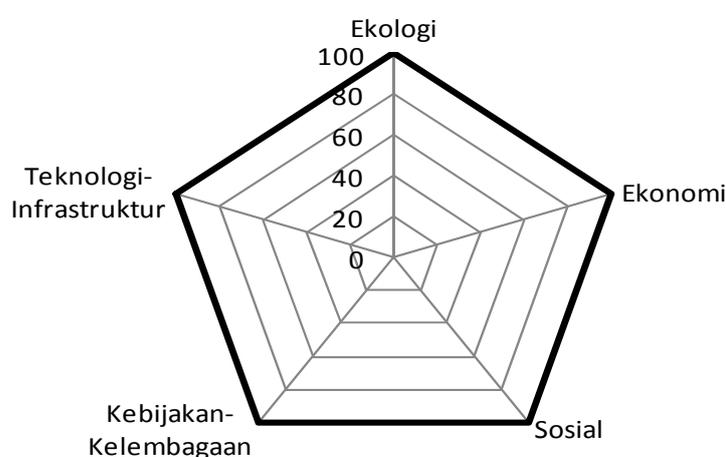
- Penentuan atribut berkelanjutan pengelolaan danau yang mencakup lima dimensi yaitu: ekologi, ekonomi, sosial budaya, Infrastruktur/ teknologi serta kelembagaan.
- Penilaian setiap atribut dalam skala ordinal berdasarkan kriteria keberlanjutan setiap dimensi.
- Penyusunan indeks dan status keberlanjutan.

Hasil skor dari setiap atribut dianalisis dengan *multi dimensional scaling* untuk menentukan titik yang mencerminkan posisi keberlanjutan terhadap dua titik acuan yaitu titik baik (*good*) dan titik buruk (*bad*). Skor perkiraan setiap dimensi dinyatakan dengan skala terburuk (*bad*) 0% sampai yang terbaik (*good*) 100%. Adapun nilai skor yang merupakan nilai indeks keberlanjutan setiap dimensi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Kategori status keberlanjutan pengelolaan Danau Limboto

Nilai Indeks	Kategori
0,00-25,00	Buruk (tidak berkelanjutan)
25,01-50,00	Kurang (kurang berkelanjutan)
50,01-75,00	Cukup (cukup berkelanjutan)
75,01-100,00	Baik (sangat berkelanjutan)

Melalui metode MDS, maka posisi titik keberlanjutan dapat divisualisasikan dalam bentuk diagram layang-layang (*kite diagram*) terlihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Ilustrasi Indeks Keberlanjutan Setiap Dimensi

Metode MDS juga menyediakan analisis *leverage* yaitu untuk mengetahui atribut yang sensitif terhadap keberlanjutan danau. Selanjutnya untuk menganalisis umur danau dilakukan analisis pendangkalan dan luasan danau menggunakan pendekatan model dinamik dengan bantuan perangkat powersim konstruktor versi 2.5. Powersim ialah paket program software visual untuk membantu mengkopsesualisasi, membangun dan menguji model dinamik. Data yang dibutuhkan mencakup luasan danau, kedalaman danau, luasan penggunaan lahan, erosi, luas DAS, jumlah penduduk minimal dalam dua tahun berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status Keberlanjutan Dimensi Ekologi

Berdasarkan analisis menggunakan MDS nilai indek dimensi ekologi yaitu 18.59. Artinya pengelolaan danau dalam dimensi ekologi tidak berlanjut (buruk). Selanjutnya atribut yang diperkirakan memberikan pengaruh terhadap keberlanjutan pengelolaan danau Limboto dari dimensi ekologi yaitu: (1) luasan KJA, (2) pola pertanian, (3) luas tanaman air, (4) sedimentasi, (5) luas hutan, (6) erosi, (7) kondisi perairan danau, (8) pola penggunaan lahan, dan (9) aktivitas sempadan danau.

Status Keberlanjutan Dimensi Ekonomi

Hasil analisis MDS terhadap dimensi ekonomi keberlanjutan pengelolaan danau Limboto menunjukkan bahwa nilai indek dimensi ekonomi ialah 62,90. Artinya dimensi ekonomi pengelolaan danau Limboto berkelanjutan. Atribut yang diperkirakan memberikan pengaruh terhadap dimensi ini ialah: (1) jumlah sumberdaya ekonomi di danau, (2) harga ikan, (3) pemasaran, (4) jumlah pasar ikan, (5) keuntungan usaha perikanan, (6) ketergantungan konsumen terhadap ikan danau, (7) penduduk bermatapencaharian perikanan, (8) obyek wisata, dan (9) penduduk miskin.

Status Keberlanjutan Dimensi Sosial

Berdasarkan analisis menggunakan MDS, maka indeks dimensi sosial keberlanjutan pengelolaan danau Limboto adalah 45.18. Artinya dimensi sosial dalam pengelolaan danau Limboto kurang berlanjut. Atribut yang diperkirakan memberikan pengaruh terhadap dimensi ini ialah: (1) jumlah penduduk yang bekerja di danau, (2) ketergantungan sosial-budaya terhadap danau (3) partisipasi, (4) konflik pemanfaatan lahan di danau dan sempadan danau, (5) penyuluhan kelestarian danau, (6) tingkat pendidikan masyarakat, (7) pengetahuan tentang lingkungan, (8) jumlah desa yang penduduknya bekerja di danau, dan (9) peran tokoh lokal.

Status Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan

Dimensi kelembagaan untuk keberlanjutan pengelolaan danau Limboto indeks keberlanjutannya adalah 39,72. Artinya dimensi kelembagaan dalam pengelolaan danau Limboto adalah kurang berlanjut. Atribut yang diperkirakan memiliki pengaruh terhadap dimensi kelembagaan ialah: (1) perda pengelolaan danau Limboto, (2) kelembagaan lokal, (3) forum konservasi, (4) sinkronisasi kebijakan, (5) mekanisme

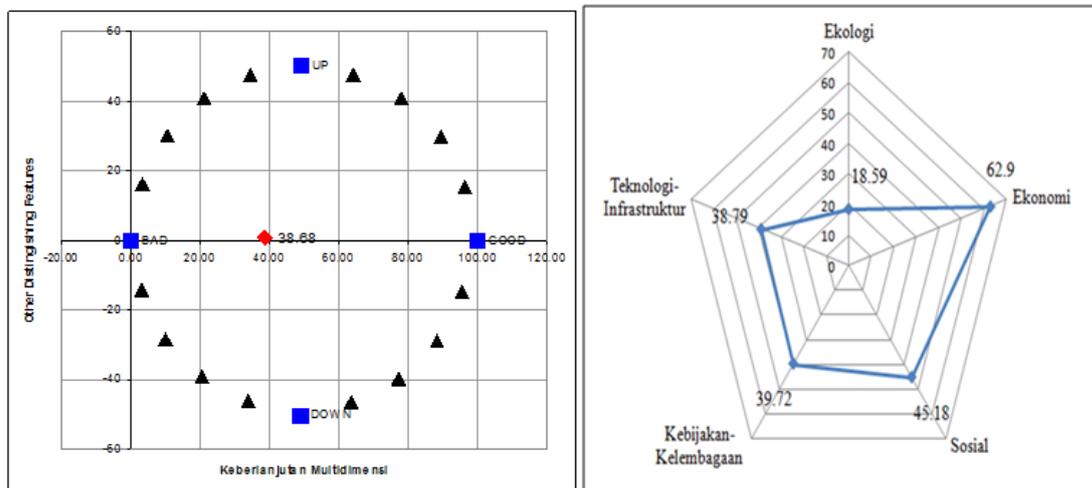
lintas sektor, (6) kelembagaan khusus, (7) kemitraan, (8) peran RTRW, dan (9) pranata hukum adat/agama.

Status Keberlanjutan Dimensi Teknologi-Infrastruktur

Hasil analisis MDS menunjukkan bahwa indeks dimensi teknologi keberlanjutan pengelolaan danau Limboto ialah 38,79. Artinya ialah dimensi teknologi dan infrastruktur dalam pengelolaan danau Limboto adalah kurang berlanjut. Kemudian atribut yang diperkirakan memiliki pengaruh terhadap dimensi teknologi ialah: (1) monitoring kualitas air, (2) sarana prasarana sampah, (3) teknologi pertanian ramah lingkungan, (4) teknologi perikanan tangkap, (5) teknologi BDP, (6) pengendalian sedimen, (7) pengendalian banjir, (8) pemanfaatan eceng gondok, dan (9) teknologi aerasi.

Status Keberlanjutan Multidimensi

Hasil analisis Rap-LAKE multidimensi keberlanjutan pengelolaan danau Limboto agar lestari fungsi-fungsinya, diperoleh hasil 38.68% dan termasuk kedalam status kurang berlanjut. Nilai ini diperoleh berdasarkan penilaian 45 atribut yang mencakup dimensi ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan dan teknologi-infrastruktur.



Gambar 2. Indeks keberlanjutan multidimensi dan indeks masing-masing dimensi

Analisis Monte Carlo menunjukkan bahwa nilai indeks keberlanjutan pengelolaan terpadu danau Limboto hasil analisis RAP-LAKE antara analisis MDS dengan Monte Carlo pada taraf kepercayaan 95 % tidak mengalami perbedaan (Tabel 2). Kecilnya perbedaan hasil dua analisis tersebut menunjukkan bahwa: (1) kesalahan dalam pembuatan skor dalam atribut relatif kecil, (2) ragam pemberian skor akibat

perbedaan opini relatif kecil, (3) proses analisis yang dilakukan secara berulang relatif stabil, dan (4) kesalahan dalam pemasukan data dan data yang hilang dapat dihindari.

Tabel 2 Hasil analisis Monte Carlo untuk nilai RAP-LAKE pada selang kepercayaan 95 persen

No	Dimensi Keberlanjutan	Nilai Keberlanjutan (%)		Indeks Perubahan
		MDS	Monte Carlo	
1	Ekologi	18.59	18.70	0.11
2	Ekonomi	62.90	62,60	0.30
3	Sosial	45.18	45.27	0.09
4	Kelembagaan-Kebijakan	39.72	39.20	0.52
5	Teknologi-Infrastruktur	38.79	38.60	0.19

Hasil analisis Rap-Lake menunjukkan bahwa semua atribut yang dikaji terhadap status keberlanjutan pengelolaan danau Limboto cukup akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai stress yang dibawah angka 0,25 dan nilai koefisien determinasinya 0,95. Hal ini sesuai dengan pendapat Fauzi & Anna (2007) yang menyatakan bahwa hasil analisis cukup memadai apabila nilai stress lebih kecil dari 0,25 (25 %) nilai koefisien determinasinya mendekati nilai 1,0 (Tabel 3).

Tabel 3 Nilai Stress dan koefisien determinasi pada RAP-LAKE

Pengelolaan danau Limboto.

Parameter	DIMENSI KEBERLANJUTAN					
	EKOLOGI	EKONOMI	SOSIAL	KELEMBAGAN	TEKNOLOGI	MULTI DIMENSI
Stress	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
R ²	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Analisis Atribut Sensitif

Hasil analisis *leverage* yang dilakukan terhadap kelima dimensi ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan dan teknologi, menghasilkan 21 atribut sensitif. Atribut sensitif tersebut berperan sebagai faktor pengungkit (*leverage factor*) terhadap masing-masing dimensi secara parsial. Oleh karena itu data tersebut menjadi dasar informasi

tentang atribut yang perlu ditingkatkan dan dijaga kualitasnya. Diharapkan adanya perlakuan tersebut terhadap atribut-atribut sensitif maka indeks keberlanjutan pengelolaan Danau Limboto akan meningkat. Atribut sensitif disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Atribut sensitif keberlanjutan pengelolaan Danau Limboto

Dimensi	No	Atribut	Skor
Ekologi	1	Pola Penggunaan Lahan	5.07
	2	Luas Hutan	4.81
	3	Erosi	3.20
	4	Sedimentasi	2.95
	5	Kondisi Perairan Danau	2.82
	6	Pola Pertanian	2.70
Ekonomi	7	Pasar Produk	3.79
	8	Daerah Pemasaran	4.29
	9	Keuntungan Usaha	3.48
	10	Ketergantungan Konsumen	3.39
	11	Pddk BMT di danau	3.20
	12	Obyek Wisata	2.26
Sosial	13	Pendidikan	5.70
	14	Penyuluhan	4.81
Kebijakan- kelembagaan	15	Mekanisme Lintas Sektor	4.62
	16	Kelembagaan Danau	4.39
	17	Forum Konservasi	2.63
	18	Sinkronisasi	2.54
	19	Kelembagaan Lokal	2.46
Teknologi- Infrastruktur	20	Penggunaan TPRL	4.24
	21	Pengendalian Sedimen	3.49

Tabel di atas memberikan informasi bahwa jumlah atribut sensitif setiap dimensi bervariasi. Oleh karena itu perbaikan status keberlanjutan pengelolaan Danau Limboto disamping didasarkan atas atribut yang paling sensitif juga atribut lainnya sesuai daya dukung sumberdaya yang tersedia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Indeks keberlanjutan multidimensi pengelolaan danau Limboto ialah 38.68 artinya status keberlanjutan pengelolaan Danau Limboto kurang;
2. Dimensi yang memiliki keberlanjutan cukup ialah dimensi ekonomi sedangkan lainnya kurang berlanjut;
3. Atribut yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap keberlanjutan pengelolaan terpadu danau Limboto ialah 21 atribut.

Saran

Berdasarkan hasil analisis MDS tersebut, maka disarankan disusun kebijakan dengan mempertimbangkan atribut-atribut yang memiliki sensitivitas terhadap keberlanjutan pengelolaan danau Limboto, dan perlu memprioritaskan perbaikan kebijakan yang indeks dimensinya sangat rendah atau rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akuba R, Biki R. 2008. Danau Limboto The Sunrise Lake. Badan Lingkungan Hidup Riset dan Teknologi. Gorontalo
- Badan Riset Kelautan dan Perikanan. 2008. Monografi Sumberdaya Perikanan Danau Limboto. Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Bone-Bolango. (2003). Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Limboto. Departemen Kehutanan Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial.
- Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Bone-Bolango. (2010). Penyusunan Pengelolaan DAS Limboto Terpadu. Departemen Kehutanan Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial.
- Fauzi A dan Anna Z. 2005. Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan. Untuk Analisis Kebijakan. Jakarta, Gramedia.
- Haryani GS. 2002. Menuju Pemanfaatan Sumberdaya Perairan Darat Berkesinambungan: Permasalahan dan Solusinya dalam Prosiding Limnologi LIPI.
- Kementerian Negeri Lingkungan Hidup. 2008. Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau. Jakarta

- Krismono, Astuti LP, Sugiarti Y. 2009. Karakteristik Air Danau Limboto Provinsi Gorontalo. *Jurnal Penelitian Perikanan* 5:59-68.
- Kumurur VA.2001. Kondisi Pemanfaatan Ruang Darat di Kawasan Sekitar Danau Moat, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara. *Ecoton*.1 (1).
- Mao D, Cherkauer. 2009. Impacts of Land Use Change On hydrologic Responses in the Great Lake Region. *Journal of Hydrology*, 374: 71-82.
- Marifa I. 2005. Institutional Transformation for Better Policy Implementation and Forcement. In in Resosudarmo (edt): *The Politics and Economics of Indonesia's Natural Resources*. ISEAS, Singapore.
- Matsushita B, Xu M, Fukushima T. 2006. Characterizing the Changes in Landscape Structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan Using a High Quality GIS Dataset. *Landscape and Urban Planning* 78:241-250.
- Salim E.2005. Looking Back To Move Forward. Preface in Resosudarmo (edt): *The Politics and Economics of Indonesia's Natural Resources*. ISEAS, Singapore.
- Sarita A, Purnomo K, Umar C, Setyaningsih L. 1994. Laporan Hasil Penelitian Perikanan Danau Limboto. Sub Balai Penelitian Perikanan Air Tawar Jatiluhur, Departemen Pertanian.
- Suhardi, 2005. Perubahan Penutupan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Cadangan Air Pada Daerah Tangkapan Air Danau Dusun Besar. *Jurnal Ilmu- Ilmu Pertanian Indonesia*. Volume 7, No. 1.
- Wetzel RG, Gopal B.1999. *Limnology in Developing Countries Volume 2*. International Assosiation Theoritical and Applied Limnology.

INUNDATION AND WATER LEVEL DYNAMICS OF THE MAHAKAM CASCADE LAKES FROM SATELLITE RADAR AND ON-GROUND OBSERVATIONS

Hidayat^{1,2}, F. Setiawan¹, U. Handoko¹,
D.H. Hoekman², M.A.M. Vissers³, A.J.F. Hoitink^{2,4}

¹Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, Cibinong, 16911

²Environmental Science Dept., Wageningen University, Wageningen, Netherlands

³SarVision BV, Wageningen, The Netherlands

⁴Dept. of Physical Geography, Utrecht University, Utrecht, Netherlands

Email korespondensi: hidayat.hidayat@wur.nl

ABSTRAK

Danau-danau di Mahakam tengah merupakan bagian dari lahan basah di Kalimantan Timur yang memiliki peran penting secara ekologis. Informasi mengenai dinamika genangan danau diperlukan sebagai data dasar untuk kajian terpadu mengenai banjir, proses ekologis, dan kerentanan sistem untuk perencanaan, disain, pelaksanaan kebijakan pengelolaan lahan dan langkah-langkah mitigasi. Penginderaan jauh dengan radar sangat cocok untuk identifikasi, pemetaan, dan pengukuran di lahan basah tropis karena tidak terganggu oleh tutupan awan dan dapat bekerja baik siang maupun malam. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dinamika genangan danau-danau kaskade Mahakam (Jempang, Semayang, Melintang) dari serangkaian citra radar dan pengukuran kedalaman danau dan tinggi muka air di lapangan. Serangkaian citra PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) dari tahun 2007—2010 dikoleksi untuk studi ini. Pengukuran tinggi muka air dilakukan dengan menggunakan transduser tekanan selama periode April 2008 sampai Agustus 2009. Selama periode ini, variasi tinggi muka air danau mencapai 3.5 m. Pengukuran batimetri danau dilakukan dengan menggunakan echo-sounder. Variasi luasan danau diperoleh dari evaluasi nilai backscatter radar terhadap nilai ambang backscatter radar untuk area perairan terbuka. Dari statistik backscatter radar area danau dan sungai yang diketahui memiliki genangan permanen, diperoleh nilai ambang -25.1 to -11.2 dB untuk deteksi genangan pada perairan terbuka. Peta luasan danau yang diperoleh dari serangkaian citra PALSAR menunjukkan variasi area genangan yang cukup tinggi pada danau-danau Mahakam. Tingginya variasi ini berhubungan dengan karakteristik danau-danau tersebut sebagai danau paparan banjir.

Kata Kunci: dinamika genangan, danau-danau mahakam, tinggi muka air, batimetri, radar

ABSTRACT

Lakes in the middle Mahakam area are part of an ecologically important wetland in East Kalimantan. Information on lake inundation dynamics is required as baseline data for integrated assessment of flood dynamics, ecological processes, and vulnerability required in planning, designing, and operating land management policies and mitigation measures. Radar remote sensing is well-suitable for identification, mapping, and measurement of tropical wetlands, for its cloud unimpeded sensing and night and day operation. We aim to gain insight into inundation dynamics of the Mahakam cascade lakes (Jempang, Semayang, Melintang) from a series of radar images and on-ground lake depth and water level measurements. We collected a series of PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) images in the years 2007—2010. Water level measurements were carried out at the lakes using pressure transducer from April 2008 through August 2009. The amplitude of lake water level variation exceeds 3.5 m. Bathymetry measurements were carried out using a single beam echo-sounder. Variation of lake extent was obtained by evaluating radar backscatter values against a threshold for open water area. From statistics of radar backscatter over regions covering the permanently inundated river and lakes, we obtained a threshold value of -25.1 to -11.2 dB for open water flooding detection. The lake extent map

obtained from PALSAR image series showed there is a large variation in inundation area of the Mahakam lakes. Such a large variation is attributed to their nature as floodplain lakes.

Keywords: *inundation dynamics, Mahakam lakes, water level, bathymetry, radar*

INTRODUCTION

Lakes in the middle Mahakam area (Fig. 1) have a vital role in discharge regulation for the lower Mahakam region. They have a function as a buffer to store water during the high flow condition and release it during low flow. Three main lakes in the middle Mahakam area known as the Mahakam cascade lakes are Semayang, Melintang, and Jempang lakes. Water level records at locations upstream of the Mahakam lakes area in Melak, in lake Jempang, and downstream of the Mahakam lake area in Muara Kaman indicate that some peaks of water level were shaved by the lake filling and emptying mechanism (Hidayat, 2011). However, due to data unavailability, the lake buffering effect has not been quantified to date. Information on lake inundation dynamics is required as baseline data for integrated assessment of flood dynamics, ecological processes, and vulnerability required in planning, designing, and operating land management policies and mitigation measures. This study aims to gain insights into inundation dynamics of the Mahakam cascade lakes from a series of radar images and on-ground lake depth and water level measurements.

Data scarcity in the spatial and temporal domains is imminent issue in an ungauged basin such as the Mahakam catchment. Remote sensing is considered to be a solution to many problems in hydrology by the current trend of ever increasing data availability. Radar remote sensing has a special role in this issue as it is unconstrained by cloud cover and day and night functioning. Most surface water features are detectable on radar imagery because of the contrast in return between the smooth water surface and the rough land surface (Lewis, 1998). These advantages support the suitability of radar technology for hydrological application in the humid tropics.

Time series of L-band radar data such as the JERS-1 images have been applied to acquire information on the hydrology in peat swamps (Hoekman, 2007). Synthetic aperture radar (SAR) with all weather and day and night capabilities as well as the specular reflection of microwaves from open smooth water bodies resulting in dark tones on the image can be used to evaluate 1D or 2D flood inundation models (Schumann et al., 2008). Combination of Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)

data, time series of JERS-1 images and field measurement can be applied to study the temporal dynamics of lake water mixture and fluxes between the river and floodplain along the river (Bonnet et al., 2008).

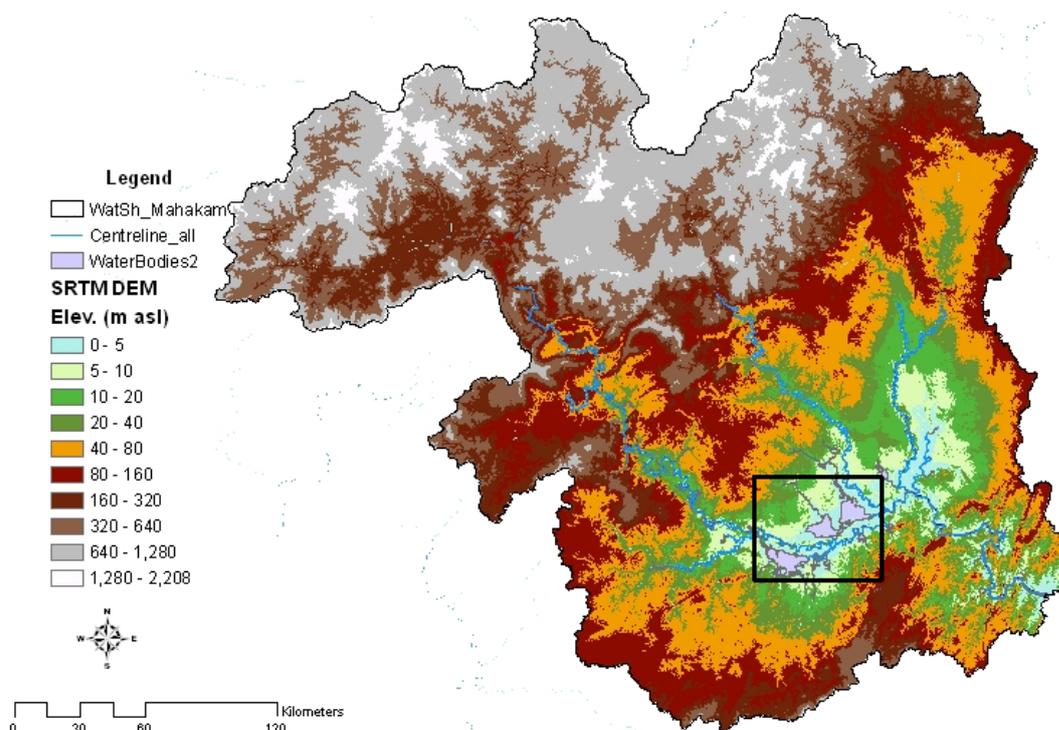


Fig. 1. The Mahakam catchment upstream of the delta apex plotted on a digital elevation model obtained from SRTM data. The rectangle indicates the study area.

METHODS

Water level measurements were carried out at the lakes using pressure transducer from April 2008 through August 2009 at locations described in Table 1. The pressure transducers were placed in a PVC tube on the level that they are not flooded during high water condition Fig. 2. Bathymetry measurements were carried out by navigating across the lake using a single beam echo-sounder at a relatively coarse resolution of about 500 m (Fig. 3).

Table 1. Water level measurement locations at the Mahakam cascade lakes.

No	Location	Lat (S)	Lon (E)	Descriptions
1.	Pela Semayang	0.239	116.536	WL in the channel (village) near L. Semayang
2.	Lake Melintang	0.293	116.270	WL near Teluk Tuk peat at L. Melintang shore
3.	Lake Jempang	0.496	116.188	WL In village Pulau Lanting at the shore of L. Jempang

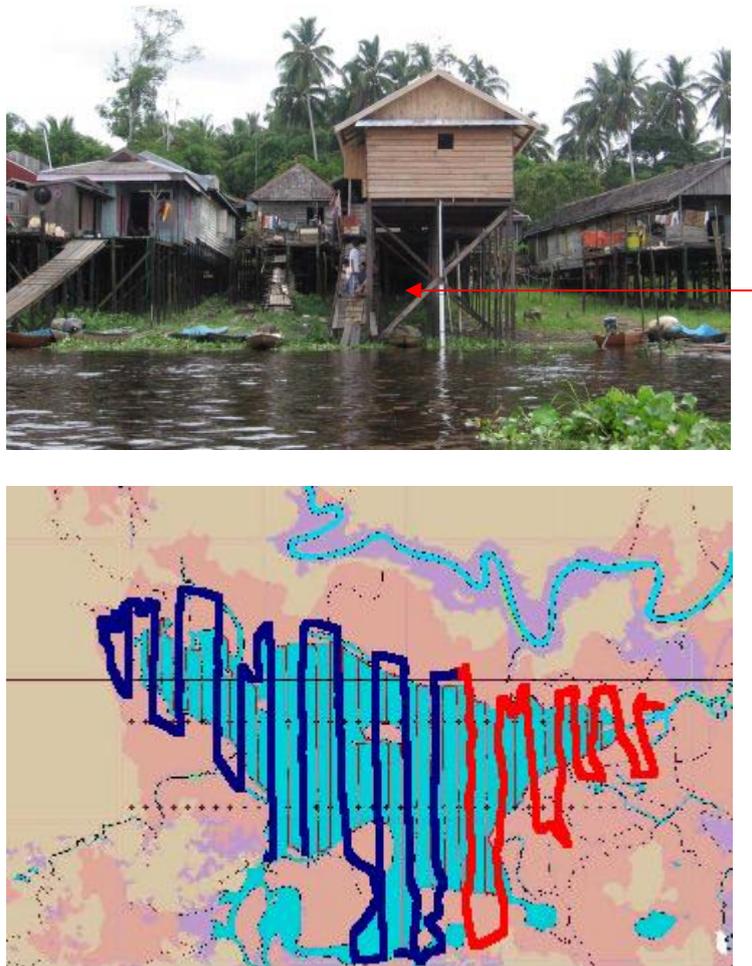


Fig 2. (top) Location of water level measurement at the shore of Lake Jempang. The arrow indicates the PVC tube that holds the pressure sensor. (bottom) Bathymetry tracks at lake Jempang taken during high water period of March 2009.

A series of PALSAR (Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar) images in the years 2007—2010 are collected. The PALSAR images covering the Mahakam lakes area with a pixel spacing of 75 m was provided by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). The images were radiometrically calibrated, orthorectified

using 3" SRTM data and corrected for slope illumination effects. These geocoded data were then chronologically stacked into a layered multi-temporal radar image suitable for time-series analysis. We carried out the Principal Component Analysis (PCA) to reveal the inundation dynamics of the study area from combination of multi temporal PALSAR images. Variation of lake extent was obtained by evaluating radar backscatter values against a threshold for open water area. From statistics of radar backscatter over regions covering the permanently inundated river and lakes (Hidayat, 2012), a threshold value of -25.1 to -11.2 dB was used for lake inundation detection. The flood frequency was determined by evaluating pixels in the images used as input against the lower and the upper threshold values. The pixel was flagged as flooded if its backscatter value falls within the range of the lower and upper thresholds. An image with pixel values of counts of the flooded flag was obtained, which was then color mapped. Herein, flood frequency is defined as a sum of flood counts encountered in each image pixel based on the evaluation of PALSAR time series.

RESULTS AND DISCUSSION

On-ground measurements

Figure 3 shows water level at Lake Jempang during the measurement period. Similar water level patterns are obtained for lake Semayang and Melintang. The amplitude of lake water level variation exceeds 3.5 m indicating a huge amount of water is stored in the Mahakam cascade lakes along with other smaller lakes and their adjacent floodplain areas during high water period. Figure 4 shows bathymetry of Lake Jempang interpolated from lake depth measurements in March 2009. Overall, there is a large variation of depth in Lake Jempang. The deepest part of about six meters is found at a relatively small section in the middle area of the lake. A more uniform depth pattern is found in Lake Semayang and Melintang. Deeper section is found in the channel connecting the two shallow lakes.

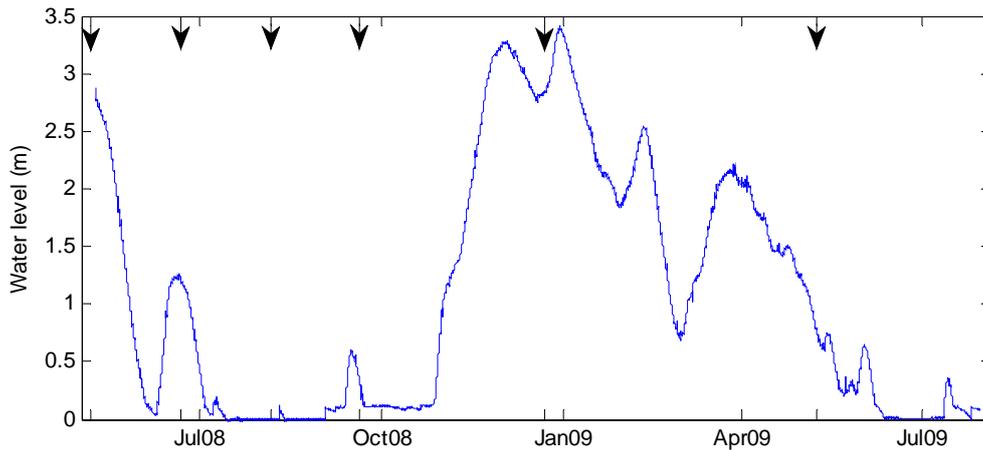


Fig. 3. Water level at Lake Jempang measured in Pulau Lanting village. Arrows indicate the PALSAR data acquisition date.

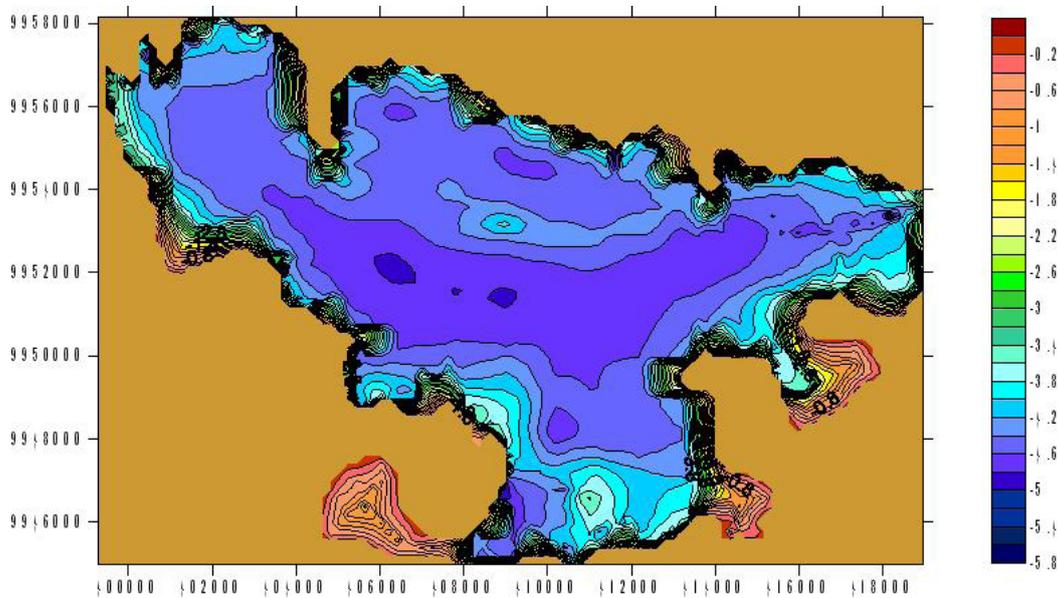


Fig. 4. Bathymetry of Lake Jempang interpolated from lake depth measurements in March 2009.

Image filtering

Image filtering (Fig. 6) was applied prior to flood frequency mapping. The filtered image showed a less noisy signals (Fig. 7). In a preliminary flood frequency map derived from unfiltered images, contours of the river and lake extent, which coincide with the circumferences of the areas with maximum flood frequency, was rather noisy (Fig. 8). The enhanced Lee filter that uses coefficients of variation within individual filter windows was used to reduce speckle in the radar images while preserving texture information.

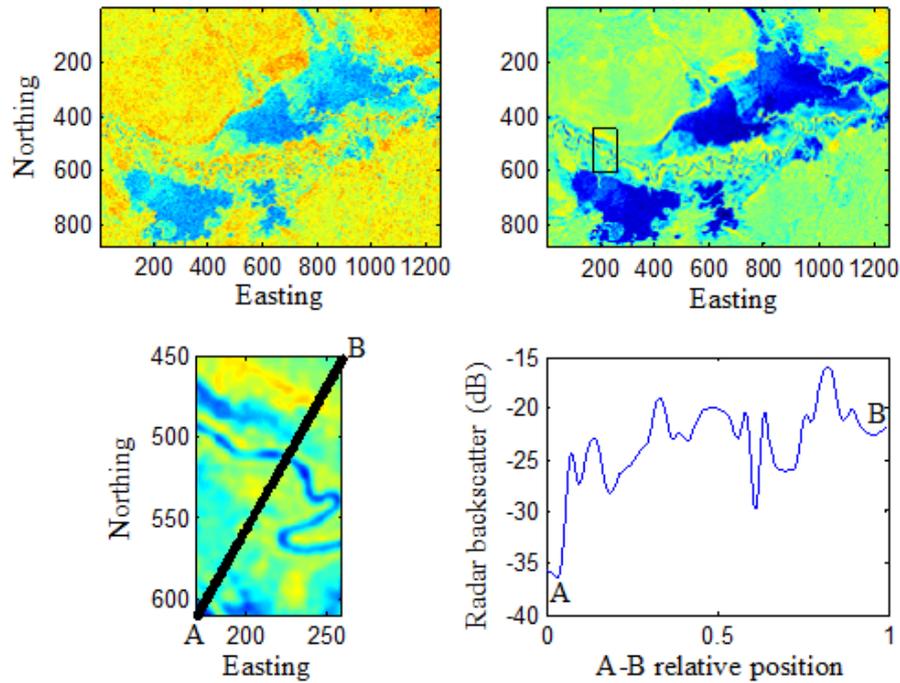


Fig. 5. Two-dimensional image filtering of PALSAR image of the Mahakam lakes area. The top left is the original image, top right is the filtered image. Lower left image show a part of the image section from the shore of Lake Jempang across the river up to the northern floodplain in Penyinggahan and the corresponding radar backscatter shown in the lower right.

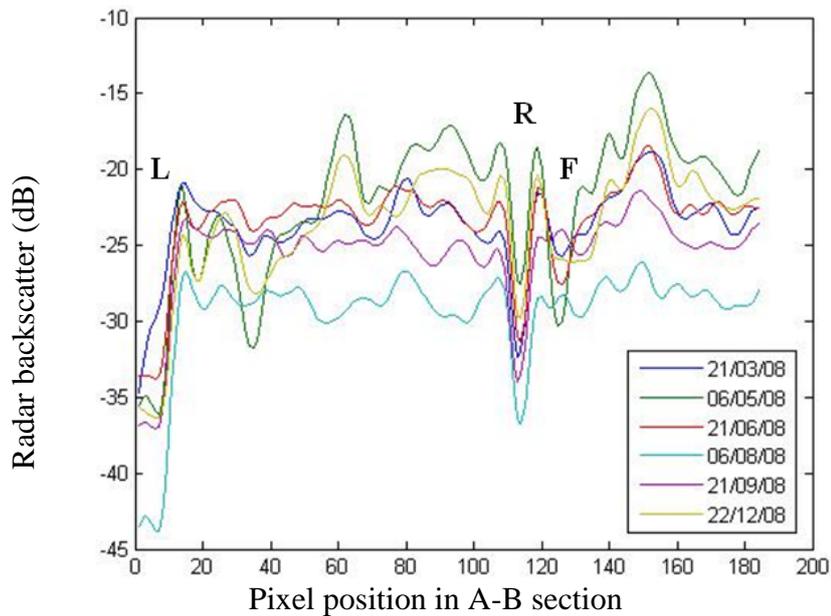


Fig 6. Backscatter value (dB) of filtered PALSAR images through floodplain (F) Mahakam river (R) and Lake Jempang (L) taken from the A-B sections in Fig. 6 in different image acquisition dates.

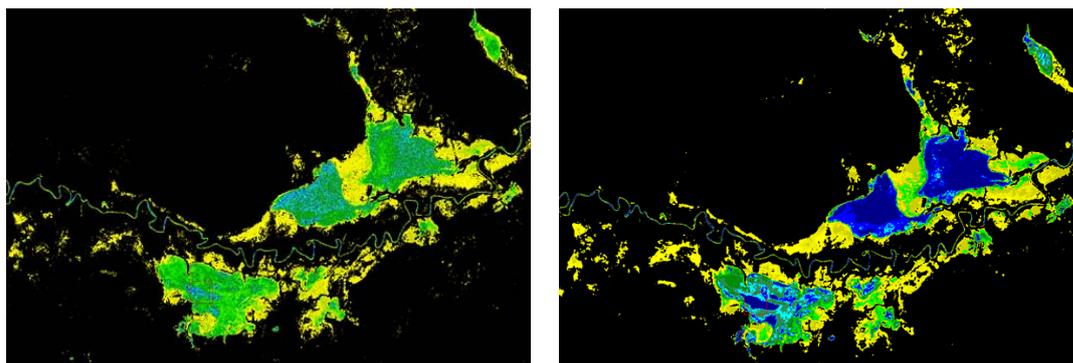


Fig 7. Colour map of flood frequency obtained from unfiltered 20 PALSAR images (left) and from filtered images using the enhanced Lee filter (right).

Principal Component Analysis

Principal component Analysis (PCA) of the radar imagery was carried out to detect areas where most changes of inundation occurred. By this means, the river floodplain and lake extension during the flooding period can be identified. PCA using three images during high water and three images during low water captured the water level dynamics. Applying the PCA training statistics to the whole image area and taking the first three output images as Red-Green-Blue (RGB) combination resulted in a clear pattern of lake inundation (Fig. 5). The figure shows that during peak flood, Lake Semayang and Lake Melintang are combined into a large lake and extended by the adjacent floodplain. Compared to Lake Semayang and Lake Melintang, Lake Jempang has the highest dynamics in terms of temporal inundation area. Only a small portion of Lake Jempang is inundated during the driest period of the PALSAR images acquisition dates.

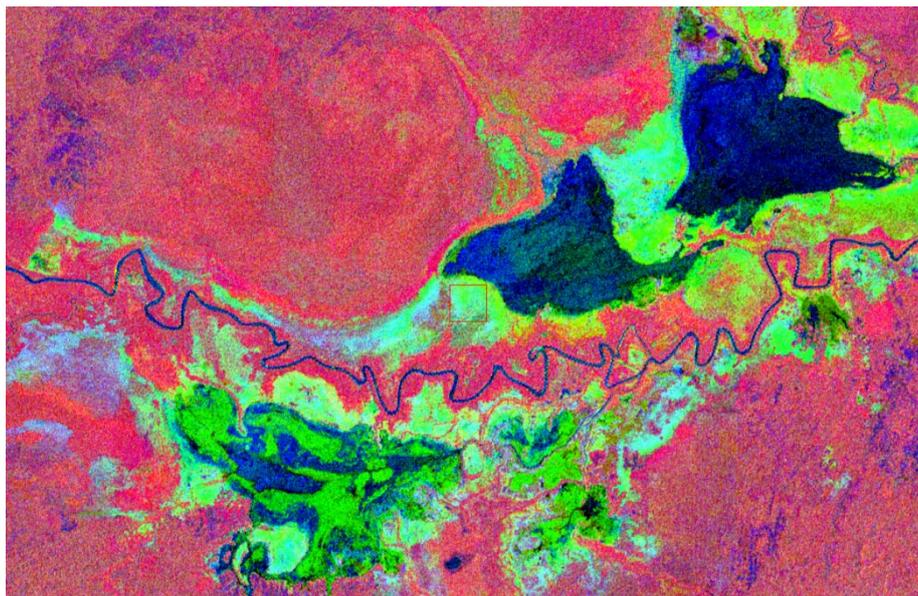


Fig. 8. RGB colour composite of the first three PCA output of PALSAR images of the Mahakam lakes area. Bright green indicates floodplain inundation/lake extension. Dark blue indicates permanently inundated area.

Frequency of inundation

A fully inundated region can be easily recognized on radar images from the dark signature. Figure 9 shows flood frequency map of Mahakam cascade lakes from 20 PALSAR images. The lake inundation frequency has quite similar pattern as the result of the analysis using PCA. The northern lakes (Semayang and Melintang, on the one hand, have a more well-defined permanently inundated area. On the other hand, the southern lakes (Jempang and other smaller lakes) are more dynamics in terms of inundation extents. As shown in the bathymetry map (Fig. 4) large part of Lake Jempang is shallow and almost dry out during low water condition. In a rather speculative practice regarding lake inundation pattern, local farmers use the Mahakam lakes area, especially in Lake Jempang, for growing rice during the dry season. Apart from water from its catchment, Lake Jempang is largely filled by water from the Mahakam river through some small channels that to some extent maintain the high productivity of this lake. Rice growing is less suitable in Lake Melintang due to the low pH values of water generated from peat forest. Comparing the interpolated bathymetry and results of radar images analysis, we suspect that the relatively coarse resolution of lake depth measurement is not sufficient to accurately map the deep part of Lake Jempang. Bathymetry measurements with finer resolution is required to provide enough data points for a better interpolation results.

Nevertheless, this bathymetry data is useful for validation of flood occurrence map obtained from PALSAR images (Hidayat, 2012). This fact supports the argument of the complementary role of on-ground and remote sensing observations in the study area.

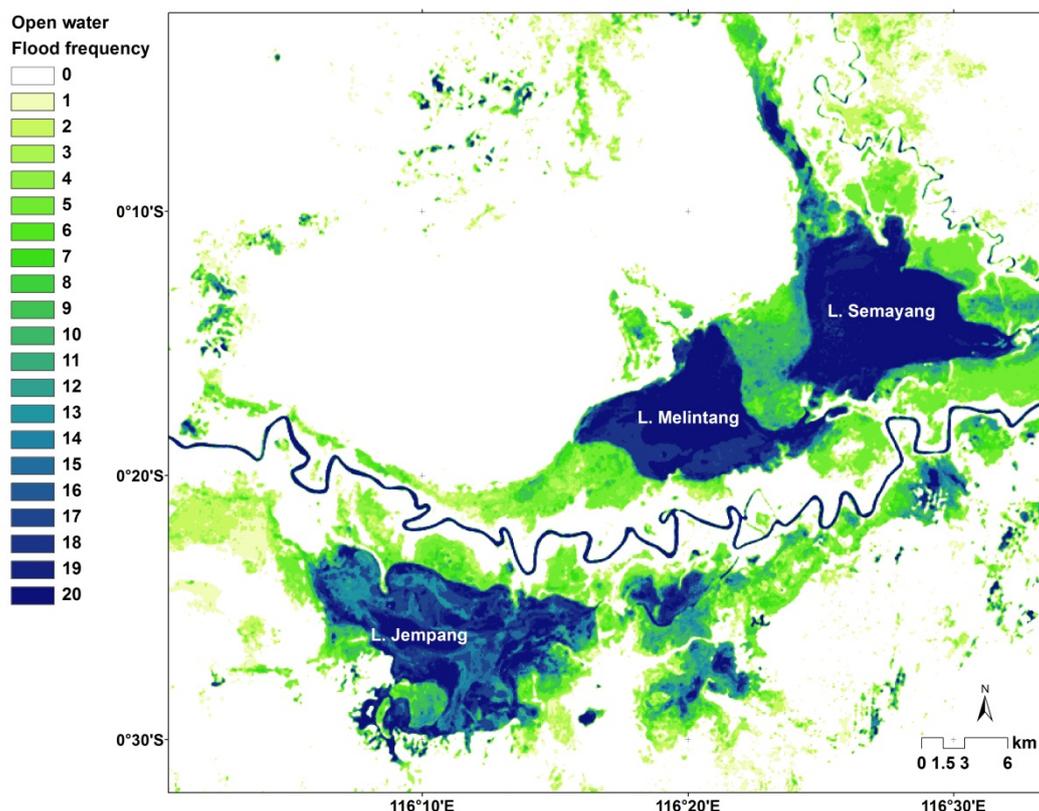


Fig. 9. Inundation frequency map of Mahakam cascade lakes from PALSAR images. The darkest colour indicates permanently inundated area.

CONCLUSIONS

Lake inundation extent and inundation frequency information can be extracted from radar images. A large variation of water levels and lake inundation extent is revealed from on-ground measurements and analysis of satellite radar observations over the Mahakam lakes area. The inundation frequency map derived from satellite radar data gives insights into the dynamics of inundation extent and the water storage role of the area. The Mahakam cascade lakes along with other smaller lakes and the floodplain area provide a room for water storage during high water period. The information on flood duration and inundation extent obtained in this study can be used in a future stage to model the hydrological functioning of the middle Mahakam area.

ACKNOWLEDGEMENT

This research has been supported by the Netherlands organization for scientific research (NWO grant number WT76-268). ALOS PALSAR data have been provided by JAXA EORC.

REFERENCES

- Bonnet, M.P, G. Barroux, J.M. Martinez, F. Seyler, P. Moreira-Turcq, G. Cochonneau, J.M. Melack, G. Boaventura, L. Maurice-Bourgoin, J.G. Leon, E. Roux, S. Calmant, P. Kosuth, J.L. Guyot, P. Seyler, 2008. Floodplain hydrology in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuai). *J. of Hydrology*, 349, 18–30.
- Hidayat, H., Hoekman, D. H., Vissers, M. A. M., and Hoitink, A. J. F., 2012. Flood occurrence mapping of the middle Mahakam lowland area using satellite radar, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 1805-1816, doi:10.5194/hess-16-1805-2012.
- Hidayat, H., Vermeulen, B., Sassi, M. G., Torfs, P. J. J. F., and Hoitink, A. J. F., 2011. Discharge estimation in a backwater affected meandering river, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 2717–2728, doi:10.5194/hess-15-2717-2011.
- Hoekman, D.H., 2007. Satellite radar observation of tropical peat swamp forest as a tool for hydrological modelling and environmental protection. *Marine & Freshwater Ecosystem*, 17, 265 – 275.
- Lewis, A.J., 1998. Geomorphic and hydrologic applications of active microwave remote sensing in *Principles and application of imaging Radar* edited by F.M. Henderson and A.J. Lewis, Manual of Remote Sensing Vol 2, pp 567-618, John Wiley & Sons Inc.
- Schumann, G., F. Pappenberger, P. Matgen, 2008. Estimating uncertainty associated with water stages from a single SAR image. *Advances in Wat. Sci.*, 31, 1038-1047.

AQUATIC MACROPHYTES BIODIVERSITY IN LAKE RAWA PENING, INDONESIA

Riky Kurniawan¹, Jun Nishihiro², Ivana Yuniarti¹

¹ *Research Centre for Limnology-Indonesian Institute of Sciences, Cibinong 16911*

² *Faculty of Agriculture-The University of Tokyo, Tokyo, 113-8657*

kurniawan.riky87@yahoo.co.id

ABSTRAK

Danau Rawa Pening merupakan salah satu danau di Indonesia yang termasuk dalam prioritas nasional untuk konservasi yang telah mengalami kerusakan lingkungan parah. Kondisi ini terutama mendorong perubahan biodiversitas makrofita akuatik di danau. Pengambilan sampel sebagai survei awal pada penelitian dilakukan pada bulan maret 2012. Hasil analisa komposisi tumbuhan air di Danau Rawa Pening ditemukan sebanyak 13 jenis dan 8 famili. Famili yang ditemukan yaitu Cyperaceae, Onagraceae, Pontederiaceae, Ceratophyllaceae, Scrophulariaceae, Butomaceae, Salviniaceae, and Araceae. Secara khusus, spesies Pontederiaceae (misalnya eceng gondok) adalah spesies yang paling dominan yang menutupi luas permukaan danau. Di antara spesies yang tercatat, 9 merupakan tumbuhan asli, sementara 4 lainnya adalah tumbuhan asing.

Kata Kunci: makrofita, Rawa Pening, biodiversitas

ABSTRACT

Lake Rawa Pening regarded as one of the Indonesia's conservation priority lakes has been experiencing severe environmental deterioration. This condition particularly drives the alteration of aquatic macrophytes biodiversity in the lake. A field survey was conducted on March 2012 as a preliminary survey on the biodiversity research of the lake. As the results, there were 13 identified species categorized within 8 families. The recorded families were Cyperaceae, Onagraceae, Pontederiaceae, Ceratophyllaceae, Scrophulariaceae, Butomaceae, Salviniaceae, and Araceae. In particular, a species of Pontederiaceae (e.g. water hyacinth) was the most dominant species covering the lake's surface area. Among the listed species, 9 were recognized as natives; meanwhile, 4 others were alien species.

Keywords: macrophytes, Rawa Pening, biodiversity

INTRODUCTION

As one of mega-diversity countries, Indonesia is well known not only for its terrestrial diversity richness but also for its various aquatic plants. Aquatic plants or more frequently referred as aquatic macrophytes are the plantations which mostly live in aquatic environment and are adapted to such condition. These plants may half or totally emerge inside the water (Uno, *et al.*, 2001). Hence, the roots, stems, and leaves have adapted to aquatic environment; thus, they show distinct characteristic compared to terrestrial plants (Kaufman, 1989).

Lake Rawa Pening, one of the Indonesia's conservation priority lakes, is a natural lake located in District of Salatiga, Central Java Province. Obtaining its water

sources from 9 rivers, the lake is extremely important for ecological system integrity in the province. Furthermore, it supports power plants generation for the people, capture fisheries, irrigation, water supply, domestic uses, and more importantly for tourism activities. In brief, with the extent of 25.079 ha area, the lake is a pierce ecosystem to support human welfare in the area.

Nowadays, sedimentation leads to more severe threads (i.e. depth and area extent reduction) to the sustainability of the lake's function. Moreover, the ecological system is indicated to be degraded due to this sedimentation problem. Importantly, it has driven the lake into overpopulated aquatic macrophytes condition. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) is observed as the most dominant species covering the lake's surface area. Even though, the occurrence of water hyacinth provides positive impacts to the handcrafters living surrounding this lake, its uncontrolled population also drives unbalanced ecosystem.

Specifically, excessive covered surface area by water hyacinth has been proven to be the main factor degrading the lake's water quality. Moreover, it causes the lake become shallower and more importantly alteration from aquatic into terrestrial ecosystem. Considering these matters, excessive proliferation of water hyacinth needs to be observed and controlled carefully. As the first step to approach this objective, a research on the biodiversity of aquatic plants of the lake is necessary to be conducted. In addition, the obtained data about the biodiversity of aquatic weeds covering the lake is the basic data required to create a balance controlling model to manage the lake ecosystem in sustainable ways.

MATERIALS AND METHODS

A short survey was conducted on March 2012 by applying census method. The observed aquatic plants were divided into 2 categorized; the samples which could be identified on sites and the samples should be identified in Laboratory. For the first type samples, their pictures and scientific names were recorded directly on site; on the other hand, the second type samples were collected and preserved with 70% ethanol and were identified in Research Centre for Limnology, LIPI.

Several identification books were referred to identify the obtained samples. The books were Flora of Java volume I (Backer & Bakhuizen van den Brink Jr., 1963), Flora

of Java volume II (Backer & Bakhuizen van den Brink Jr., 1965), Flora of Java volume III (Backer & Bakhuizen van den Brink Jr., 1968) Flora (van Steenis, 2008), Checklist of Indonesian Freshwater Aquatic Herbs (Giesen, 1991), Weeds of Rice in Indonesia (Soerjani *et al.*, 1987), and Tumbuhan Air (Lembaga Biologi Nasional/National Institution for Biology, 1981).

RESULTS AND DISCUSSION

Eight families containing 13 species were identified from this research. Both families of Cyperaceae and Onagraceae shared 3 species, while 2 species were included in Pontederiaceae. Meanwhile, Ceratophyllaceae, Scrophulariaceae, Butomaceae, Salviniaceae, Araceae only shared 1 species. Species names and their families are presented in Table 1.

Table 1. Species and families of observed aquatic weeds in Lake Rawa Pening

Number	Species	Family
1	<i>Ceratophyllum submersum</i> L.	Ceratophyllaceae
2	<i>Bacopa floribunda</i> (R.Br.) Wettst.	Scrophulariaceae
3	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau	Butomaceae
4	<i>Ludwigia adscendens</i> (L.) Hara	Onagraceae
5	<i>Ludwigia perennis</i> L.	Onagraceae
6	<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) Hara	Onagraceae
7	<i>Salvinia natans</i> (L.) All	Salviniaceae
8	<i>Cyperus imbricatus</i> Retz.	Cyperaceae
9	<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	Cyperaceae
10	<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae
11	<i>Pistia stratiotes</i> L.	Araceae
12	<i>Monocharia hastata</i> (L.) Solms	Pontederiaceae
13	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Pontederiaceae

The identified species shown in Table 1 are the common species occurring in Indonesian natural lakes, reservoirs, and swamps. Although they are commonly found in such ecosystems, not all of the identified species are categorized to important aquatic macrophytes in Indonesia according to Soerjani (1979). The top ten most imperative

aquatic weeds stated were *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Hydrilla verticillata*, *Scirpus grossus*, *Najas indica*, *Ceratophyllum demersum*, *Nelumbo nucifera*, *Panicum repens*, *Potamogeton malaianus*, and *Mimosa pigra*. These vegetations are categorized as the most significant impacting aquatic plants because their abilities to rapidly reproduce both in vegetative and generative ways. As the results, these plants create huge and massive problems for the lakes system in this country.

The identified species inhabit different water column in this aquatic environment. Thereafter, based on their habitat in water column, they are categorized as emergent, floating, and submerged plants. The results of this categorization can be read in Table 2.

In brief, it was concluded from the table that there were 8 identified emergent, 4 floating and 1 submerged plants respectively. The discrepancies of the microhabitat may give us an insight that their physiological system are somehow different each others. Further, it also shows us that they perhaps provide different roles in the ecosystem. These roles are interesting subjects to be observed in the next research. Additionally, the differences of the microhabitat also challenge us to find out the most effective ways to control each population as they may need different control methods.

Species distribution and their origin area are two important issues in biodiversity research. Most scientists concern about the invasive alien plants which can be great threats for biodiversity of a specific area. Considering this concern, the identified species were also categorized by their origin area. The results of this categorization showed that most species (69 % or 9 species) are Indonesian native species and the remaining numbers are introduced from other countries in South America, Tropical America, and Mainland Asia. The composition of the species categorization is described in Picture 1.

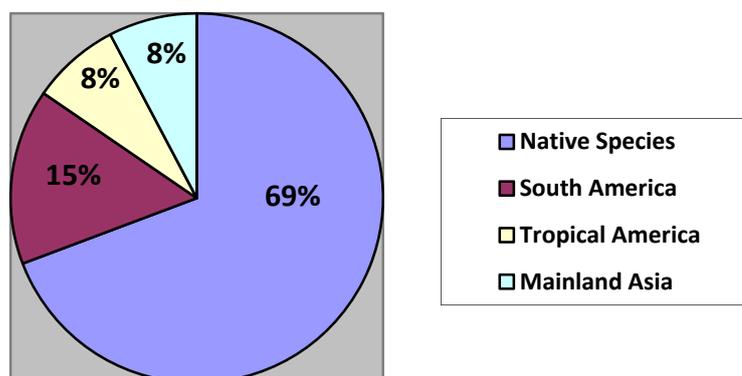
Table 2. Lake Rawa Pening's Identified Aquatic Plants based on their habitat in water column

No.	Emergent Plants*	Floating Plants**	Submerged Plants***
1	<i>Cyperus imbricatus</i> Retz.	<i>Pistia stratiotes</i> L.	<i>Ceratophyllum submersum</i> L.
2	<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	
3	<i>Cyperus odoratus</i> L.	<i>Salvinia natans</i> (L.) All	
4	<i>Bacopa floribunda</i> (R.Br.) Wettst.	<i>Ludwigia adscendens</i> (L.) Hara	
5	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buchenau		
6	<i>Monocharia hastata</i> (L.) Solms		
7	<i>Ludwigia perennis</i> L.		
8	<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) Hara		

Notes: * Emergent plants: Aquatic vegetations which are characterized by emerged roots but also have a or some part (s) growing to the surface water, ** floating plants: aquatic plants which are distinguished by almost of whole body fragments float in surface water area and the roots can both emerge in substrates or not. *** submerged plants are aquatic vegetations which are identified by the whole body occur under water surface area or even in deep water column (Mitchell, 1974).

The species listed in native species category are *Ceratophyllum submersum* L., *Bacopa floribunda* (R.Br.) Wettst., *Ludwigia adscendens* (L.) Hara, *Ludwigia perennis* L., *Cyperus imbricatus* Retz., *Fuirena umbellata* Rottb., *Cyperus odoratus* L., *Pistia stratiotes* L., and *Monocharia hastata* (L.) Solms. Meanwhile, the species introduced from South America are *Ludwigia peruviana* (L.) Hara, and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Thereafter, *Limnocharis flava* (L.) Buchenau and *Salvinia natans* (L.) respectively are the species introduced from Tropical America and Mainland Asia.

Figure. 1. Species composition based on their origin countries



E. crassipes (Mart.) Solms. occurred at the most abundant numbers in the lake. Importantly, this species has very rapid proliferation rate; therefore, it creates disturbance for the function of the lake. To illustrate the speed of its proliferation rate, Gopal (1987) described that one single individual of water hyacinth may cover the extent of 60 cm area within only one month. Besides its ability to live in wide pH range, water hyacinth prone to change its habitat's pH into neutral level. In addition, Ruiz Téllez *et al.*, (2008) reported that water hyacinth is adapted to pH level 4-10 and optimally grows in the level of pH 6-8. Additionally, this plant is also adaptable to low nutrient level and on the contrary performs highly responsive to the high nutrient level.

Stolon system makes water hyacinth become the most difficult weed to be eliminated. This part supports water hyacinth to be a massive colony that obstructs physical eradication methods. More importantly, this created colony also roles as a natural protector for rats which is paddy farmer's number one enemy (Holm *dkk* 1977; Pancho & Soerjani 1978).

In contrast, although water hyacinth carries such problems, it also provides significant positive impacts for handicraft industry, biogas, and also fertilizers (Soerjani, 1981). Therefore, the abundance water hyacinth biomass which was estimated by Slamet *et al.*, (1975) about 20-30,5 kgs/m² or 200-300 tonnes/ha can be further developed into a potential alternative energy source. Not only for human needs, water hyacinth actually also has positive impacts for the balance of the ecosystem itself. In a well controlled population, this plant acts as natural nutrient filter in self purification process, shelter, feed, and egg keeper for fish and other aquatic organisms and importantly for water current stabilizer.

Reviewing the positive and negative aspects of water hyacinth occurrence gives us a good lesson that this plant should be controlled in a balance numbers to keep the ecosystem continues performing its good function. To obtaining this objective, a wise management control should be applied especially to limit the spreads and proliferation rate of the plants. One effective step that has been proposed to achieve that is to limit the amount of Nitrogen and Phosphorous input. This limiting nutrient method has been proven to be effective to limit weed population in South Africa (Coetze *et al.*, 2007).

At the same manner, other floating plants also provide either those good and bad effects to the aquatic environment. More importantly, this plantation group fixates oxygen from the air and diffuses it to the water through their rooting system. What even more important but mostly forgotten by people is that this plantation group also shares biodiversity function for us (Newall, 1995; Wetzel & Gopal, 2001).

Overall, this preliminary research has shown us some species diversity of aquatic plants in Lake Rawa Pening. It is expected that by knowing the species will further leads us to the understanding of the characteristic of each species. Moreover, it may define us how the ecosystem works and these plants interact each others to provide such positive function as what we expect. Furthermore, it is hoped by researching the biodiversity of aquatic plants can help us manage and control their population or even create a sustainable management model to maintain Lake Rawa Pening sustainability.

CONCLUSION

Inspite of this research is only a preliminary research, it can be concluded that the identified aquatic plants in Lake Rawa Pening are:

1. Categorized in 8 families dan 13 species
2. Mostly native species eventhough 4 of the species are alien species
3. Dominated by water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms
4. The very fascinating subjects to be further studied and controlled to optimize their positive roles in the lake sustainable management

REFERENCES

- Backer, C.A and Bakhuizen van den Brink. 1963. *Flora of Java. Vol. I.* Noorhoof. Groningen. The Netherland.
- Backer, C.A and Bakhuizen van den Brink. 1965. *Flora of Java. Vol. II.* Noorhoof. Groningen. The Netherland.
- Backer, C.A and Bakhuizen van den Brink. 1968. *Flora of Java. Vol. III.* Noorhoof. Groningen. The Netherland.
- Coetzee, J.A., M.J.Byrne, & M. P. Hill. 2007. Impact of nutrients and herbivory by *Eccritotarsus catarinensis* on the biological control of water hyacinth, *Eichhornia crassipes*. *Aquatic Botany*. Vol. 86: 179-186.
- Giesen, W. 1991. *Checklist of Indonesia Freshwater Aquatic Herbs (Including An Introduction to Freshwater Aquatic Vegetation)*. PHPA/AWB Sumatra Wetland Project Report No. 27. Directorate General of Forest Protection and Nature Conservation, Asian Wetland Beaureau-Indonesia.
- Gopal, B. 1987. *Water Hyacinth*. Elsevier. Amsterdam.
- Holm, L. G., D. L. Plucknett, J. V. Pancho, & J. P. Herberger. 1977. *The world's worst weed : Distribution and ecology*. University Press of Hawaii. Honolulu: pp. xii + 609.
- Kaufman, P. B. 1989. *Plants: Their biology and importance*. Harper and Row Publishers. New York: pp. xiv + 757.
- LBN. 1981. *Tumbuhan air*. Lembaga Biologi Nasional-LIPI. Bogor: 83 hlm.
- Mitchell, D.S., 1974. *Aquatic Vegetation and Its Use and Control*. UNESCO. Paris.
- Newall, A. M. 1995. The microflow environment of aquatic plants – an ecological perspective. In : *The Ecological Basis For River Management*. David M. Harper & Alastair J. D. Ferguson. John Wiley & Sons. Chicester.
- Pancho, J. V. & M. Soerjani. 1978. *Aquatic weeds of Southeast Asia: A systematic account of common Southeast Asia aquatic weed*. University of the Phillipines. Los Banos: pp. x + 130.
- Ruiz Téllez, T., *et al.* 2008. Biology and reproduction of the water hyacinth in the River Guadiana (Badajoz) Spain. *Poster presentation*. EPPO/CoE Workshop - How to manage invasive alien plants? The case studies of *Eichhornia crassipes* and *Eichhornia azurea*. June 2-4, 2008. Mérida, Spain.
- Slamet, S., S. Wirjhardja dan L.S. Widyanto. 1975. Ekologi Eceng Gondok. dalam Staf Tropical Pest Biology Program, Biotrop (ed). 1975. Rawa Pening, Masalah

Tumbuhan Pengganggu Air, Rencana Pengendalian dan Penelitian. Laporan pendahuluan. No.1/ 1975. *Biotrop*. Bogor.

Soerjani, M. 1979. Recent Trends in Aquatic Weed Management in Indonesia. *Proceedings Weed Science Conference*. Sydney, Australia.

Soerjani, M. 1981. *Pemanfaatan gulma air sebagai bagian dalam pengelolaan Danau Kerinci*. PSLM UI- Ditjen Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Soerjani, M. , A. J. G. H. Kostermans, G. Tjitrosoepomo. 1987. *Weeds of rice in Indonesia*. Balai Pustaka. Jakarta: pp. xvii+ 716.

Uno, G., R. Storey, & R. Moore. 2001. *Principles of Botany*. McGraw-Hill. New York: pp. xvii + 552.

van Steenis, C.G.G.J. 2008. *FLORA: Untuk Sekolah di Indonesia*. Pradnya Paramita. Jakarta.

Wetzel, R. G. & B. Gopal. 2001. *Limnology in Developing Countries*. Int. Ass. Of Theo. & Appl. Limnology.

KAJIAN METODE PENENTUAN LUAS PERMUKAAN AIR DANAU DAN SEBARAN VEGETASI AIR BERBASIS DATA SATELIT PENGINDERAAN JAUH

Bambang Trisakti

*Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN
Jl. Lapan No.70, Pekayon-Pasar Rebo, Jakarta 13710
)E-mail: btris01@yahoo.com

ABSTRAK

Danau mempunyai peran penting sebagai penyimpan kekayaan plasma nutfah, penyedia air minum, air untuk pertanian, perikanan, pembangkit listrik dan pariwisata. Konversi lahan, tingginya sedimentasi dan polusi di daerah aliran sungai mengakibatkan timbulnya permasalahan di danau, seperti: penurunan kualitas air, penyebaran vegetasi air (contoh: eceng gondok), serta pendangkalan dan penurunan volume danau. Penelitian ini, mengkaji metode penentuan luas permukaan air danau menggunakan data satelit berbeda waktu dan sensor perekaman (Landsat dan SPOT-4). Lokasi kajian adalah Danau Limboto di Pulau Sulawesi. Standarisasi data satelit dilakukan dengan melakukan koreksi orthorektifikasi (membuat citra tegak lurus terhadap sensor), koreksi radiometrik (koreksi matahari) dan normalisasi citra menggunakan invariant target, sehingga data tidak terganggu oleh kesalahan posisi, perbedaan waktu dan perbedaan sensor. Vegetasi air diidentifikasi dengan model komposit warna yang mempertimbangkan nilai spektral dari setiap kanal. Batas permukaan air danau dideliniasi dengan dan tanpa memperhatikan sebaran vegetasi air. Selanjutnya, batas permukaan air yang dihasilkan dibandingkan dengan batas dari data Ikonos. Hasil memperlihatkan bahwa standarisasi data satelit harus dilakukan untuk citra berbeda waktu dan sensor agar diperoleh hasil yang akurat dan konsisten. Pengujian dengan data IKONOS memperlihatkan bahwa batas permukaan air danau dengan memperhatikan sebaran vegetasi air menggunakan komposit RGB (Red: NIR+SWIR, Green: NIR, Blue: NIR-Merah) lebih akurat dibandingkan dengan batas permukaan air danau tanpa memperhatikan sebaran vegetasi air, dengan selisih luas permukaan air danau antara data SPOT-4 dan data referensi (IKONOS) adalah sebesar 5%. Pemantauan luas permukaan air danau Limboto selama periode 1990-2011 menunjukkan bahwa, Danau Limboto mempunyai kecenderungan luas yang semakin menurun.

Kata kunci: *Luas permukaan air danau, vegetasi air, Landsat, SPOT-4*

PENDAHULUAN

Ekosistem danau di Indonesia menyimpan kekayaan plasma nutfah, mensuplai air permukaan dan penyedia air untuk pertanian, sumber air baku masyarakat, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, pariwisata, dan lain-lain. Dewasa ini banyak daerah aliran sungai dan danau di Indonesia telah mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang diakibatkan oleh pertambahan penduduk, konversi lahan hutan, polusi dan erosi (Fahmudin dan Widiyanto, 2004). Konversi/pembukaan lahan yang tidak menggunakan prinsip kelestarian lingkungan telah menimbulkan masalah tidak hanya terhadap lingkungan DAS, tapi juga terhadap danau di wilayah tersebut. Fahmudin dan Widiyanto (2004) menjelaskan beberapa akibat dari degradasi danau adalah: pendangkalan dan

penyempitan danau, penurunan volume air, penurunan kualitas air, dan penurunan produktivitas perikanan. Hal-hal tersebut akan mengakibatkan terjadinya peningkatan ancaman bahaya dan penurunan pendapatan masyarakat di sekitar danau.

Dalam Konferensi Nasional Danau Indonesia II (KNDI II) 13-14 Oktober 2011 di Semarang, Kementerian Lingkungan Hidup menegaskan 15 danau prioritas yang memerlukan penanganan segera untuk pemulihannya. Permasalahan yang terjadi adalah masalah dalam tingkat kebersihan dan tingginya perkembangan biakan eceng gondok yang menutupi perairan sehingga diperlukan langkah-langkah untuk memperbaiki kualitas airnya, tingkat sedimentasi yang tinggi dari bagian hulu sungai sehingga mengakibatkan terjadinya pendangkalan dan penyempitan danau, pengaruh perubahan iklim dan perlunya komitmen pemerintah dalam pengawasan dan penjagaan kelestarian dari setiap danau. Danau-danau yang termasuk didalam 15 danau prioritas adalah Danau Toba (Sumatera Utara), Danau Maninjau dan Danau Singkarak (Sumatera Barat), Danau Kerinci (Jambi), Rawa Danau (Banten), Danau Rawapening (Jawa Tengah), Danau Batur (Bali), Danau Tempe dan Danau Matano (Sulawesi Selatan), Danau Poso (Sulawesi Tengah), Danau Tondano (Sulawesi Utara), Danau Limboto (Gorontalo), Danau Sentarum (Kalimantan Barat), Danau Cascade Mahakam (Semayang, Melintang, Jempang), dan Danau Sentani (Kalimantan Timur).

Dewasa ini perkembangan teknologi satelit penginderaan jauh berjalan sangat cepat, sehingga dapat menyediakan berbagai data penginderaan jauh optik dan *Sinthetic Aperture Radar* (SAR) dengan karakteristik resolusi spasial, temporal dan spektral yang berbeda-beda. Sehingga, data satelit penginderaan jauh merupakan salah satu sumber data yang penting dan efisien untuk pembuatan informasi spasial yang akurat, konsisten, dan aktual mengenai sumber daya alam dan lingkungan, khususnya untuk memantau perubahan yang terjadi pada suatu wilayah dari tahun ke tahun. Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh untuk mendukung kegiatan pengelolaan dan konservasi danau telah dilakukan oleh beberapa peneliti baik di dalam dan luar negeri. Brezonikn *et al.* (2002) melakukan pemantauan kualitas danau dengan mengukur kandungan klorofil dan kecerahan perairan menggunakan landsat TM dan ETM+, Liu *et al.* (2007) melakukan pemantauan kualitas air danau (Total Suspended Solid, Surface Temperature, chlorophyll a dan surface alga bloom) menggunakan citra NOAA AVHRR dan MODIS dan Li *et al.* (2007) melakukan analisis hubungan antara kecerahan perairan danau

(water clarity) dengan beberapa data satelit multispectral dan hyperspectral. Mostafa dan Soussa (2006) memanfaatkan data penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk memantau sedimen dan perubahan bentuk morfologi danau. Penelitian mengenai pengelolaan danau juga dilakukan di Indonesia, seperti Firman (2006) yang memetakan luas danau menggunakan data satelit Landsat, tetapi pada umumnya pemantauan kualitas danau di Indonesia dilakukan secara operasional dengan menggunakan data lapangan, seperti luas danau dan pengukuran kualitas air. Selain itu penelitian-penelitian yang telah dilakukan, khususnya di Indonesia mempunyai permasalahan dengan masih belum dilakukannya standarisasi data satelit, yang berkaitan dengan koreksi orthorektifikasi dan radiometrik. Hal itu mengakibatkan kurangnya konsistensi pada informasi dari data satelit, khususnya bila menggunakan data multi temporal (berbeda waktu perekaman data) dan data multi sensor (data yang direkam dengan menggunakan sensor yang berbeda).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkaji metode penentuan luas permukaan air danau menggunakan data satelit penginderaan jauh. Lokasi kajian adalah Danau Limboto, Provinsi Gorontalo, yang merupakan salah satu dari 15 danau prioritas program Pemerintah. Standarisasi data dilakukan untuk mendapatkan data yang tidak terganggu oleh kesalahan posisi, perbedaan waktu dan perbedaan sensor. Selanjutnya, dilakukan identifikasi vegetasi air dan penurunan batas permukaan air danau dari data satelit Landsat dan SPOT-4. Hasil luas danau yang diperoleh di verifikasi dengan data IKONOS pada waktu yang berdekatan. Metode ini diharapkan dapat menghasilkan luas permukaan air danau secara konsisten dan akurat, sehingga dapat digunakan untuk mendukung kegiatan pemantauan dan pengelolaan danau-danau prioritas lainnya.

METODOLOGI

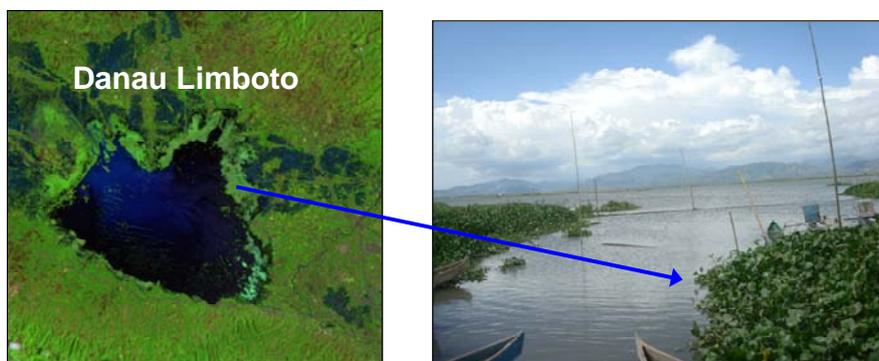
Lokasi dan Data

Lokasi penelitian adalah Danau Limboto di Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Kondisi Danau Limboto yang lebih detil diperlihatkan pada Gambar 1, terpantau adanya vegetasi air yang tersebar di bagian pinggir dan tengah danau. Berdasarkan laporan Departemen PU terdapat 21 jenis vegetasi air di Danau Limboto, tetapi secara umum vegetasi air yang tumbuh di Danau Limboto adalah tanaman eceng

gondok dan sedikit kangkung yang digunakan masyarakat lokal dalam budidaya ikan. Lokasi ini dipilih karena beberapa alasan yaitu:

- Ketersediaan data yang lengkap, baik data Landsat, SPOT-4, Ikonos dan informasi lainnya. Sehingga, dapat dilakukan standarisasi data dan pengujian tingkat akurasi.
- Danau Limboto adalah salah satu dari 15 danau prioritas tahun 2010-2014, dengan permasalahan utama adalah pendangkalan dan penyempitan danau.

Data yang digunakan terdiri dari data Landsat TM/ETM multi temporal periode 1989 - 2002, data SPOT-4 tanggal 7 Mei 2010, dan Data Ikonos tahun 2010



Gambar 1. Lokasi penelitian di Danau Limboto dan sebaran vegetasi

Metode Penelitian

Diagram alir diperlihatkan pada Gambar 2. Data Landsat dikoreksi ortho dan koreksi radiometrik, yang meliputi: koreksi jarak dan posisi matahari dan koreksi terrain. Orthorektifikasi dilakukan dengan menggunakan sekitar 25 titik control point (CP) dari data Landsat Ortho dan DEM SRTM. Titik CP terdistribusi secara merata di seluruh citra, sehingga koreksi dapat dilakukan secara akurat dengan kesalahan kurang dari 1 piksel. Koreksi matahari untuk citra Landsat dilakukan dengan merubah nilai digital number ke reflektansi merujuk kepada Landsat Manual Book, sedangkan untuk SPOT dilakukan dengan menggunakan Persamaan (1) dan (2). Berbeda dengan citra Landsat yang mempunyai koefisien koreksi yang sama, koefisien koreksi untuk SPOT dinamis sehingga perlu dilakukan pengecekan pada website CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*) dan header data setiap perekaman.

$$L_{TOA}^k = \frac{X^k}{A_k \cdot G_m^k} + B \quad (1)$$

Dimana,

L_{TOA}^k : Radiance di atas atmosfer

X^k : Nilai digital piksel

A^k : Koefisien kalibrasi

G_m^k : Gain

B : Bias

$$\rho_{TOA}^k = \frac{\pi \cdot L_{TOA}^k}{E_s^k \cdot \cos \theta_s \cdot (d_0/d)^2} \quad (2)$$

Dimana :

ρ_{TOA}^k : Reflectance di atas atmosfer

L_{TOA}^k : Radiance di atas atmosfer

E_s^k : Irradiance matahari

$\cos \theta$: Sudut zenith matahari

d_0/d : Rasio jarak bumi matahari

Selanjutnya dilakukan normalisasi antara data untuk menghilangkan pengaruh perbedaan sensor dan perbedaan waktu perekaman. Metode yang digunakan adalah dengan regresi linear sederhana, dengan menentukan persamaan regresi nilai spectral objek yang sama (*invariant target*) pada 2 citra yang berbeda (Trisakti et al., 2011).

Data satelit dapat membedakan penampakan berbagai jenis penutup lahan di permukaan bumi, seperti: tubuh air, vegetasi, lahan terbuka dan penutup lahan lainnya. Berdasarkan kemampuan tersebut maka pada kegiatan ini dipetakan luas permukaan air danau secara 2 dimensi. Adanya vegetasi air yang tersebar di permukaan air danau, menyebabkan perlunya memperhatikan keberadaan vegetasi air. Identifikasi vegetasi air dilakukan dengan mengambil sampel nilai spektral untuk vegetasi air dan vegetasi non air. Hasil sampel nilai spektral tersebut dijadikan acuan untuk membuat model komposit warna *Red Green Blue* (RGB) sintesis yang dapat memisahkan penampakan vegetasi air dengan vegetasi non air dengan lebih jelas dan akurat. Selanjutnya komposit RGB tersebut

digunakan untuk mengetahui sebaran vegetasi air, dan mendeliniasi secara visual batas permukaan air danau

Batas permukaan air danau di buat dengan mempertimbangkan dan tanpa mempertimbangkan keberadaan vegetasi air. Luas permukaan air danau dengan memperhatikan vegetasi air berarti vegetasi air dalam danau dimasukan sebagai bagian danau, sehingga luas permukaan air danau adalah total luas penampakan air danau dan luas penampakan vegetasi air di permukaan air danau. Sedangkan luas danau tanpa memperhatikan vegetasi air berarti luas danau dengan penampakan air tanpa mengikut sertakan penampakan vegetasi air di permukaan air. Ketelitian hasil deliniasi dengan dan tanpa mempertimbangkan sebaran vegetasi air diuji dengan menggunakan data satelit resolusi sangat tinggi IKONOS. Pengujian dilakukan untuk melihat batas deliniasi mana yang paling mendekati dengan kondisi sebenarnya, selanjutnya dilakukan perbandingan luas permukaan air danau antara luas permukaan air danau dari data SPOT-4 dan data Ikonos.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Tahapan Koreksi dan Normalisasi

Data data multitemporal Landsat dan SPOT-4 yang sebelum (atas) dan setelah (bawah) melalui tahap koreksi ortho, radiometrik dan normalisasi diperlihatkan pada Gambar 3. Hasil pengujian terhadap data setelah proses orthorektifikasi, diperoleh bahwa pergeseran piksel antar data Landsat dan SPOT adalah kurang dari 1 piksel. Data Landsat dan SPOT-4 mempunyai kisaran spektral band yang berbeda, ditambah lagi kondisi atmosfer yang berbeda pada setiap waktu perekaman, mengakibatkan adanya perbedaan nilai digital dari piksel yang merupakan objek yang seharusnya sama pada kedua data. Perbedaan nilai digital mengakibatkan perbedaan penampakan pada citra seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3 (atas). Tetapi perbedaan tersebut dapat dikurangi dan dihilangkan dengan proses radiometrik sehingga dihasilkan data terkoreksi Gambar 3 (bawah).

Korelasi nilai spektral untuk objek yang sama antara data Landsat TM 1990 dan Landsat ETM+ 2000, serta data SPOT-4 2010 dan Landsat ETM+ 2000 sangat tinggi, dengan koefisien determinasi berkisar 0.78 sampai 0,98. Hal ini berarti bahwa objek yang sama pada kedua data mempunyai nilai spektral yang sangat mendekati. Tabel 1

memperlihatkan koefisien determinasi dari persamaan korelasi antara SPOT-4 2010 dan Landsat ETM+ 2000. Analisis secara visual penampakan pada data Landsat multi temporal dan SPOT-4 yang telah terkoreksi memperlihatkan bahwa obyek-obyek penutup lahan yang sama pada ke tiga data yang berbeda waktu dan sensor perekaman mempunyai penampakan warna yang sangat mirip, seperti penampakan vegetasi, lahan terbuka, air dan vegetasi air yang tersebar di bagian pinggir dan tengah Danau Limboto.

Tabel 1. Korelasi antara SPOT-4 2010 dan Landsat ETM+ 2000

Band	Persamaan	Koefisien determinasi
Band 2 (hijau)	$Y = 0.02 X - 4.31$	0.881
Band 3 (merah)	$Y = 0.02 X - 0.44$	0.779
Band 4 (NIR)	$Y = 0.02 X - 13.18$	0.913
Band 5 (SWIR)	$Y = 0.19 X - 7.30$	0.955

Metode Penentuan Luas Permukaan Air Danau

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa untuk memetakan luas permukaan air danau perlu dilakukan kajian identifikasi vegetasi air dengan menggunakan metode pengambilan training sampel. Training sampel diambil mewakili vegetasi air dan non air, selanjutnya nilai spektral dari vegetasi air dan vegetasi non air dianalisis untuk mendapatkan parameter yang dapat digunakan untuk membedakan kedua objek tersebut. Gambar 4 memperlihatkan perbedaan nilai spektral vegetasi air dan vegetasi non air untuk setiap band pada data SPOT-4 dan Landsat ETM+ 2000. Berdasarkan gambar tersebut dapat disimpulkan 2 hal utama, yaitu:

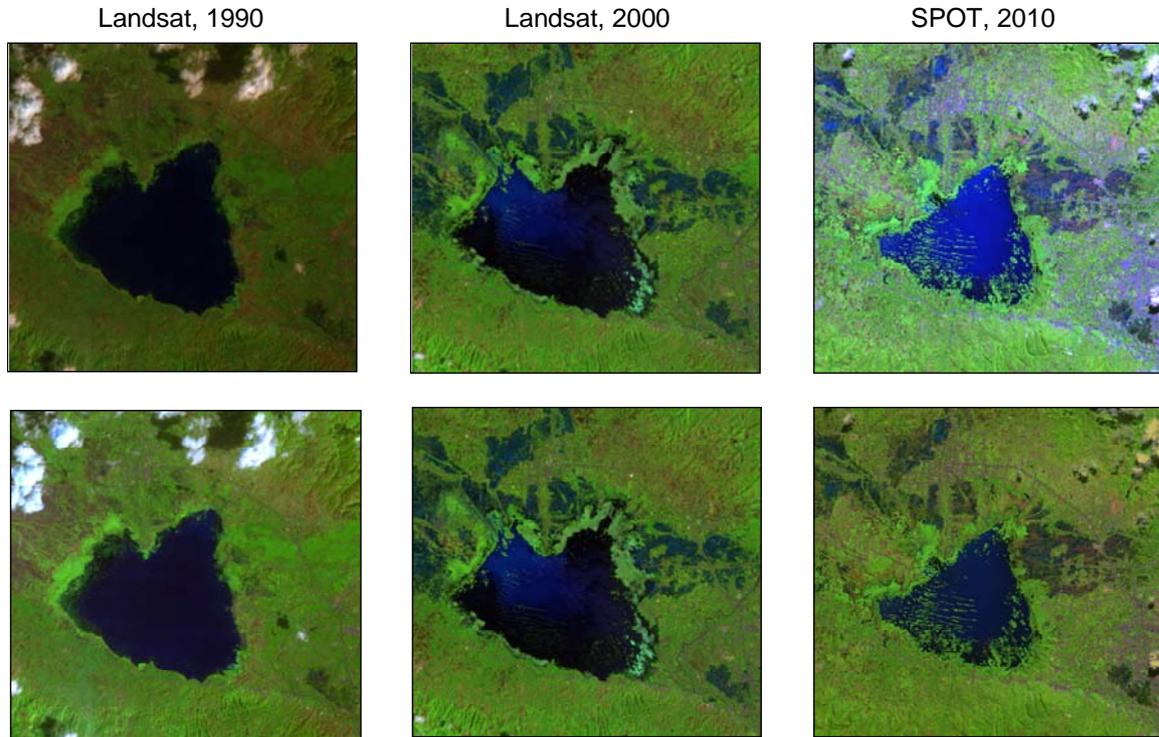
1. Nilai spektral band NIR dan SWIR untuk vegetasi air lebih tinggi dibandingkan dengan nilai vegetasi non air pada kedua data (SPOT dan Landsat)
2. Nilai spektral band Merah paling rendah, dan nilai tersebut relatif tidak berbeda antara objek vegetasi air dan vegetasi non air. Sehingga selisih nilai NIR dan Merah (NIR-Merah) untuk vegetasi air akan lebih tinggi dibandingkan vegetasi non air

Berdasarkan 2 hal tersebut diatas, maka dilakukan pembuatan komposit dengan menggunakan band-band baru yang mampu menampilkan nilai spektral dominan dari vegetasi air. Band baru adalah sebagai berikut.

Band 1 : NIR + SWIR

Band 2 : NIR

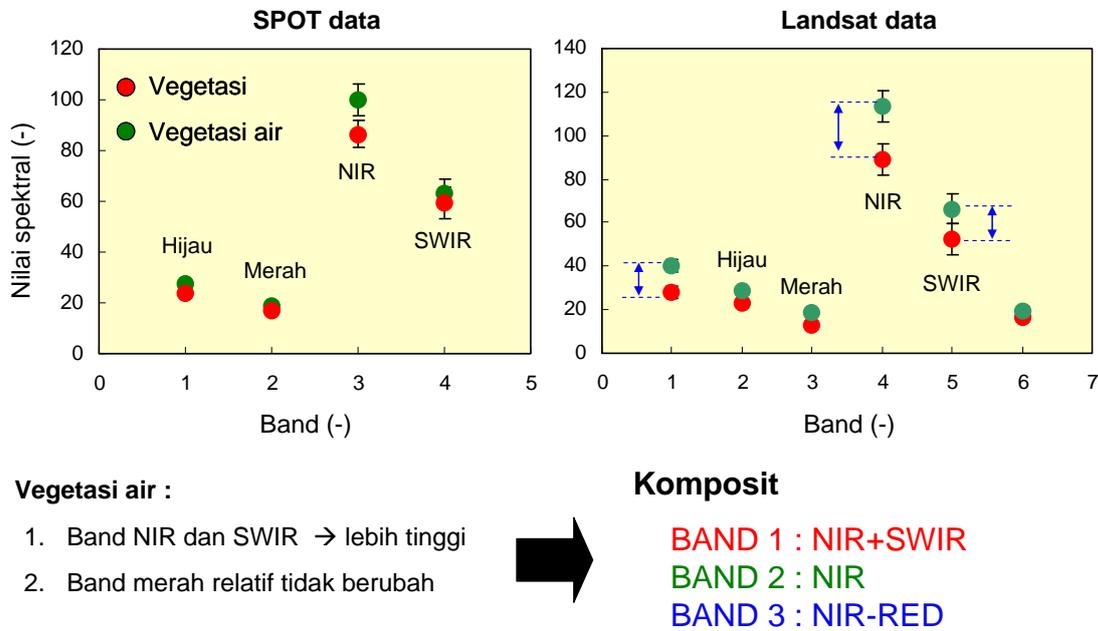
Band 3 : NIR - Merah



Gambar 3. Data Landsat dan SPOT-4 setelah melalui tahapan koreksi dan normalisasi

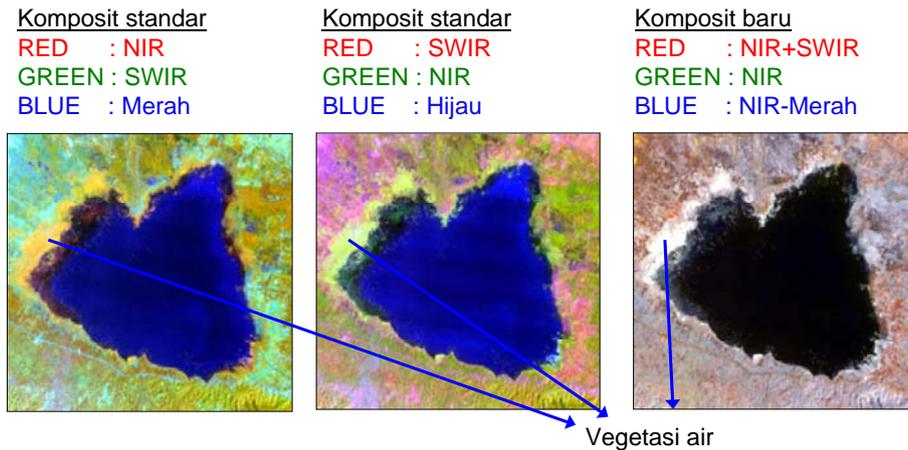
Gambar 5 memperlihatkan perbandingan komposit RGB data Landsat dengan menggunakan berbagai band untuk identifikasi vegetasi air. Komposit RGB NIR-SWIR-Merah umumnya digunakan untuk mengidentifikasi hutan mangrove (vegetasi pada tanah berair/berawa), dimana nilai spektral mengandung informasi vegetasi dan air di bawahnya. Komposit RGB SWIR-NIR-Hijau umumnya digunakan untuk penampakan pewarnaan alami (tanah berwarna merah, vegetasi berwarna hijau, dan air berwarna biru). Sedangkan komposit RGB yang terakhir adalah komposit RGB baru yang diperoleh berdasarkan analisis sampel nilai spektral dari vegetasi air dan vegetasi non air. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa vegetasi air mempunyai penampakan warna yang berbeda pada setiap komposit RGB. Vegetasi air pada komposit RGB baru ditampilkan dengan warna putih, yang berarti bahwa vegetasi air mempunyai nilai spektral yang tinggi pada setiap bandnya dibandingkan objek-objek lainnya. Perbandingan antara komposit RGB baru dengan komposit RGB lainnya,

memperlihatkan bahwa komposit RGB baru lebih mampu menampilkan vegetasi air secara tegas dan terpisah dari penutup lahan lainnya. Sehingga komposit RGB baru akan digunakan untuk mengidentifikasi sebaran vegetasi air di Danau Limboto.

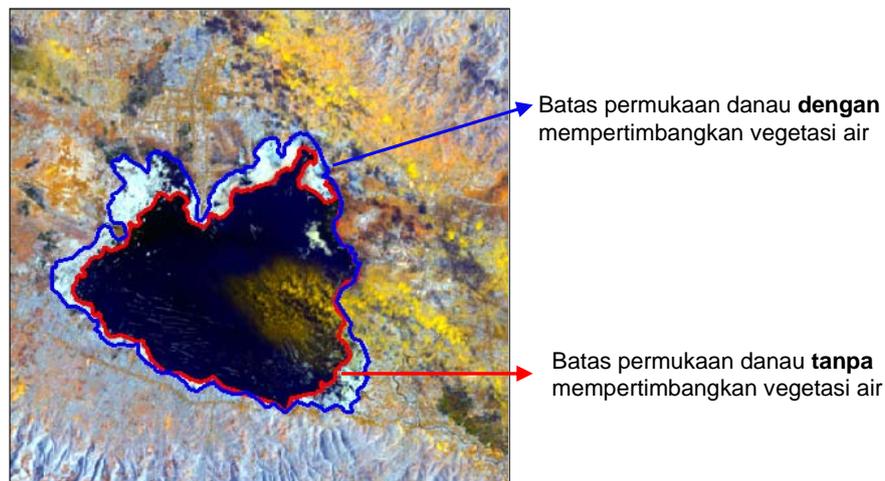


Gambar 4. Perbedaan nilai spektral vegetasi air dan vegetasi non air setiap band pada data SPOT-4 dan Landsat

Berdasarkan hasil survei lapangan, diperkirakan bahwa warna putih tebal pada vegetasi air berarti kondisi vegetasi air dengan tingkat kehijauan yang tinggi yang disebabkan vegetasi air tersebut masih cukup mendapatkan air (tumbuh diatas air atau pada tanah yang basah yang masih menjadi bagian danau), sedangkan warna putih tipis berarti kondisi vegetasi air dengan tingkat kehijauan rendah karena vegetasi air kurang mendapat air dari bagian bawahnya (tanah telah mengering dan bukan menjadi bagian danau). Berdasarkan hal tersebut maka deliniasi dengan memperhatikan vegetasi air dilakukan pada batas vegetasi air dengan warna putih tebal. Hasil deliniasi secara visual luas permukaan air danau dengan dan tanpa memperhatikan sebaran vegetasi air untuk data Landsat TM 1990 diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Perbandingan komposit RGB data Landsat untuk identifikasi vegetasi air



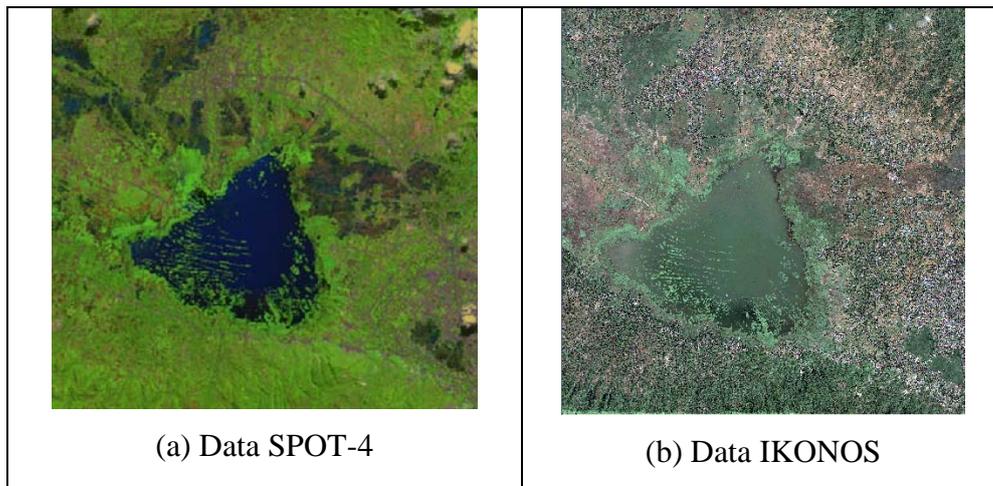
Gambar 6. Batas permukaan air danau dengan dan tanpa vegetasi air menggunakan data Landsat

Verifikasi dan Implementasi Metode

Verifikasi terhadap hasil deliniasi luas permukaan air danau dilakukan dengan membandingkan hasil deliniasi yang diperoleh dengan data satelit resolusi tinggi IKONOS. Gambar 7 memperlihatkan data SPOT-4 dan data IKONOS, terlihat bahwa kedua data mempunyai penampakan yang mirip (terutama sebaran vegetasi airnya) yang berarti tanggal perekaman kedua data sangat berdekatan (walaupun tidak diketahui secara pasti bulan perekaman data IKONOS), sehingga kedua data dapat dibandingkan.

Gambar 8 memperlihatkan perbandingan hasil deliniasi batas permukaan air danau tanpa memperhatikan vegetasi air (garis putih) menggunakan data SPOT dan hasil

deliniasi batas permukaan air danau menggunakan data IKONOS (garis biru), kemudian kedua hasil tersebut dioverlaykan diatas data IKONOS. Terlihat bahwa garis batas tanpa vegetasi air (garis putih) berbeda sangat jauh dengan batas yang dibuat dari data IKONOS, hal ini disebabkan resolusi spasial SPOT-4 yang lebih rendah (20 m) sehingga tidak dapat mengidentifikasi adanya air diantara vegetasi air yang terletak di pinggir danau, sedangkan IKONOS sangat detil sehingga dapat dengan mudah mengidentifikasi vegetasi air yang terletak di bagian dalam danau.



Gambar 7. Penampakkan data SPOT-4 dan IKONOS

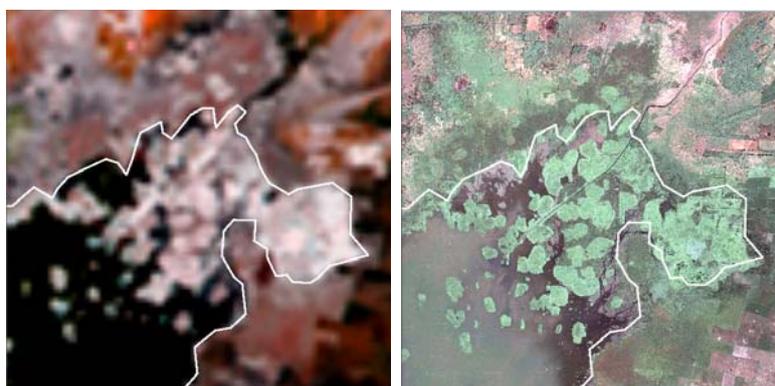


Gambar 8. Perbandingan batas permukaan air danau tanpa vegetasi air dari data SPOT (garis putih) dan batas permukaan air danau dari data IKONOS (atas) pada citra IKONOS

Gambar 9 memperlihatkan perbandingan hasil deliniasi batas permukaan air danau dengan vegetasi air (garis putih) menggunakan data SPOT dan dioverlaykan terhadap data IKONOS. Penampakan pada data IKONOS memperlihatkan bahwa vegetasi air yang mempunyai tingkat kehijauan tinggi terpisahkan secara cukup akurat dari vegetasi air dengan tingkat kehijauan rendah. Selain itu, dapat dilihat juga bahwa vegetasi air dengan tingkat kehijauan tinggi berada pada daerah yang berair atau tanah yang basah sehingga merupakan bagian dari luas permukaan air danau. Selanjutnya Tabel 2 memperlihatkan luas permukaan air danau dengan vegetasi air yang dipetakan dengan data SPOT-4, luas permukaan air danau yang dipetakan data IKONOS dan selisih luasan antara kedua luasan tersebut. Perbedaan antara kedua luasan tersebut adalah 146 ha, atau sekitar 5,4%.

Tabel 2. Perbandingan hasil luas permukaan air danau Limboto berdasar data 2010

Luas Danau	Berbasis SPOT	Berbasis IKONOS	Persentase selisih
Dengan vegetasi air	2696 ha	2550 ha	5.4%



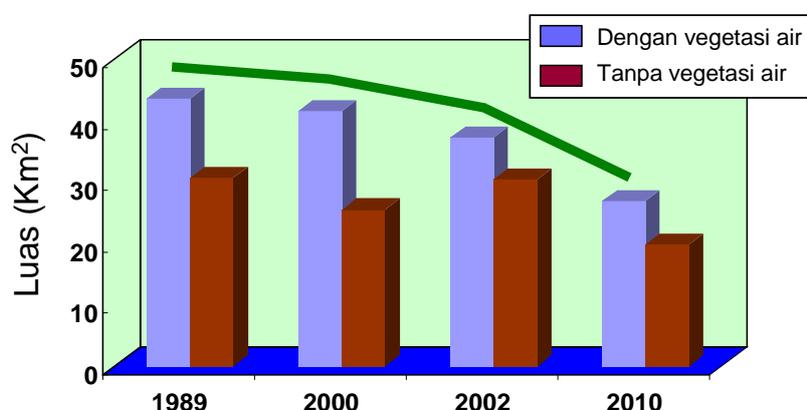
Gambar 8. Batas permukaan air danau dengan vegetasi air dari data SPOT, yang ditampilkan diatas data SPOT (kiri) dan data IKONOS (kanan)

Metode penentuan luas permukaan air danau diterapkan untuk memantau perubahan luas danau Limboto selama periode 1989-2010. Pemantauan dilakukan pada musim yang sama (musim hujan) dengan menggunakan data Landsat TM/ETM+ multi

temporal untuk bulan April tahun 1989, 2000, 2002 dan data SPOT untuk bulan Mei tahun 2010. Hasil penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa pemantauan sebaiknya dilakukan pada waktu dan musim yang sama (Trisakti, 2011). Gambar 9 memperlihatkan perubahan luas permukaan air danau Limboto selama periode 1989-2010. Berdasarkan hasil pemantauan tersebut dapat diketahui bahwa luas permukaan air danau Limboto mengalami tren yang semakin menurun. Tren ini sesuai dengan informasi yang dipublikasi melalui laporan atau website yang melaporkan bahwa luasan danau Limboto semakin menurun. Hasil perhitungan luas permukaan air danau diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perubahan luas permukaan air Danau Limboto tahun 1989 - 2010

Tahun	1989	2000	2002	2010
Luas (Km ²) dengan vegetasi air	43.6	41.5	37.3	27



Gambar 9. Perubahan luas permukaan air danau selama periode 1989-2010

KESIMPULAN

Kajian metode untuk menentukan luas permukaan air danau dilakukan dengan menggunakan data yang berbeda waktu dan sensor (Landsat TM/ETM+ dan SPOT-4), beberapa kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Standarisasi koreksi data orthorektifikasi dan radiometrik perlu dilakukan untuk menghilangkan kesalahan posisi dan mengurangi perbedaan nilai spektral piksel pada

objek yang sama akibat perbedaan waktu dan sensor perekaman, sehingga pemetaan batas permukaan air danau dapat dilakukan secara konsisten dan akurat.

- Komposit RGB (Red: NIR+SWIR, Green: NIR, Blue: NIR-Merah) baru yang diperoleh berbasis pengambilan sampel nilai spektral dapat digunakan untuk memisahkan vegetasi air dan vegetasi non-air secara lebih tegas, dibandingkan komposit RGB yang umum digunakan.
- Verifikasi dengan data IKONOS dan hasil survei lapangan menunjukkan bahwa batas permukaan air danau dengan memperhatikan sebaran vegetasi air lebih akurat, dengan selisih luas permukaan air danau terhadap citra referensi (IKONOS) sebesar 5%.
- Hasil pemantauan terhadap luas permukaan air danau Limboto memperlihatkan bahwa luasan danau mengalami tren yang semakin menurun selama periode 1989-2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Brezonik P.L., Kloiber S.M., Olmanson L.G., and Bauer, M.E., 2002, *Satellite and GIS Tools to Assess Lake Quality*, Water Resources Center, Technical Report 145, May 2002.
- Fahmudin A. dan Widiyanto, 2004, *Petunjuk Praktik Konservasi Tanah Pertanian Lahan Kering*, World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia, Bogor, Indonesia.
- Firman M., 2006, *Studi Konservasi Danau Limboto Kabupaten Gorontalo*, Master Thesis, Civil Engineering, ITB, Bandung
- Liu J., Hirose T., Kapfer M. and Bennett J., 2007, *Operational Water Quality Monitoring over Lake Winnipeg Using Satellite Remote Sensing Data*, Our Common Borders – Safety, Security, and the Environment Through Remote Sensing October 28 – November 1, 2007, Ottawa, Ontario, Canada
- Li R. and Li J., 2004, *Satellite Remote Sensing Technology for Lake Water Clarity Monitoring: An Overview*, International Society for Environmental Information Sciences, Environmental Informatics Archives, Volume 2 (2004), 893-901
- Mostafa M.M. and Soussa H.K., 2006, *Monitoring of Lake Nasser Using Remote Sensing and GIS Techniques*, ISPRS Commission VII Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes", Enschede, the Netherlands. 8-11 May 2006

Suzanne F. and Wu X., 2009, *General Guidelines for Terrain Correction of Landsat TM Images*, INCAS Project

Trisakti B., Susanto, Suwargana N., Julzarika A. dan Nugroho G., 2011, *Pengembangan Model Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Danau*, Laporan akhir kegiatan 2011, Bidang Sumberdaya Wilayah Darat, Pusfatja, LAPAN

PEMANTAUAN PERUBAHAN KUALITAS DANAU SELAMA PERIODE 1990-2011 MENGGUNAKAN CITRA SATELIT MULTI TEMPORAL

Bambang Trisakti dan Gagat Nugroho

*Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh - LAPAN
Jl. Lapan No.70, Pekayon-Pasar Rebo, Jakarta 13710
E-mail: btriso1@yahoo.com*

ABSTRAK

Program nasional penyelamatan danau 2010-2014 telah menetapkan 15 danau prioritas yang perlu segera dipulihkan dan dijaga kelestariannya. Kegiatan ini bertujuan untuk memantau perubahan luas permukaan air danau dan sebaran vegetasi air di danau Limboto, Tondano dan Tempe selama periode 1990-2011 dengan citra satelit multi temporal Landsat dan SPOT-4. Ketiga danau tersebut adalah danau prioritas di Pulau Sulawesi yang bermasalah dengan tingginya sedimentasi yang mengakibatkan pendangkalan dan penyempitan danau, yang selanjutnya berpengaruh terhadap penurunan volume air danau. Metode pemantauan yang digunakan telah dibangun pada penelitian sebelumnya, yaitu: melakukan standarisasi data, identifikasi vegetasi air dengan komposit citra dan pemetaan luas permukaan air danau dengan mempertimbangkan sebaran vegetasi air. Hasil pemantauan luas permukaan air danau selama periode 1990-2011 menunjukkan bahwa, Danau Limboto dan Danau Tempe mempunyai kecenderungan luas yang semakin menurun dan sebaran vegetasi air yang semakin meningkat. Sementara Danau Tondano mempunyai luas permukaan air yang relatif tidak terlalu berubah, tetapi terjadi peningkatan sebaran vegetasi air.

Kata kunci : *Danau prioritas, Luas permukaan air danau, sebaran vegetasi air, citra satelit multi temporal*

PENDAHULUAN

Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH) menyatakan bahwa, ekosistem danau di wilayah Indonesia menyimpan kekayaan 25% plasma nutfah dunia, menyuplai 72% air permukaan dan penyedia air untuk pertanian, sumber air baku masyarakat, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, pariwisata dan lain-lain. Tetapi dewasa ini banyak danau di Indonesia telah mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang diakibatkan oleh penambahan penduduk, konversi lahan hutan di wilayah DAS danau, polusi dan erosi (Fahmudin dan Widiyanto, 2004). Oleh karena sangat diperlukan usaha pemerintah dan masyarakat untuk melakukan pencegahan dan pemulihan agar kualitas danau dapat tetap lestari dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitarnya.

Pemantauan lingkungan danau di Indonesia perlu segera dilakukan karena selama ini telah banyak danau mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang sebagian besar diakibatkan oleh terjadinya konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian maupun menjadi penggunaan lahan lainnya: permukiman, industri dan pertambangan. Konversi/pembukaan lahan yang tidak menggunakan prinsip kelestarian lingkungan

dapat mengakibatkan banyak hal negatif, tidak hanya dalam tahap pembukaannya tetapi juga pada tahap penggunaan dan pengelolaannya. Keterlambatan penanaman pada lahan yang telah dibuka akan menimbulkan erosi tanah pada saat musim hujan, terutama pada daerah dengan kelerengan yang curam. Tingginya erosi pada wilayah DAS mengakibatkan keruhnya wilayah perairan, yang pada gilirannya mengakibatkan gangguan terhadap kehidupan perairan di danau, waduk dan sungai.

Sebagai contoh adalah semakin meningkatnya konsentrasi sedimen tersuspensi di perairan danau, yang mengakibatkan penyempitan danau dan berkurangnya produksi perikanan di danau tersebut. Salah satu danau yang saat ini kondisinya sangat memprihatinkan dan menjadi salah satu prioritas pemerintah adalah Danau Limboto di Provinsi Gorontalo. Berdasarkan data dari KNLH, masalah yang dihadapi oleh Danau Limboto adalah (1) pendangkalan dan penyusutan luas, (2) penurunan kualitas air danau, (3) perkembangan eceng gondok yang cepat, (4) penurunan volume air, (5) penurunan produktivitas perikanan, (6) bertambahnya kerawanan banjir. Luas dan kedalaman danau ini sudah mengalami perubahan yang sangat signifikan.

Pemanfaatan data satelit penginderaan jauh telah dilakukan untuk memetakan luas permukaan air danau (Firman, 2006) dan tingkat kekeruhan perairan yang merupakan penyebab utama terjadinya pendangkalan dan penyempitan luas permukaan air danau (Liu *et al.*, 2007; Trisakti *et al.*, 2004). Pemantauan perubahan permukaan air danau membutuhkan data satelit multi temporal yang berbeda waktu, dimana pemenuhan kebutuhan data temporal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan data satelit dari sensor yang sama atau dari sensor yang berbeda. Penggunaan data yang berbeda waktu dan berbeda sensor memerlukan standarisasi data untuk menghasilkan informasi yang konsisten dan akurat. Pada penelitian sebelumnya (Trisakti *et al.*, 2011) telah melakukan standarisasi koreksi data dan membangun model penentuan luas permukaan air danau dengan mempertimbangkan distribusi vegetasi air dipermukaan air danau, luas permukaan air yang dihasilkan mempunyai selisih sebesar 5% dengan luas permukaan air danau yang dihasilkan dengan data resolusi sangat tinggi (IKONOS).

Kegiatan ini bertujuan untuk mengimplementasikan model penentuan luas danau yang telah dikembangkan oleh Trisakti *et al.* (2011) untuk memantau perubahan luas permukaan air danau dengan menggunakan data multitemporal dan multisensor, yaitu

data Landsat dan SPOT-4 tahun 1989-2000. Pemantauan dilakukan pada 3 danau prioritas di pulau Sulawesi, yaitu: danau Limboto, Tondano dan Tempe.

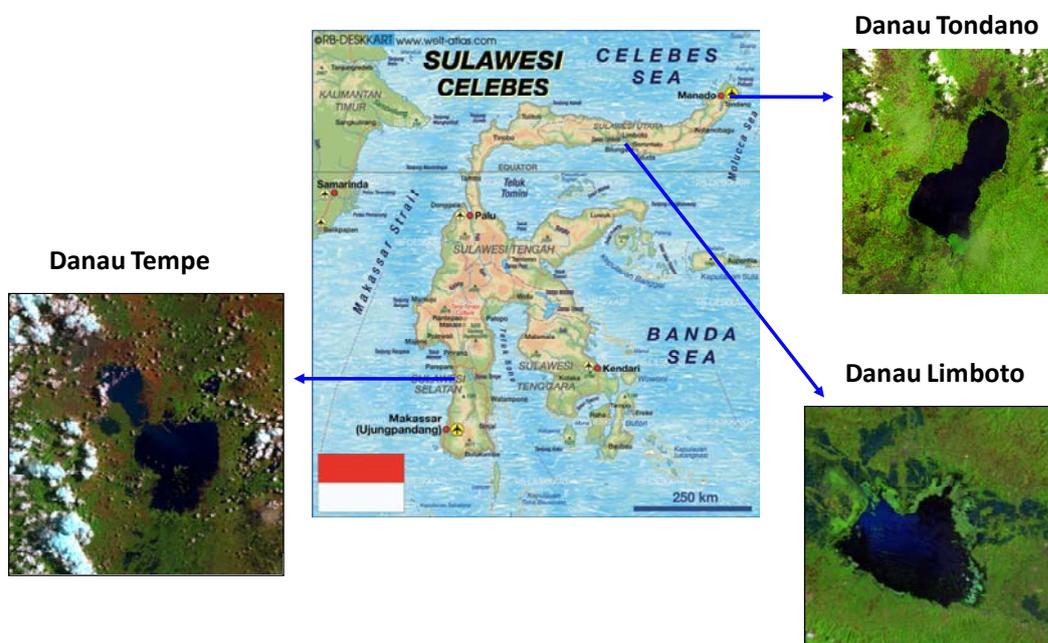
METODOLOGI

Lokasi dan Data

Lokasi penelitian adalah Danau Limboto, Danau Tondano dan Danau Tempe di pulau Sulawesi, yang diperlihatkan pada Gambar 1. Danau-danau ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Merupakan danau yang termasuk dalam 15 danau program pengelolaan danau prioritas tahun 2010-2014. Dengan permasalahan utama adalah pendangkalan dan penyempitan, serta penyebaran vegetasi air
- Ketersediaan data satelit multi temporal selama periode 1989-2011, yang dapat digunakan untuk melihat perubahan luas permukaan air danau.

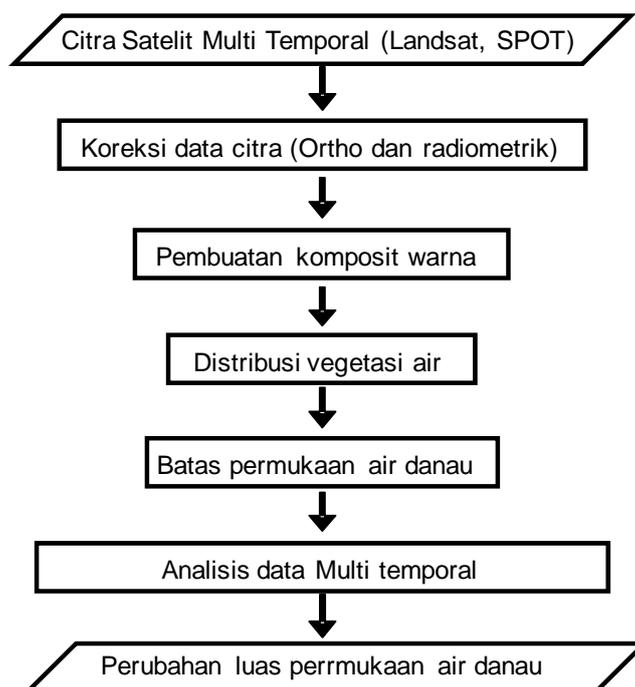
Data yang digunakan adalah data satelit Landsat TM/ETM dan data satelit SPOT 4 multi temporal selama periode 1989 – 2011. Setiap danau kajian (Limboto, Tondano dan Tempe) menggunakan 4 data satelit yang berbeda tahun perekaman, sehingga dapat dilihat perubahan yang terjadi selama periode tersebut.



Gambar 1. Danau Limboto, Tondano dan Tempe di pulau Sulawesi

Metode Penelitian

Diagram alir dari kegiatan diperlihatkan pada Gambar 2. Proses standarisasi data dengan melakukan koreksi geometrik dan radiometrik. Data Landsat dikoreksi ortho dan radiometrik menggunakan proses pengolahan yang digunakan dalam program *Indonesia Carbon Accounting System* yang mengacu pada metode yang sudah diterapkan di Australia (Suzanne, 2009; Suzzane dan Wu, 2009), sedangkan SPOT-4 dilakukan secara manual. Metode koreksi yang dilakukan, secara detil dijelaskan pada Trisakti et al.(2011).



Gambar 2. Diagram alir dari kegiatan penelitian Kualitas air danau

Pemetaan luas permukaan air danau dilakukan dengan identifikasi sebaran vegetasi air, dan melakukan deliniasi batas permukaan air danau dengan memperhatikan vegetasi air tersebut. Identifikasi vegetasi air dilakukan dengan menggunakan komposit RGB ($R=NIR+SWIR$, $G=NIR$, $B=NIR-Red$), dimana vegetasi air berwarna putih dan dapat dibedakan secara lebih tegas dibandingkan vegetasi di sekitarnya Trisakti et al. (2011). Berdasarkan hasil survei lapangan, warna putih tebal pada vegetasi air berarti kondisi vegetasi air dengan tingkat kehijauan yang tinggi yang disebabkan vegetasi air tersebut masih cukup mendapatkan air (tumbuh diatas air atau pada tanah yang basah yang

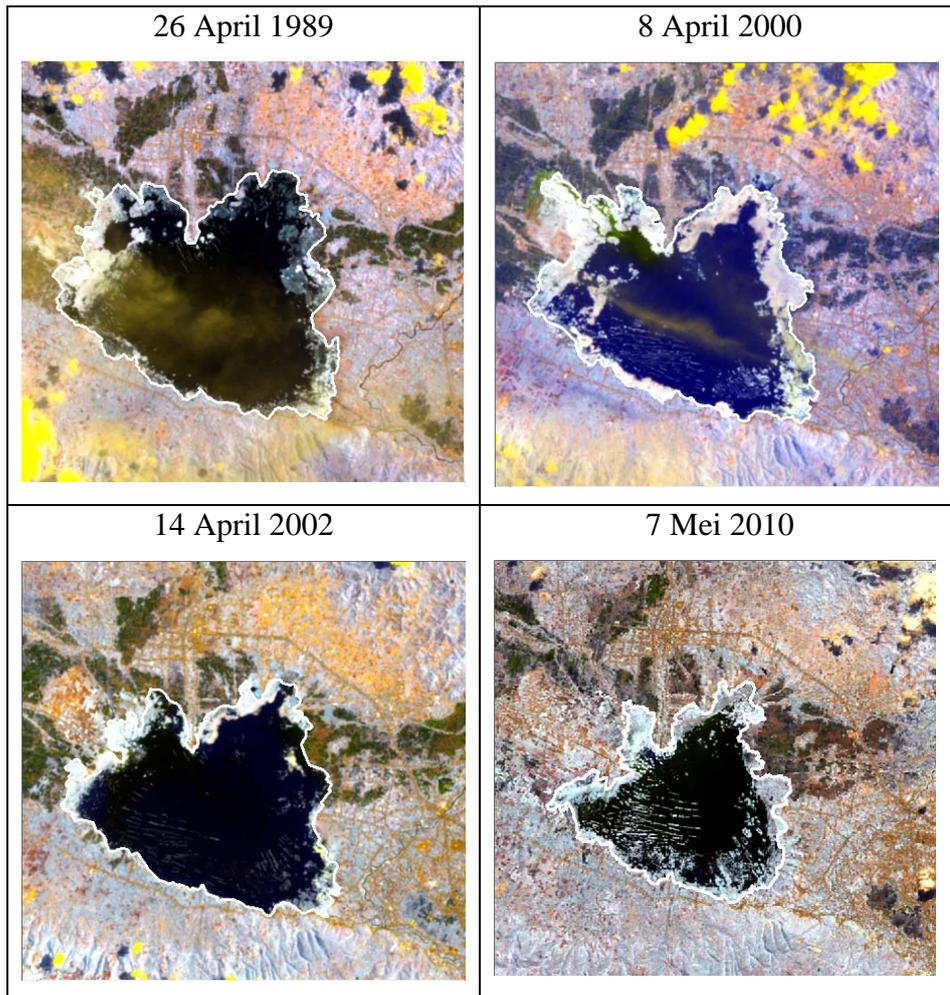
masih menjadi bagian danau), sedangkan warna putih tipis berarti kondisi vegetasi air dengan tingkat kehijauan rendah karena vegetasi air kurang mendapat air dari bagian bawahnya (tanah telah mengering dan bukan menjadi bagian danau). Deliniasi batas permukaan air danau dilakukan dengan memasukan vegetasi air dengan warna putih tebal.

Selanjutnya dilakukan pemantauan permukaan air danau dengan menggunakan data satelit Landsat dan SPOT 4, dan melakukan perhitungan perubahan luasan permukaan air danau Limboto, danau Tondano dan danau Tempe selama periode 1989-2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Naik turunnya permukaan air danau sangat berfluktuasi dari musim ke musim karena dipengaruhi curah hujan. Hal ini telah dibuktikan pada hasil pemantauan luas permukaan air danau selama periode 2002-2003, dimana luas permukaan air danau Limboto berfluktuasi selama 1 tahun yang berkesesuaian dengan fluktuasi curah hujan (Trisakti et al., 2011). Sehingga pemantauan luas permukaan air danau perlu dilakukan pada kondisi musim yang sama.

Hasil deliniasi batas permukaan air Danau Limboto di Provinsi Gorontalo selama periode tahun 1989-2010 diperlihatkan pada Gambar 3. Deliniasi batas permukaan air dilakukan dengan mempertimbangkan vegetasi air. Perubahan luas permukaan air danau Limboto selama periode 1989-2010 diperlihatkan pada pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pemantauan tersebut dapat diketahui bahwa luas permukaan air Danau Limboto dengan mempertimbangkan sebaran vegetasi air mengalami kecenderungan luas yang semakin menurun. Penurunan luas permukaan air danau selama periode 1989-2002, terjadi dengan rata-rata penurunan sebesar 0,48 Km²/tahun. Sedangkan penurunan luas permukaan air danau terjadi sangat signifikan pada periode 2002-2010, dengan rata-rata penurunan sebesar 1,29 Km²/tahun. Adanya kecenderungan penurunan luasan danau Limboto ini sesuai dengan Informasi yang telah dipublikasi melalui website dan laporan (Firman, 2006) yang menyatakan bahwa luas Danau Limboto semakin menurun dari tahun ke tahun.



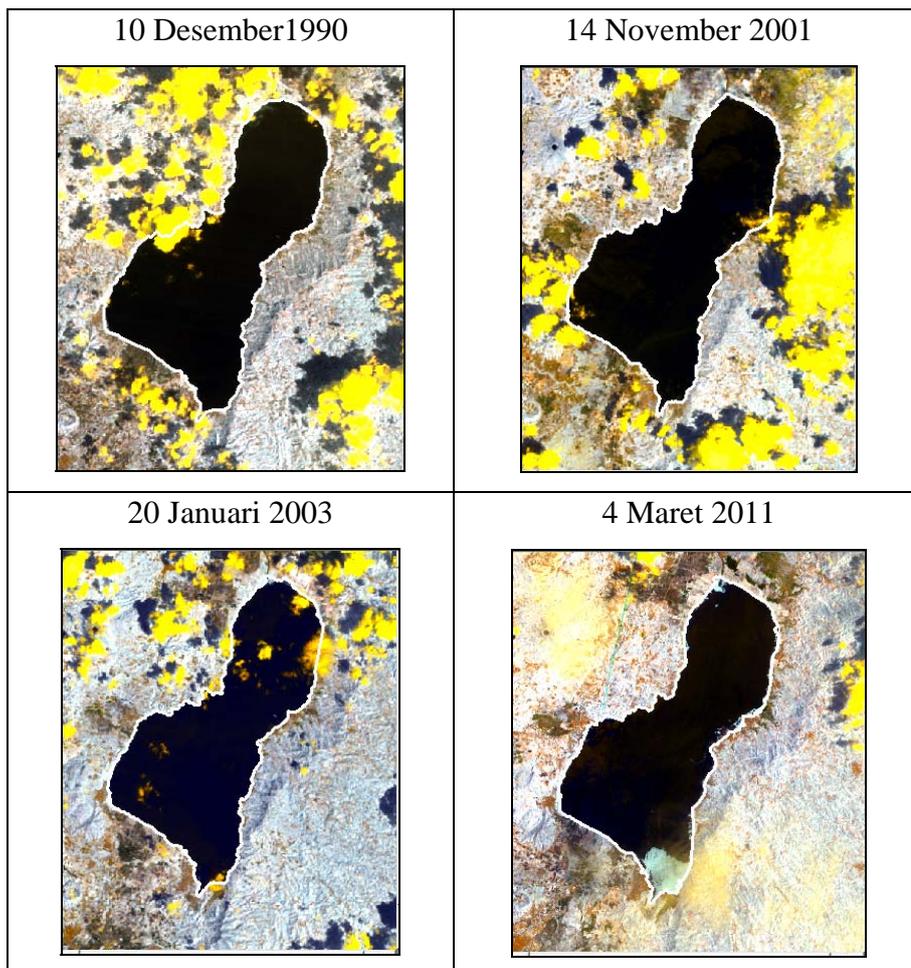
Gambar 3. Batas permukaan air Danau Limboto selama periode 1989-2010

Selain perubahan luasan permukaan air, perlu juga diperhatikan pertambahan sebaran vegetasi air di danau Limboto. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa penyebaran vegetasi air (seperti: eceng gondok) yang terlihat berwarna putih dengan menggunakan komposit warna RGB ($R=NIR+SWIR$, $G=NIR$, $B=NIR-Red$), semakin bertambah dari tahun ketahun. Pada tahun 2010, vegetasi air sudah menyebar ke bagian tengah danau Limboto.

Tabel 1. Perubahan luas permukaan air Danau Limboto tahun 1989 – 2010

Tahun	1989	2000	2002	2010
Luas (Km ²) dengan vegetasi air	43,6	41,5	37,3	27

Hasil deliniasi batas permukaan air Danau Tondano di provinsi Sulawesi Utara selama periode tahun 1990-2011 diperlihatkan pada Gambar 4, sedangkan perubahan luas permukaan air danau Tondano selama periode 1989-2010 diperlihatkan pada pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pemantauan diketahui bahwa bentuk dan luas permukaan air Danau Tondano relatif tidak berubah, dengan luas sebesar 46-47 km². Sebaran vegetasi air tidak teridentifikasi pada tahun 1990 dan 2001, tapi mulai terlihat berkembang di wilayah outlet (bagian atas) danau pada tahun 2003 dan semakin menyebar di wilayah inlet danau dan perairan pinggir danau yang merupakan lokasi keramba budidaya pada tahun 2011.



Gambar 4. Batas permukaan air Danau Tondano selama periode 1990-2011

Berdasarkan hasil diskusi dengan institusi terkait saat survei lapangan dan informasi yang dipublikasi di website, permasalahan utama dari danau Tondano adalah pendangkalan danau akibat sedimentasi dan semakin banyaknya penyebaran vegetasi air di danau. Hal ini menyebabkan berkurangnya volume air danau yang berakibat pada terganggunya produksi listrik dari PLTA yang memanfaatkan air danau Tondano. Selanjutnya penyebaran vegetasi air yang semakin bertambah mengakibatkan terganggunya keindahan danau dan usaha budidaya perikanan. Data penginderaan jauh mempunyai peranan yang penting untuk melihat pengaruh perubahan lahan di daerah tangkapan air danau (catchment area) terhadap tingginya sedimentasi yang masuk ke dalam danau. Sehingga selain pemantauan luasan danau dan sebaran vegetasi air, maka data satelit penginderaan jauh dapat digunakan untuk memantau perubahan lahan yang terjadi di daerah tangkapan air (catchment area) danau Tondano. Yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengetahui besarnya konversi lahan yang terjadi sebagai masukan bagi intasi terkair.

Tabel 2. Perubahan luas permukaan air Danau Tondano tahun 1990 – 2011

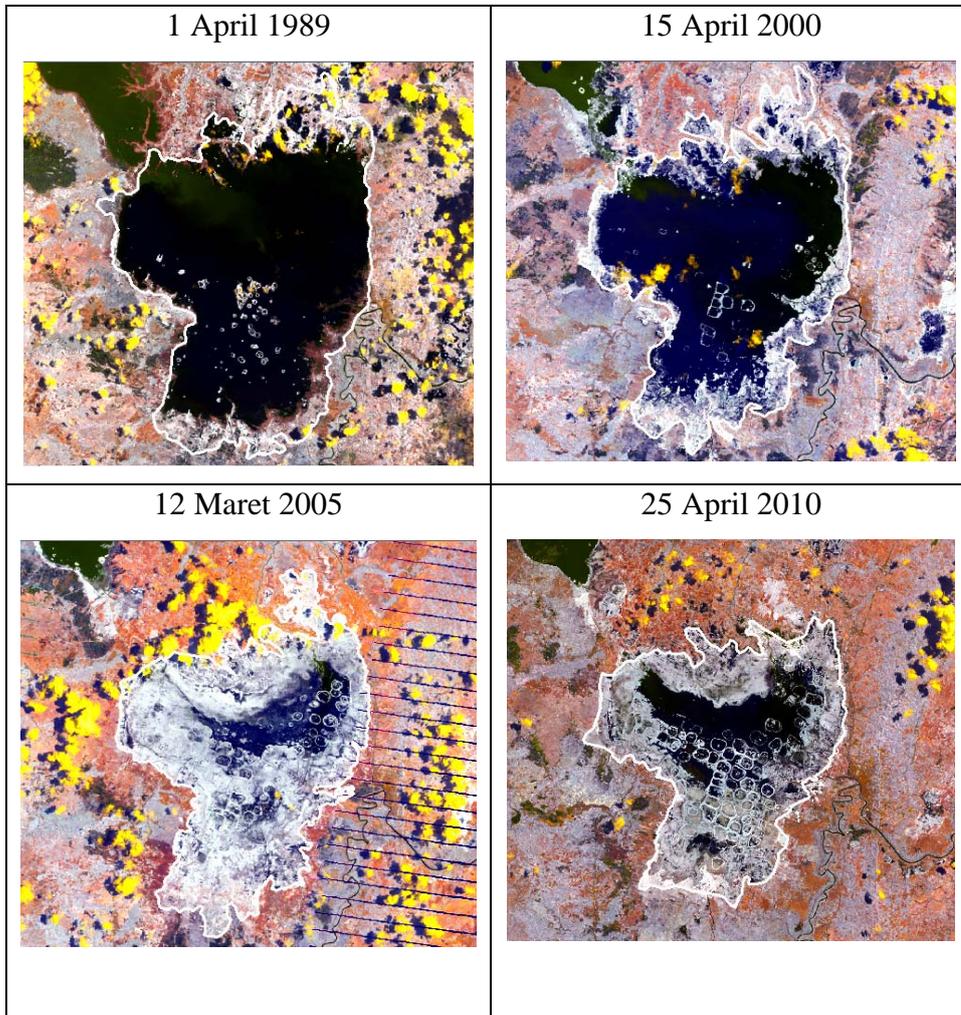
Tahun	1990	2000	2003	2011
Luas (Km ²) dengan vegetasi air	46,51	46,65	46,87	46,70

Hasil deliniasi batas permukaan air Danau Tempe di Provinsi Sulawesi Selatan selama periode tahun 1989-2011 diperlihatkan pada Gambar 5, sedangkan perubahan luas permukaan air danau Tempe selama periode 1989-2010 diperlihatkan pada pada Tabel 3. Berdasarkan hasil pemantauan tersebut, luas permukaan air Danau Tempe mengalami penurunan luas permukaan yang sangat besar dibandingkan penurunan yang terjadi pada Danau Limboto. Penurunan luas permukaan air danau selama periode 1989-2010, terjadi dengan rata-rata penurunan sebesar 1,48 Km²/tahun.

Sebaran vegetasi air di Danau Tempe sangat cepat dibandingkan dengan dua danau lainnya. Vegetasi air sudah teridentifikasi dari tahun 1989, dan semakin berkembang pada tahun 2000. Selanjutnya vegetasi air tersebut sudah menutupi sebagian besar permukaan air Danau Tempe, yang dapat diamati pada data satelit tahun 2005 dan 2010.

Tabel 3. Perubahan luas permukaan air Danau Tempe tahun 1989 – 2010

Tahun	1989	2000	2005	2010
Luas (Km ²) dengan vegetasi air	224,94	203,03	165,34	151,94



Gambar 5. Batas permukaan air Danau Tempe selama periode 1989-2010

KESIMPULAN

Pemantauan luas permukaan air danau dan sebaran vegetasi Danau Limboto, Tondano dan Tempe di Pulau Sulawesi dilakukan dengan menggunakan data satelit multi temporal dan multi sensor (Data Landsat dan SPOT-4), beberapa hal yang dapat disimpulkan adalah:

1. Luas permukaan air danau Limboto mengalami penurunan selama periode 1989-2010 dengan rata-rata penurunan 0,48km² (1989-2002) dan 1,29 km² (2002-2010). Vegetasi air semakin meluas dan menyebar ke bagian tengah danau
2. Luas permukaan air danau Tondano relatif tidak berubah selama periode 1990-2011, tetapi sebaran vegetasi air meningkat pada tahun 2011, terutama pada bagian inlet dan outlet danau, serta dipinggir danau yang berdekatan dengan lokasi keramba untuk budidaya perikanan.
3. Luas permukaan air danau Tempe mengalami penurunan selama periode 1989-2010 dengan rata-rata penurunan 1.48km². Vegetasi air semakin meluas dan menyebar menutupi hampir seluruh permukaan air danau Tempe

DAFTAR PUSTAKA

- Fahmudin A. dan Widiyanto, 2004, *Petunjuk Praktik Konservasi Tanah Pertanian Lahan Kering*, World Agroforestry Centre ICRAF Southeast Asia, Bogor. Indonesia
- Firman M., 2006, *Studi Konservasi Danau Limboto Kabupaten Gorontalo*, Master Thesis, Civil Engineering, ITB
- Liu J., Hirose T., Kapfer M., dan Bennett J., 2007, *Operational Water Quality Monitoring over Lake Winnipeg Using Satellite Remote Sensing Data*, Our Common Borders – Safety, Security, and the Environment Through Remote Sensing, October 28 – November 1, 2007. Ottawa, Ontario, Canada.
- Suzanne F., 2009, *General guidelines for registering Landsat TM coverage to the rectification base and performing the BRDF Correction*, INCAS Project
- Suzanne F. and Wu X., 2009, *General guidelines for Terrain Correction of Landsat TM Images*, INCAS Project
- Trisakti B., Parwati, dan Budhiman S., 2004, *The Study Of MODIS Aqua Data For Mapping TSM In Coastal Water Using the Approach Of Landsat 7 ETM Data*, International Journal of Remote Sensing and Earth Science, International Society of Remote Sensing and Sciences IReSES. Vol 2
- Trisakti B., Susanto, Suwargana N., Julzarika A. dan Nugroho G., 2011, *Pengembangan Model Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) dan Danau*, Laporan akhir kegiatan 2011, Bidang Sumberdaya Wilayah Darat, Pusfatja, LAPAN

PEMANTAUAN LUAS RAWA PENING PERIODE 1992, 2001 dan 2006 BERBASIS DATA LANDSAT-TM DAN IKONOS

Nana Suwargana

*Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – LAPAN
Jl. Lapan No. 70, Pekayon-Pasar Rebo, Jakarta 13710
E-mail :nana.suwargana@gmail.com*

ABSTRAK

Sebagai media penyokong daya tampung air, danau mempunyai peranan penting sebagai pengatur irigasi, pembangkit tenaga listrik, pertanian, pariwisata dan perikanan. Penurunan kualitas air seperti kekeruhan hingga menjadi dangkal bahkan penyempitan luas danau merupakan persoalan yang serius yang harus ditangani oleh berbagai pihak. Data satelit multitemporal dengan waktu perekaman yang berbeda, dapat dimanfaatkan untuk memantau kondisi danau, terutama perubahan luasan danau selama tenggang waktu tertentu. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemantauan luasan danau dengan menggunakan citra satelit Landsat-TM 1992, 2001 dan data resolusi tinggi yaitu satelit IKONOS 2006 di lokasi danau Rawa_Pening, Provinsi Jawa Tengah. Metoda penelitian dilakukan dengan cara delineasi batas danau terhadap daratan dan mempertimbangkan batas vegetasi air berdasarkan citra komposit warna RGB secara langsung di layar monitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan luas danau dapat dipantau, sehingga pemantauan sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan vegetasi air. Selama periode 1992, 2001 dan 2006 luasan danau Rawa_Pening dapat dipantau menurun dari berkisar 2923,21 Ha pada tahun 1992 menjadi 2698,48 Ha di tahun 2001 dan menjadi berkisar 2677,76 Ha di tahun 2006. Menurunnya permukaan air danau dikarenakan pengaruh sedimentasi yang setiap tahun semakin bertambah.

Kata kunci: LANDSAT-TM, IKONOS dan data multitemporal.

ABSTRACT

As media support capacity of the water, the lake has an important role as a regulator of irrigation, power plants, agriculture, tourism and fisheries. Decline in water quality such as turbidity to be shallow but broad lake narrowing is a serious issue that should be addressed by all parties. Multitemporal satellite data with different recording time, can be used to monitor the condition of the lake, especially changes in lake extents for the grace of time. The purpose of this study was extents lake monitoring using Landsat-TM satellite image, 1992, 2001 and high resolution data IKONOS satellite that is on site Rawa Pening lake 2006, Central Java Province. Method of research done by delineasi limit of lake-shore and water vegetation to consider limits based on an RGB color composite image directly on the screen monitor. The results showed that the lake area change can be monitored, so that monitoring is performed by considering the water vegetation. During the period 1992, 2001 and 2006 extents Rawa Pening lake ranges can be monitored decreased from 2923.21 Ha in 1992 to 2698.48 Ha in 2001 and became 2677.76 Ha ranges in 2006. Declining influence of surface water due to sedimentation of the lake each year is increasing.

Keywords: LANDSAT-TM, IKONOS and multitemporal data.

PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak danau di Indonesia telah mengalami degradasi (*penurunan kualitas*) yang diakibatkan oleh penambahan penduduk, konversi lahan hutan di

wilayah DAS danau, polusi dan erosi (Fahmudin dan Widiyanto, 2004). Dari Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLNH) menyatakan bahwa, ekosistem danau di wilayah Indonesia menyimpan kekayaan 25% plasma nutfah di dunia, menyuplai 72% air permukaan dan penyedia air untuk pertanian, sumber air baku masyarakat, pertanian, pembangkit listrik tenaga air, pariwisata dan lain-lain. Oleh karena itu dengan melihat kondisi yang ada, maka perlu dilakukan usaha pencegahan agar pemulihan kualitas danau dapat tetap lestari dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitarnya.

Pemantauan lingkungan danau di Indonesia perlu dilakukan pengamatan secara dini karena selama ini telah mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang sebagian besar diakibatkan oleh terjadinya konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian maupun menjadi penggunaan lahan lainnya seperti permukiman, industri dan pertambangan. Konversi/pembukaan lahan yang tidak menggunakan prinsip kelestarian lingkungan dapat mengakibatkan banyak hal negatif, tidak hanya dalam tahap pembukaannya tetapi juga pada tahap penggunaan dan pengelolaannya. Selanjutnya, keterlambatan penanaman pada lahan yang telah dibuka akan menimbulkan erosi tanah pada saat musim hujan, terutama pada daerah dengan kelerengan yang curam. Tingginya erosi pada wilayah DAS mengakibatkan keruhnya wilayah perairan, yang pada gilirannya mengakibatkan gangguan terhadap kehidupan perairan di wilayah sungai, waduk, danau, dan lain-lain. Wilayah tersebut merupakan sumber tenaga listrik, irigasi dan media untuk kehidupan habitat ikan yang hidup dialam bebas. Hal ini sangat penting, karena data lingkungan yang diperoleh dari studi kelayakan oleh beberapa konsultan pada tahun-tahun yang lama tentunya sudah berubah banyak akibat perubahan rona lingkungan. Salah satu dari data lingkungan adalah semakin meningkatnya perubahan luas danau sebagai akibat dari sedimen.

Pada umumnya sedimentasi terdiri dari lumpur, pasir halus, dan jasad-jasad renik yang sebagian besar disebabkan karena pengikisan tanah atau erosi yang terbawa ke badan air sungai. Pengamatan terhadap sebaran sedimentasi sering dilakukan untuk mengetahui kualitas luasan dari perairan danau. Nilai sedimentasi yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran. Berdasarkan PP Nomor 82 tahun 2001, air yang dapat digunakan untuk air baku air minum adalah air dengan mutu kelas 1 (satu) atau memiliki <50 mg/l kandungan sedimentasi. Sedangkan air yang dapat digunakan

untuk pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut adalah air dengan mutu kelas IV (empat) atau memiliki <400 mg/l kandungan sedimentasi.

Salah satu danau yang saat ini kondisinya sangat memprihatinkan dan menjadi salah satu prioritas pemerintah diantaranya adalah Danau rawa Pening. Masalah yang dihadapi oleh Danau Rawa pening adalah (1) pendangkalan dan penyusutan luas, (2) penurunan kualitas air danau, (3) perkembangan eceng gondok yang cepat, (4) penurunan volume air, (5) penurunan produktivitas perikanan, dan (6) bertambahnya kerawanan banjir. Luas dan kedalaman danau ini sudah mengalami perubahan yang sangat signifikan.

Teknik penginderaan jauh telah banyak digunakan untuk mengetahui kualitas perairan (tingkat kekeruhan/sedimentasi). Beberapa penelitian memperlihatkan bahwa tingkat sedimentasi perairan dapat dideteksi dengan menggunakan dua atau lebih data citra satelit yang berbeda waktu rekaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan luasan danau sebagai akibat sedimentasi dengan menggunakan data secara multitemporal dan multisensor, yaitu data Landsat tahun 1992 dan tahun 2001 serta data Ikonos tahun 2006.

METODOLOGI

Lokasi dan Data

Lokasi penelitian adalah danau Rawa Pening pada posisi : $07^{\circ} 15' 45''$ LS – $07^{\circ} 19' 23''$ LS dan $110^{\circ} 24' 31''$ BT - $110^{\circ} 28' 06''$ BT. Gambar 1 adalah lokasi danau Rawa Pening pada citra satelit dan diperlihatkan dengan tumbuhan eceng gondognya sebagai tanaman gulma. Rawa pening terletak di wilayah Kabupaten Semarang dengan ketinggian 463 m dpl dan berada di antara wilayah Kecamatan Banyubiru, Ambarawa, Bawen dan Tuntang. Perairan Rawa Pening menjadi tempat bermuaranya beberapa sungai, yaitu Sungai Ngaglik, Sungai Panjang, Sungai Legi, Sungai Muncul, Sungai Parat dan Sungai Sraten, sedangkan sebagai aliran keluar (inlet) mengalir melalui Sungai Tuntang. Selain untuk kegiatan irigasi, wisata dan pembangkit tenaga listrik, Rawa Pening juga dimanfaatkan untuk perikanan Berbagai jenis usaha perikanan di Rawa Pening telah dilakukan oleh masyarakat desa dan sekitarnya secara turun

temurun. Danau ini mengalami pendangkalan yang pesat. Pernah menjadi tempat mencari ikan, kini hampir seluruh permukaan rawa ini tertutup vegetasi air (eceng gondok). Gulma ini juga sudah menutupi Sungai Tuntang, terutama di bagian hulu.

Disaat musim penghujan menurut Dinas Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan (Distanbunhut) Kabupaten Semarang, 2006 luapan air Rawa Pening berkisar 202 hektar areal pertanian disekitarnya tergenang air. Menurutny menjelaskan areal pertanian yang tergenang itu terletak di desa Tambakboyo dan Bejalen Kecamatan Ambarawa seluas 55 hektar, desa Rowosari Tuntang 30 hektar dan di Kecamatan Banyubiru seluas 117 hektar yang tersebar di tiga desa. Luapan air Rawa Pening itu terjadi diperkirakan karena sedimentasi di dasar rawa dan populasi eceng gondok yang sangat banyak dan tidak terkendali. Upaya pengerukan lumpur dari dasar rawa dan pembersihan eceng gondok diakui membutuhkan dana besar dan menjadi kewenangan Pemerintah Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 1. Danau Rawa Pening dan Eceng gondok di Provinsi Jawa Tengah.

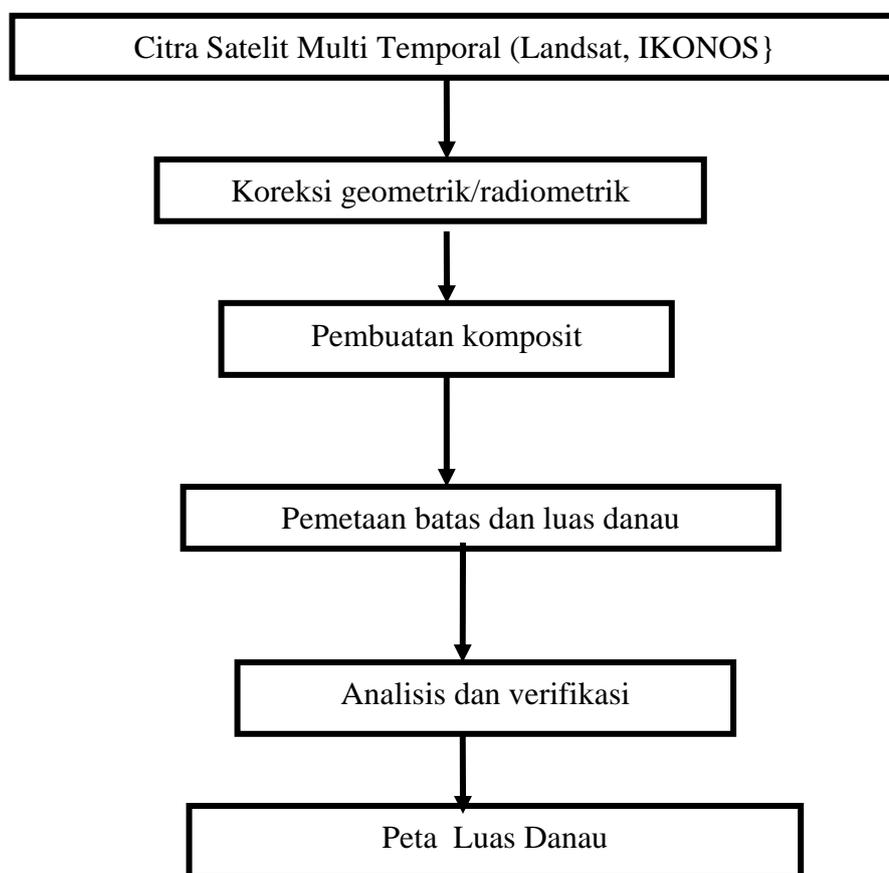
Data yang digunakan terdiri dari:

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra satelit beresolusi spasial menengah dan tinggi yaitu data Landsat-TM dan data Ikonos :

1. Data Landsat TM yang akuisisi tanggal 25 Desember 1992 dan 28 April 2001,
2. Data resolusi tinggi yaitu IKONOS akuisisi tanggal 13 Juni 2006.

Metode Penelitian

Proses kegiatan dibagi menjadi 2 tahapan utama, yaitu: Tahap penyiapan data terdiri koreksi geometrik dan radiometrik, pembuatan komposit RGB, pemetaan batas dan luas danau, analisis dan verifikasi pemantauan luasan danau. Diagram alir dari keseluruhan kegiatan diperlihatkan pada Gambar 2. Sebelum dilakukan pengolahan data Landsat dikoreksi radiometrik dan geometric dahulu, sedangkan untuk data Ikonos dilakukan secara rektifikasi dengan data Landsat untuk menyamakan (mesh) posisi koordinat.



Gambar 2. Diagram alir dari kegiatan pemantaun Luas Danau

Metoda penelitian adalah membangun citra komposit warna dan delineasi citra satelit. Pengolahan data citra satelit berdasarkan analisis spektral dengan cara membuat komposit warna RGB (542) tujuannya adalah untuk mempermudah pengenalan gambaran dari pada obyek citra satelit yang akan dianalisis. Berdasarkan karakteristik

dari masing-masing citra satelit, kanal yang cukup jelas untuk mendeteksi obyek batas garis pantai antara air dan darat adalah kanal 2, 4, dan 5 sehingga komposit kanalnya (RGB) dapat dilakukan dengan mensuperposisikan kanal 542. Dimana kanal 5 diberi filter merah, kanal 4 diberi filter hijau dan kanal 2 diberi filter biru sehingga hasilnya setelah digabung menjadi komposit warna asli (*True Color Composite*) RGB 542. Guna untuk mempermudah dalam digitasi permukaan air danau kemudian dilakukan penajaman citra, tujuannya adalah untuk memperjelas kenampakan pada obyek penutupan terutama pada daerah wilayah batas antara air, vegetasi air dan darat.

Delineasi dilakukan dengan cara pendigitasian dilayar monitor secara langsung terhadap obyek sepanjang batas air dan daratan. Kemudian hasil delineasi pada setiap citra dari tahun 1992, 2001, dan 2006 dihitung luasannya. Untuk mengetahui perubahan luasan setiap citra maka garis batas hasil digitasi citra Landsat tahun 1992 dan hasil digitasi citra Landsat tahun 2001 serta citra Ikonos tahun 2006 dibandingkan dan dianalisis sehingga dapat diketahui perubahan-perubahan luasan danau yang terjadi dari ketiga citra tersebut.

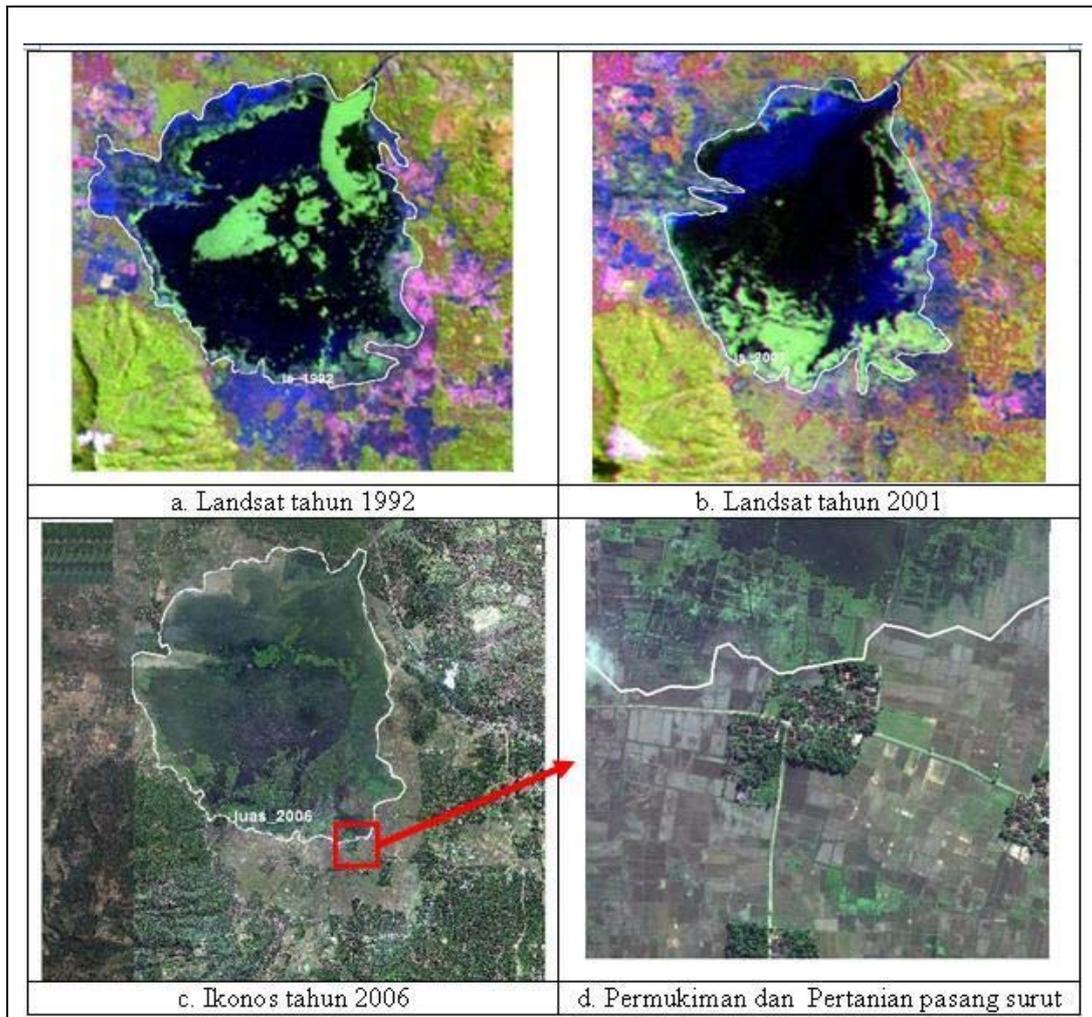
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan mempertimbangkan permukaan air dan vegetasi air dengan darat maka hasil deliniasi batas permukaan danau Rawa Pening selama periode tahun 1992, 2001, dan 2006 diperlihatkan pada Gambar 3a, 3b, 3c dan Tabel 1. Kondisi danau setiap citra apabila dilihat dari keberadaan vegetasi air nampak selalu terjadi pergeseran posisi. Ini menunjukkan bahwa vegetasi tersebut adalah eceng gondok yang selalu tumbuh bergerak ke lain tempat.

Luas permukaan air danau nampaknya mengalami perubahan luas. Luas permukaan air danau dari tahun 1992 sampai tahun 2001 mengalami penurunan dari berkisar 2923.21 Ha menjadi berkisar 2698.48 Ha, kemudian hingga tahun 2006 luasannya tambah menurun lagi menjadi berkisar 2677.76 Ha.

Berdasarkan hasil pemantauan dari tahun 1992, 2001 dan 2006 dapat diketahui bahwa kondisi permukaan air danau Rawa Pening mengalami tren yang semakin menurun. Citra tahun 1992 nampak menunjukkan bahwa luas permukaan air lebih luas dari pada citra tahun 2001 dan 2006 yang ditandai dengan batas garis putih. Pada

ketiga citra nampak banyak dijumpai eceng gondok, namun tampak pada citra tahun 1992 disekitar batas luasan terdapat genangan air dangkal (wana biru) hingga meluap sampai keluar batas delineasi, ini menunjukkan bahwa di saat itu di Rawa Pening sedang musim penghujan (Gambar 3a). Keberadaan eceng gondok di tahun 1992 ini keberadaannya nampak di tengah danau dan sebagian menuju ke inlet yaitu ke sungai Tuntang.



Gambar 3. Perubahan permukaan air danau selama periode 1992, 2001 dan 2006

Tabel 1. Luas danau rawa Pening dari citra satelit

Citra Satelit	Luas Permukaan air (Ha)
Landsat 1992	2923.21
Landsat 2001	2698.48
Ikonos 2006	2677.76

Pada citra landsat tahun 2001 nampak luas danau agak mengecil dan genangan dangkal berkurang, malah disebelah selatan nampak didominasi oleh eceng gondok. Kemudian pada citra tahun 2006 nampak juga luas permukaan air danau sedikit berkurang. Disebelah selatan nampak eceng gondok didominasi lebih banyak lagi dan nampaknya eceng gondok hampir separuh luas danau ditutupi eceng gondok. Ini menunjukkan bahwa saat itu di Rawa Pening waktunya musim penghujan sudah berakhir yang ditandai dengan posisi eceng gondok keberadaannya ada disekitar sungai-sungai yang bermuara ke danau.

Dengan mengamati kondisi danau ini, sedimentasi di Rawa Pening nampaknya sangat tinggi dan nampak dibarengi dengan banyaknya pertumbuhan eceng gondok sehingga membuat danau cepat mengalami pendangkalan. Pendangkalan terjadi dikarenakan terdapat sembilan sungai yang bermuara di Rawa Pening sehingga menyebabkan sedimentasi danau ini bertambah parah. Pada citra nampak sungai-sungai yang masuk ada di wilayah sebelah barat dan selatan yang ditandai dengan adanya wilayah daratan rendah dan didalamnya terbentang pertanian yang dipengaruhi oleh pasang surutnya air danau.

Dilihat dari bentuk geografinya sedimentasi di Rawa Pening terjadi dapat disebabkan oleh materi-materi yang terbawa sungai-sungai yang bermuara di danau tersebut, diantaranya oleh erosi dari hulu dan kegiatan penduduk di sekitar danau sebab penduduknya sudah dianggap padat. Sedimentasi sendiri juga terjadi akibat akumulasi perlakuan masyarakat pada daerah tangkapan dan erosi pada tebing serta gejala agregasi muara sungai yang terjadi dan serta adanya pembuangan limbah diluar kendali oleh masyarakat di sekitar danau Rawa Pening. Jika terjadi banyak ikan-ikan mati itu berasal dari perairan itu sendiri seperti pembusukan gulma dalam hal ini eceng gondok dan alga yang mati sesudah terjadinya blooming alga sehingga ikan-ikan termasuk perikanan di keramba akan stress dan mabuk dan akhirnya mati.

Peningkatan unsur hara di bagian hulu DAS Rawa Pening tentu akan memberikan dampak terhadap peledakan populasi gulma (eceng gondok) di perairan. Karena sungai-sungai yang bermuara ke danau Rawa Pening akan membawanya unsur hara tersebut yang membuat tanaman menjadi subur, sehingga dengan adanya kejadian tersebut, maka laju pertumbuhan populasi eceng gondok meningkat pesat sampai

menutupi permukaan Rawa. Untuk mengatasi masalah sedimentasi dan perkembangan eceng gondok tersebut, diperkirakan harus dibangun suatu wadah atau dam di masing-masing sungai tersebut sehingga air yang bermuara di Rawa Pening tidak tercampur lumpur dan unsur hara akan tertahan di daerah dam.

Permasalahan lain terjadinya sedimen adalah di daerah hulu disebabkan oleh tingginya erosi karena pesatnya pembangunan yang tidak mempertimbangkan dampaknya terhadap kerusakan lahan dan besarnya aliran permukaan, penebangan hutan secara liar di beberapa lokasi yang kelerengannya cukup tinggi, sehingga menyebabkan tanah gundul, fungsi lindung di hulu menjadi hunian dan sawah intensif, intensifikasi usahatani yang kurang memperhatikan kaidah konservasi (seperti tegalan/kebun berada pada kelerengan >15%) dan pola tanam di beberapa daerah yang belum mengacu pada pelestarian lingkungan. Oleh karena itu kemungkinan besar bukit memiliki kelerengan tanah cukup tinggi pada topografi dengan kelerengan

Pada citra tahun 2006 Gambar 3d merupakan perbesaran citra Ikonos akan nampak jelas kegiatan potensial seperti pemanfaatan tanah disekitar danau Rawa Pening yaitu dijumpainya lahan pertanian pasang surut dan permukiman. Pada lokasi tersebut nampak telah dibuat jalan akses ke permukiman. Tutupan lahan ini akan mempengaruhi pola operasional danau itu sendiri dan penyebab tampungan air tidak optimal. Sehingga pengukuran luasan danau dari tahun ke-tahun akan selalu tidak menentu, namun tingkat luasan permukaan air danau Rawa Pening akan selalu mengalami menyusutan karena pengaruh sedimentasi yang sangat tinggi. Oleh karena itu, dapat dipastikan bahwa lahan pertanian pasang surut tersebut sewaktu-waktu pada saat tertentu tergenang air dan dulunya merupakan bagian dari permukaan air danau yang sekarang berubah menjadi daratan akibat sedimentasi. Namun sekarang oleh penduduk setempat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian bahkan dijadikan tempat permukiman.

KESIMPULAN

Metode pemantauan danau Rawa Pening menggunakan citra satelit multi temporal dan multi sensor (Data Landsat dan IKONOS), dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan citra komposit RGB (542) pemantauan terhadap luas perubahan permukaan air danau dan pertumbuhan eceng gondok dapat terpantau oleh citra multi temporal.
2. Luasan permukaan air danau Rawa Pening terpantau menurun. Menurunnya permukaan air danau selama periode tahun 1992 hingga tahun 2001 terpantau menurun dari berkisar 2923,21 Ha menjadi berkisar 2698,48 Ha dan dari tahun 2001 hingga tahun 2006 menurun kembali menjadi berkisar 2677,76 Ha.
3. Pengukuran luas danau dari tahun ke-tahun akan selalu tidak menentu, namun tingkat luas permukaan air danau Rawa Pening akan selalu mengalami menyusutan karena pengaruh sedimentasi yang sangat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., 2007, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Yogyakarta, Gajah Mada University Press
- Brezonik P.L., Kloiber S. M., Olmanson L. G., and Bauer M. E., 2002, *Satellite and GIS Tools to Assess Lake Quality*, Water Resources Center, Technical Report 145, May 2002
- Dinas Pertanian, Perkebunan dan Kehutanan (Distanbunhut) Kabupaten Semarang, 2006
- Fahmuddin Agus, 2007, *Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air*, Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia 2004-2007, Jakarta
- Hardaningrum F., Taufik M., dan Muljo B., 2005, *Analisis Genangan Air Hujan Di Kawasan Delta Dengan Menggunakan Penginderaan Jauh Dan SIG*, PIT MAPIN XIV, Surabaya.
- <http://glcp://.umiacs.umd.edu/data/>
- <http://www.youtube.com-you-Tube> – Rawa-Pening.
- Irma Kusmawati, 2006, *Pendugaan Erosi Dan Sedimentasi Dengan Menggunakan Model Geowepp (Studi Kasus Das Limboto, Propinsi Gorontalo)*, Thesis, Institut Teknologi Bandung Program Studi Teknik Sumber Daya Air.
- Mohammad Firman, 2006, *Studi Konservasi Danau Limboto Kabupaten Gorontalo*, Master Thesis, Civil Engineering, ITB

- Mostafa M.M. and Soussa H. K., 2006, *Monitoring Of Lake Nasser Using Remote Sensing And Gis Techniques*, ISPRS Commission VII Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes", Enschede, the Netherlands, 8-11 May 2006
- Pratisto A. dan Danoedoro P., 2008, *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respond Debit Dan Bahaya Banjir (Studi Kasus Di DAS Gesing, Purworejo Berdasarkan Citra Landsat TM Dan ASTER VNIR)*, PIT MAPIN XVII, Bandung
- Suroso dan Susanto H.A., 2006, *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Banjaran*, Jurnal Teknik Sipil, Vol.3, No.2.
- Trisakti B., Parwati, dan Budhiman S., 2004, *The Study Of MODIS Aqua Data For Mapping TSM In Coastal Water Usingthe Approach Of Landsat 7 ETM Data*, International Journal of Remote Sensing and Earth Science, International Society of Remote Sensing and Sciences IReSES. Vol 2.

DAMPAK MUSIM HUJAN TERHADAP POLA SEBARAN TSM (TOTAL SUSPENDED MATTER) DI DANAU LIMBOTO GORONTALO MENGGUNAKAN DATA LANDSAT-TM

Nana Suwargana dan Susanto

*Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh – LAPAN
Jl. Lapan No. 70, Pekayon-Pasar Rebo, Jakarta 13710
E-mail :nana.suwargana@gmail.com
E-mail:susanto_lapan@yahoo.com*

ABSTRAK

Dewasa ini banyak kondisi danau-danau di Indonesia mengalami berbagai masalah, diantaranya mengalami pendangkalan dan penyusutan luas akibat kekeruhan sehingga menyebabkan penurunan kualitas dan volume air. Akibatnya danau sebagai media penyokong daya tampung air seperti untuk irigasi dan tenaga listrik menjadi terganggu dan selain itu, juga dapat menurunkan pendapatan masyarakat sekitar danau tersebut karena produktifitas perikanan yang semakin berkurang. Penurunan kualitas danau ini mengakibatkan terjadi pendistribusian dan penumpukan sedimentasi di perairan danau. Oleh karena itu dalam menjaga kondisi lingkungan danau, khususnya distribusi sediment tersuspensi (Total Suspended Mater/TSM) adalah sangat penting untuk dievaluasi. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pola sebaran TSM di danau Limboto Provinsi Gorontalo berbasis data penginderaan jauh. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data satelit Landsat-TM (4 data dalam setahun) yang diakuisisi tahun 2002. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebaran konsentrasi sedimen tersuspensi di danau Limboto Gorontalo polanya berfluktuasi, penyebaran sedimentasi hampir merata ke segala arah. TSM paling tinggi di Pupelo nilainya berkisar antara 92 mg/l dan terendah di Kampung Ulu berkisar antara 23 mg/l. Sedangkan hasil insitu yang diperoleh berdasarkan titik sampel tertinggi adalah 222 NTU (Pupelo) dan terendah 15 NTU (Kampung Ulu). Pengaruh naik turunnya TSM dipengaruhi oleh curah hujan, sehingga pemantauan penurunan TSM akan sebanding dengan musim hujan.

Kata kunci: Landsat-TM dan Total Suspended Mater/TSM.

ABSTRACT

Today many conditions of lakes in Indonesia experienced a variety of issues, including extensive experience shrinkage due to siltation and turbidity that causes a decrease in the quality and volume of water. As a result of the lake as a water capacity of the ancillary media such as for irrigation and electric power became disturbed and in addition, can also lower income communities around the lake is due to the diminishing productivity of fisheries. This resulted in degradation of the lake occurred distribution and accumulation of sediment in the waters of the lake. Therefore, in keeping the environmental conditions of the lake, especially the distribution of suspended sediment (Total Suspended Mater / TSM) is very important to be evaluated. The purpose of this study was to determine the distribution pattern of TSM in the Limboto lake, Gorontalo Province based remote sensing data. The data used in this study were Landsat-TM satellite data (4 data in a year) that was acquired in 2002. The results showed that the distribution of suspended sediment concentrations in the Limboto lake, Gorontalo fluctuating pattern, sedimentation spread almost evenly in all directions. TSM highest in Pupelo value ranges between 92 mg/l and the lowest in Kampung Ulu ranged between 23 mg/l. While the results obtained in situ by the highest point of the sample is 222 NTU (Pupelo) and the lowest is 15 NTU (Kampung Ulu). Effect of rise and fall of TSM is affected by rainfall, so the monitoring of TSM will decrease proportional to the rainy season.

Keywords: Landsat-TM and Total Suspended Mater / TSM.

PENDAHULUAN

Pemantauan lingkungan danau di Indonesia perlu dilakukan pengamatan secara dini karena selama ini telah mengalami degradasi (penurunan kualitas) yang sebagian besar diakibatkan oleh terjadinya konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian maupun menjadi penggunaan lahan lainnya seperti permukiman, industri dan pertambangan. Konversi/pembukaan lahan yang tidak menggunakan prinsip kelestarian lingkungan dapat mengakibatkan banyak hal negatif, tidak hanya dalam tahap pembukaannya tetapi juga pada tahap penggunaan dan pengelolaannya. Selanjutnya, keterlambatan penanaman pada lahan yang telah dibuka akan menimbulkan erosi tanah pada saat musim hujan, terutama pada daerah dengan kelerengan yang curam. Tingginya erosi pada wilayah DAS mengakibatkan keruhnya wilayah perairan, yang pada gilirannya mengakibatkan gangguan terhadap kehidupan perairan di wilayah sungai, waduk, danau, dan lain-lain. Wilayah tersebut merupakan sumber tenaga listrik, irigasi dan media untuk kehidupan habitat ikan yang hidup dialam bebas. Hal ini sangat penting, karena data lingkungan yang diperoleh dari studi kelayakan oleh beberapa konsultan pada tahun-tahun yang lama tentunya sudah berubah banyak akibat perubahan rona lingkungan. Salah satu dari data lingkungan adalah semakin meningkatnya konsentrasi sedimen tersuspensi (*Total Suspended Mater/TSM*).

Peningkatan konsentrasi *TSM* menyebabkan kekeruhan yang dapat mengganggu penetrasi cahaya ke dalam perairan. Keberadaan *TSM* dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan yang pada akhirnya akan berdampak buruk bagi kelangsungan hidup manusia, seperti pendangkalan pelabuhan, punahnya beberapa ekosistem perairan, dan kerusakan lingkungan. Energi matahari merupakan input energi bagi ekosistem danau. Energi radiasi diubah/ditransformasikan ke energi potensial melalui proses biokimia seperti fotosintesis. Cahaya matahari diserap dan ditransformasikan menjadi panas oleh partikel-partikel dan air itu sendiri. Kedalaman dari penetrasi cahaya akan dipengaruhi oleh substansi-substansi yang terlarut maupun yang tersuspensi. Pengamatan terhadap penetrasi cahaya pada kolom air dilakukan dengan metoda papan/keeping Secchi. Turbiditas atau kekeruhan merupakan pengukuran terhadap material tersuspensi. Pengukuran di lapangan (*insitu*) dapat dilakukan dengan gravitasimetri atau diekspresikan dalam nepohelometric turbidity unit (NTU). Sedangkan pengukuran dengan menggunakan data penginderaan jauh, satuan parameter turbidity adalah

dengan unit satuan mg/l. Turbiditas sangat mempengaruhi penetrasi cahaya matahari pada suatu kolom air yang seterusnya akan mempengaruhi kecepatan fotosintesis, kadar oksigen yang dihasilkan, maupun kemampuan hewan-hewan air untuk hidup.

Data penginderaan jauh dapat dipakai untuk data, inventarisasi dan sekaligus untuk fungsi pemantauan. Hal ini dimungkinkan karena data penginderaan jauh dapat diperoleh dengan multitemporal. Penginderaan jauh sistem satelit digunakan dalam berbagai penelitian karena di samping kemampuan multispektral dari sensornya, juga karena begitu pesat berkembang dalam pengolahan dan analisis datanya. Bertitik tolak dari latar belakang tersebut telah dilakukan penelitian tentang sebaran konsentrasi *TSM* berdasarkan informasi spektral data digital Landsat TM, ETM + dan SPOT. Oleh karena itu untuk memetakan sebaran *TSM* secara cepat dan terpantau adalah penggunaan teknik penginderaan jauh dan dibantu dengan pendekatan pengambilan sampel (*insitu*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model deteksi dan pemantauan sebaran *TSM* di perairan danau Limboto Provinsi Gorontalo menggunakan data satelit penginderaan jauh.

METODOLOGI

Daerah Studi

Daerah studi dalam penelitian ini adalah perairan danau Limboto Provinsi Gorontalo,. Gambar 1 menunjukkan perairan danau Limboto Provinsi Gorontalo yang menjadi daerah studi dalam penelitian.



Gambar 1. Citra Landsat Daerah Danau Limboto Provinsi Gorontalo dan Eceng Gondoknya

Citra yang digunakan

Citra yang digunakan adalah citra multitemporal dalam setahun, citra yang di akuisisi adalah :

1. Citra Landsat 5 ETM path/row 113/060 yang diakuisisi tanggal 25 Februari 2002
2. Citra Landsat 5 ETM path/row 113/060 yang diakuisisi tanggal 14 April 2002
3. Citra Landsat 5 ETM path/row 113/060 yang diakuisisi tanggal 5 September 2002
4. Citra Landsat 5 ETM path/row 113/060 yang diakuisisi tanggal 27 Januari 2003

Keempat citra diambil dari *Global Land Cover Facilities, Institute of Applied Computer Science, University of Maryland, USA* (<http://qlcf.umiacs.umd.edu/landsat>).

Citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini ada 4 buah citra yang mencakup wilayah perairan danau Limboto Gorontalo. Semua Citra Landsat 5 TM yang diakuisisi diolah menggunakan *software* ER Mapper 7.0 untuk mendapatkan nilai konsentrasi TSM. Kajian citra penginderaan jauh *multi temporal* ini mempunyai karakteristik *spectral* yang sama. Ke empat data Citra Landsat telah terkoreksi Ortho yang dapat digunakan untuk menganalisis konsentrasi TSM.

Algoritma Penelitian untuk Pemetaan TSM

Dengan membangun algoritma dan melakukan pendekatan statistik dari beberapa kanal citra satelit dan data pengambilan sample (*insitu*) maka besaran nilai *digital number* hasil penurunan algoritma dapat diestimasi sebagai konsentrasi Total Suspended Matter (TSM). Suatu hal yang mensyaratkan adanya data konsentrasi TSM *insitu* yang diambil pada waktu yang sama dengan saat satelit melintas, suatu hal yang sangat dibutuhkan untuk mendukung keakuratan dari hasil algoritma yang dibangun. Algoritma untuk menentukan TSM melalui citra satelit ini bersifat sangat spesifik untuk tempat dan waktu tertentu. Namun demikian algoritma yang telah dibangun tersebut masih dapat diterapkan untuk tempat dan waktu yang berbeda walaupun hasilnya kurang akurat. Tetapi setidaknya algoritma tersebut masih dapat memberikan gambaran pola sebaran TSM walaupun tidak melakukan pengambilan sampel (*insitu*) pada waktu yang bersamaan dengan lewatnya lintasan satelit.

Sebelum mengaplikasikan algoritma ke pemetaan TSM, terlebih dahulu dilakukan cropping citra dengan membuat polygon yaitu batas daerah *land-water*

terhadap citra yang telah terkoreksi. Tujuannya adalah untuk memisahkan agar wilayah daratan tidak masuk dalam penghitungan TSM. Agar diperoleh peta sebaran TSM yang akurat diperlukan *real time* data lapangan dan citra yang dianalisis. Karena tidak didapatkan data lapangan konsentrasi TSM perairan danau Limboto yang sama dengan waktu akuisisi citra Landsat, maka dalam penelitian ini hanya diaplikasikan algoritma yang telah dibangun oleh peneliti sebelumnya, yaitu (Syarif Budiman,2004):
Konsentrasi TSM = $0,6432 \cdot (ETM1 + ETM3) / 2 - 5,9063$ dengan ETM1, ETM3 = band 1 dan band 3 citra Landsat TM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Geografi dan Iklim Daerah Penelitian

Daerah penelitian pola sebaran sedimen tersuspensi yang ditinjau dalam studi ini terletak di kecamatan Limboto, danau Limboto Provinsi Gorontalo. Secara Geografis bentuk danau membentuk segi tiga dan secara administratif daerah penelitian berada pada wilayah kabupaten Gorontalo dengan posisi koordinat $0^{\circ} 37' 18,42 \text{ N} - 0^{\circ} 32' 44.46 \text{ N}$ dan $122^{\circ} 56' 9.4 \text{ E} - 123^{\circ} 1' 12.02 \text{ E}$ Serta dengan batas-batas wilayah administrasi sebagai berikut:

- o Sebelah barat : Kecamatan Batudaa dan Kecamatan Limboto
- o Sebelah utara: Kecamatan Telaga
- o Sebelah timur : Kota Gorontalo
- o Sebelah selatan : Kecamatan Batudaaapantai

Wilayah Kecamatan Limboto memiliki ketinggian yang bervariasi antara 1,5 – 6 meter (Departemen Pekerjaan Umum, 2006) di atas permukaan laut, dengan kondisi alam pegunungan, berbukit, berdataran rendah dan berpantai landai. Dataran tinggi terletak di sebelah Selatan membentang memanjang dari barat sampai timur yang merupakan lereng di sebelah selatan danau Limboto. Sebagai inlet, sungai-sungai di DAS Limboto terbagi beberapa Sub-Das diantaranya :

1. Sub-DAS Biyonga
2. Sub-DAS Meluopo
3. Sub-DAS Marisa
4. Sub-DAS Alo
5. Sub-DAS Puhu

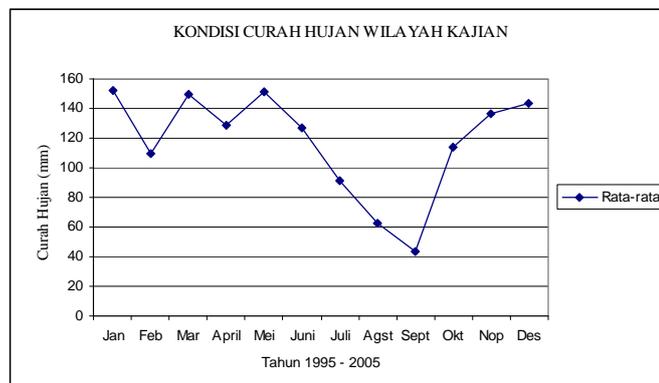
6. Sub-DAS Limboto
7. Sub-DAS Ritengga
8. Sub-DAS Batu Daa
9. Sub-DAS Topdu+Danau

Iklm daerah penelitian menggunakan data stasiun Bandara Jalaludin Gorontalo. Data yang digunakan adalah rata-rata sepuluh terakhir yaitu tahun 1995-2005, data hujan dan suhu disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 rata-rata curah hujan tahunan sebesar 1411,27 mm, curah hujan bulanan terbesar pada bulan Januari sebesar 151,8 mm, sedangkan terkecil pada bulan september sebesar 43,45 mm.

Tabel 1. Data Curah Hujan Rata-rata Sepuluh Tahun terakhir 1995-2005 dari Stasiun Bandara Jalaludin Gorontalo

Tahun	Jan	Feb	Mar	April	Mei	Juni	Juli	Agus	Sept	Okt	Nop	Des	Total
1995	151	97	77	100	88	156	134	230	132	57	218	205	1645
1996	102	179	168	89	55	286	82	167	49	226	93	88	1584
1997	188	124	298	97	112	3	58	0	1	3	129	81	1094
1998	116	1	12	82	306	90	175	59	53	152	207	299	1552
1999	134	72	296	146	223	113	122	76	35	160	138	92	1607
2000	170	268	110	99	72	263	68	68	39	185	157	98	1597
2001	385	205	147	141	141	262	27	30	48	60	252	145	1843
2002	177	4	126	117	108	82	1	0	0	34	82	127	858
2003	89	56	215	266	192	11	64	46	65	35	82	234	1355
2004	128	100	79	175	138	50	66	0	36	122	61	77	1032
2005	30	103	117	105	231	84	210	17	20	223	85	132	1357
Jumlah	1670	1209	1645	1417	1666	1400	1007	693	478	1257	1504	1578	15524
Rata2	151.82	109.9	149.55	128.82	151.45	127.3	91.545	63	43.45	114	136.7	143.5	1411.27

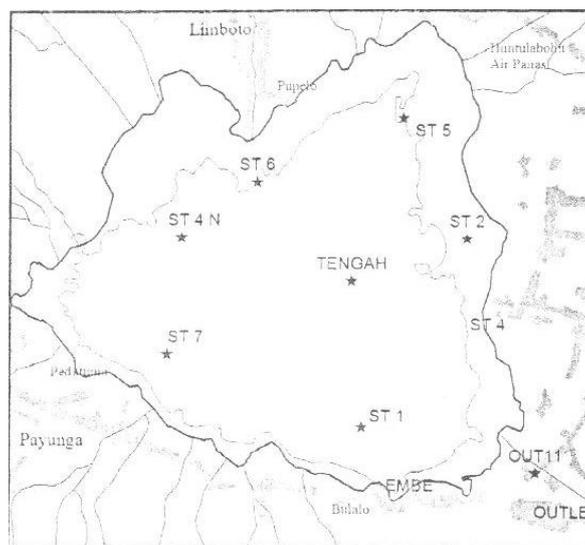
Sumber: Stasiun Bandara Jalaludin Gorontalo, (1995-2006).



Gambar 2. Curah Hujan Berdasarkan Bandara Jalaluddin Tahun 1995-2005

Pemetaan Sebaran TSM

Karena pada penelitian ini tidak adanya data konsentrasi TSM_{insitu} yang sama dengan waktu akuisisi citra, maka sebaran konsentrasi TSM_{satelit} didapatkan dengan mengaplikasikan algoritma (korelasi) TSM_{insitu} dari data lapangan [Direktorat Sungai Danau dan Waduk, Gorontalo, tanggal 16-17 September 2006]. Data TSM hasil analisis laboratorium ini digunakan sebagai data pembanding (korelasi) terhadap sebaran TSM pada Citra Landsat yang diambil pada bulan Juli 2006 walaupun dengan lintasan satelit berbeda 2 (dua) bulan, namun dalam pengamatan akan dicoba bagaimana perkembangan kondisi TSMnya. Gambar 3 adalah titik kajian untuk pengambilan contoh air, Tabel 2 adalah lokasi pengukuran *insitu* dan Tabel 3 adalah hasil pengukuran pola kecerahan, kedalaman dan NTU di beberapa lokasi danau Limboto berdasarkan data *insitu* [Direktorat Sungai Danau dan Waduk, Gorontalo, bulan September 16-17 September 2006]. Ketiga parameter hasil pengukuran *insitu* digambarkan dalam bentuk grafik ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Peta pengambilan sampel

Sumber : Satuan Kerja Non Vertikal Tertentu Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Gorontalo. Direktorat Sungai, Danau dan Waduk. Direktorat Jendral Sumber Daya Air. Departemen Pekerjaan Umum. 2006.

Tabel 2. Lokasi pengukuran di lapangan,

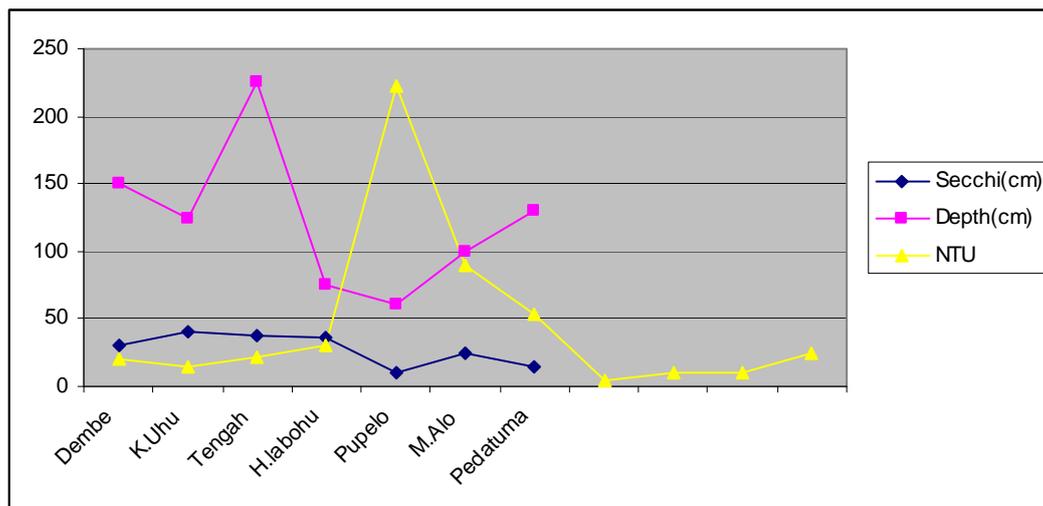
Stasiun	Lokasi	Tanggal	Waktu	Koordinat	
				Longitude	Latitude
St.1	Embe	16-Sep-06	08.45	122 ⁰ 59' 43.1"	0 ⁰ 33' 28.1"
St.2	Ohu	17-Sep-06	09.30	123 ⁰ 03' 24.4"	0 ⁰ 34' 51.3"
St.3	Tengah	16-Sep-06	09.30	122 ⁰ 59' 40.3"	0 ⁰ 34' 41.8"
St.4	H.labohu	17-Sep-06	11.08	122 ⁰ 58' 16.0"	0 ⁰ 35' 22.3"
St.5	Pupelo	17-Sep-06	10.08	122 ⁰ 59' 98.9"	0 ⁰ 36' 18.7"
St.6	Muara Alo Pahu	16-Sep-06	10.45	122 ⁰ 58' 48.6"	0 ⁰ 35' 32.8"
St.7	Pedutuma	16-Sep-06	11.30	122 ⁰ 58' 04.6"	0 ⁰ 34' 34.2"
S.Bohu	Muara S.Bohu	17-Sep-06	13.25	122 ⁰ 52' 80.8"	0 ⁰ 37' 42.0"
A.Alo	Muara S.Alo	17-Sep-06	14.45	122 ⁰ 52' 62.0"	0 ⁰ 38' 94.9"
S.Biyonga	Muara S.Biyonga	18-Sep-06	09.40	122 ⁰ 58' 87.3"	0 ⁰ 36' 26.4"
Sumber air panas	Inlet dari Mata air panas	18-Sep-06	11.00	123 ⁰ 00' 45.6"	0 ⁰ 36' 75.2"
Out let	Tilote	18-Sep-06	12.50		

Sumber : Satuan Kerja Non Vertikal Tertentu Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Gorontalo. Direktorat Sungai, Danau dan Waduk. Direktorat Jendral Sumber Daya Air. Departemen Pekerjaan Umum, 2006.

Tabel 3. Data Pola Kecerahan, kedalaman dan turbiditas di Danau Limboto berdasarkan data lapangan [Direktorat Sungai Danau dan Waduk, Gorontalo, bulan September 2006].

Stasiun	Lokasi	Kecerahan	kedalaman	NTU
St.1	Embe	30	150	20
St.2	K.Uhu	40	125	15
St.3	Tengah	38	225	22
St.4	H.labohu	36	75	30
St.5	Pupelo	10	60	222
St.6	Muara Alo Pahu	25	100	90
St.7	Pedutuma	15	130	53
S.Bohu	Muara S.Bohu	-	-	5
A.Alo	Muara S.Alo	-	-	10
S.Biyonga	Muara S.Biyonga	-	-	10
Sumber air panas	Inlet dari Mata air panas	-	-	-
Out let	Tilote	-	-	25

Sumber : Satuan Kerja Non Vertikal Tertentu Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Gorontalo. Direktorat Sungai, Danau dan Waduk. Direktorat Jendral Sumber Daya Air. Departemen Pekerjaan Umum. 2006.

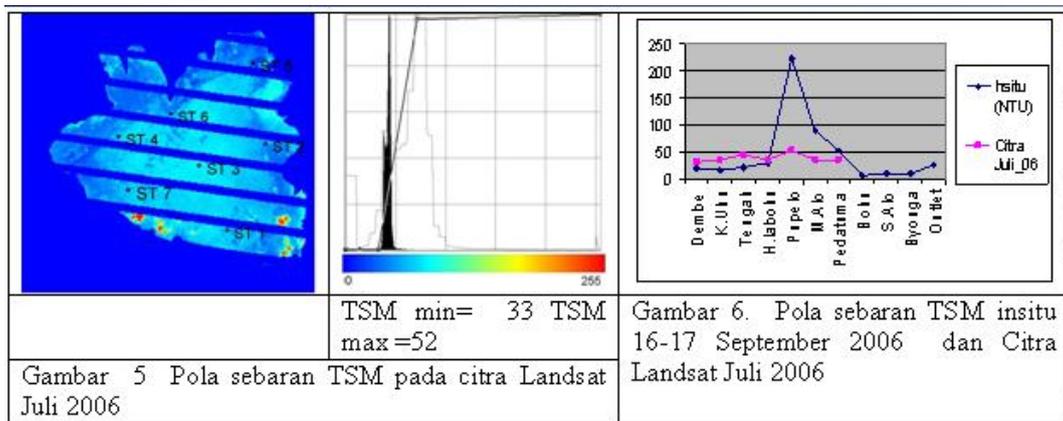


Gambar 4. Pola kecerahan dan kedalaman air di danau Limboto.

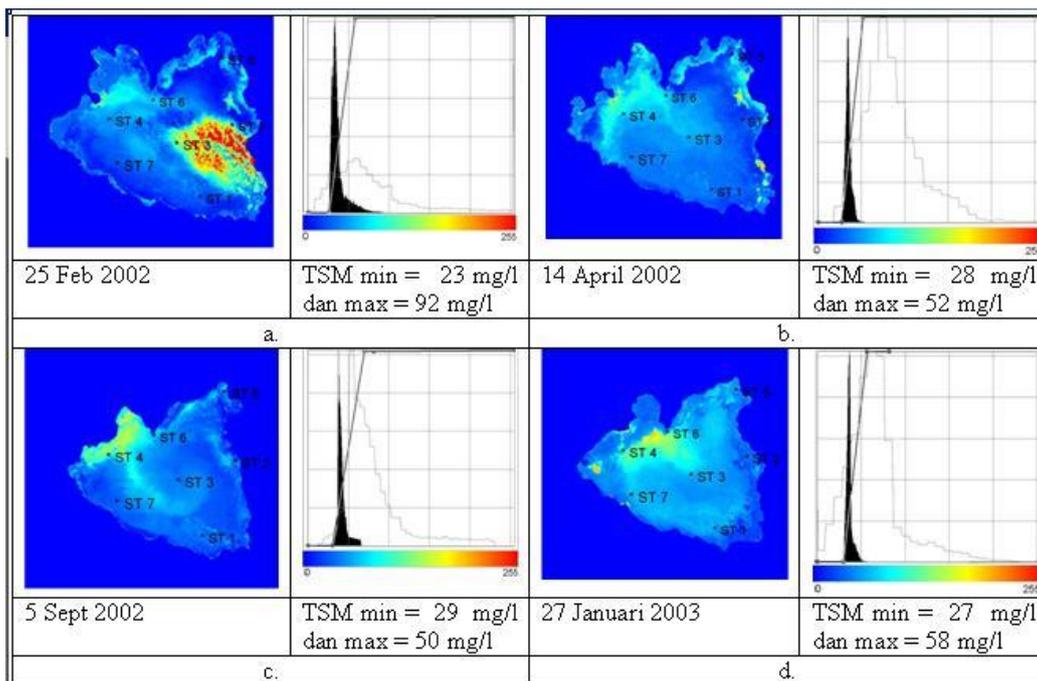
Kedalaman hasil *insitu* di danau Limboto berkisar antara 60-225 cm dengan nilai terendah di Pepelo dan tertinggi dibagian tengah danau. Kecerdahan keeping Secchi berkisar antara 10-42 cm dengan nilai terendah di Pepelo dan tertinggi di Kampung Uhu. Sedangkan nilai NTU tertinggi adalah 222 NTU (Pupelo) dan terendah adalah 15 NTU (Kampung Ulu). Fenomena ini sejalan dengan kedalaman keping Secchi dimana nilai tertinggi adalah di Kampung Uhu dan terendah di Pepole lihat Gambar 4. Nilai NTU di wilayah Dembe, Kampung Uhu, Tengah, dan Huntulabohu masih dibawah 25 NTU, sedang untuk Pupelo, M. Alo, dan Pedatuma lebih dari 50 NTU. Sumber air masuk memiliki nilai NTU dibawah 25 NTU. NTU dapat disebabkan oleh padatan tersuspensi yang berasal dari material mati ataupun yang hidup (plankton).

Besarnya satuan NTU dari citra satelit umumnya diekspresikan dalam TSM dengan satuan mg/l, artinya banyaknya padatan tersuspensi seberat mg didalam 1 (satu) liter sampel air. Sebagai pembanding TSM dengan citra Landsat pada rekaman bulan Juli 2006 ditampilkan pada Gambar 5 dengan nilai batas kekeruhan yang dipetakan dengan TSM minimum 33 mg/l dan TSM maksimum 52 mg/l. Kalau kita perhatikan pada batas-batas nilai tersebut ada suatu perbedaan antara hasil di *insitu* dengan hasil di citra satelit, perbedaannya dapat dilihat pada Gambar 6. Pada citra satelit nampak penyebaran kekeruhannya hampir merata ke segala arah sehingga nilai TSMnya hampir rata mendekati sama kecuali yang di pinggir batas danau sedikit agak cerah. Sedangkan hasil *insitu* yang diperoleh berdasarkan titik sampel penyebaran

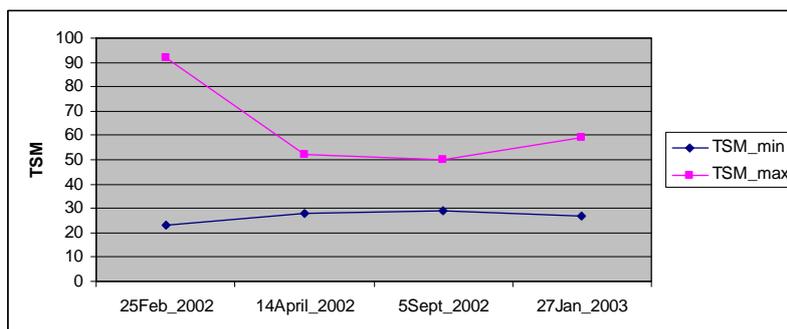
kekeruhannya tidak dapat dijelaskan secara global, namun dijelaskan bahwa TSM paling tinggi nilainya di Pupelo dan terendah di Kampung Ulu.



Peneliti mencoba melakukan pengamatan TSM dengan cara pemantauan dan dilaksanakan dengan mengolah 4 citra satelit yang berbeda bulan dalam setahun. Pemantaun pola sebaran TSM dalam setahun adalah tanggal 5 September 2002, tanggal 14 April 2002, tanggal 25 Februari 2002, dan tanggal 27 Januari 2003. Hasil pengolahan ditampilkan dengan nilai TSM minimum dan TSM maksimum disajikan pada Gambar 7 dan Grafik pola sebaran TSM_min dan TSM_max selama setahun disajikan pada Gambar 8. Sedangkan pola sebaran TSM pada setiap titik pengamatan ditampilkan pada Tabel 4. Secara visual nampak ke-empat citra TSM menunjukkan sebaran nilai TSM yang bervariasi. Dari ke-empat citra TSM tersebut nampak dominan nilai TSM paling tinggi di sekitar inlet yaitu di sekitar stasiun ST4, ST5 dan ST6. Keempat citra secara dinamis nampaknya TSM selalu bergerak dan berubah terus ke segala arah dan akhirnya ke hilir menuju outlet dan masuk ke sungai. Pergerakan arus air yang mempengaruhi konsentrasi TSM ini nampaknya tergantung pada kondisi curah hujan. Pada bulan Februari curah hujan di daerah sekitarnya tinggi sehingga nilai TSM identik hampir sama.



Gambar 7 Pola pemantauan sebaran dalam setahun untuk tanggal 5 September 2002, 14 April 2002, 25 Februari 2002, dan 27 Januari 2003.



Gambar 8. Grafik pola sebaran TSM_min dan TSM_max selama 4 rekaman yang berbeda waktu selama setahun.

Tabel 4. Pola sebaran TSM pada setiap titik Pengamatan berdasarkan citra Landsat September 2006, 25 Feb 2002, 14 April 2002, 5 Sept 2002, dan 27 Januari 2003

Stasiun	Lokasi	TSM Citra Satelit				
		Sept 2006	Feb 2002	April 2002	Sept 2002	Jan 2003
St.1	Embe	37	28	31	37	35
St.2	Ohu	35	0	32	45	34
St.3	Tengah	45	0	39	42	35
St.4	H.labohu	40	38	42	52	45
St.5	Pupelo	35	27	28	35	37
St.6	M.Alo Pahu	36	33	40	49	35
St.7	Pedutuma	38	29	31	36	32
S.Bohu	M. S.Bohu		-	-	-	-
A.Alo	M. S.Alo		-	-	-	-
S.Biyonga	M.S.Biyonga		-	-	-	-
Sumber air panas	Inlet dari Mata air panas		-	-	-	-
Out let	Tilote		-	-	-	-

Hasil perhitungan dari penurunan algoritma, range nilai TSM pada citra tanggal 25 Februari 2002 diperoleh mencapai batas terendah 23 mg/l dan batas tertinggi 92 mg/l. Nampaknya TSM di tiap titik pengamatan tergolong rendah walaupun dari hasil pengamatan seluruhnya ada beberapa lokasi tergolong tinggi yaitu di Huntulabohu (ST4) mencapai 38 mg/l dan Muara Alo Pahu (ST6) mencapai 33 mg/l. Dari gambar 7.a nampak TSM paling tinggi muncul dari inlet sekitar ST4 dan ST6 dan kemudian terdistribusi ke arah timur tenggara yang TSMnya semakin berkurang, namun di tengah danau ST3 tidak ada data karena tertutup awan. Selanjutnya hasil perhitungan ke tiga citra yaitu tanggal 14 April 2002 diperoleh TSM_{min}=23 mg/l dan TSM_{max}=52 mg/l, tanggal 5 September 2002 diperoleh TSM_{min}=29 mg/l dan TSM_{max}=50 mg/l, dan tanggal 27 Januari 2003 diperoleh TSM_{min}=27 mg/l dan TSM_{max}=58 mg/l. Dari ke-empat citra TSM nampaknya pada setiap bulan terjadi perubahan TSM yang cukup significant. Pada Citra Gambar 7.b dan 7.c nampak alur pendistribusian TSM_{nya} hampir sama yaitu membuat alur putaran di tengah danau. Sedangkan citra Gambar 7.d pendistribusian TSM_{nya} hampir merata sama disetiap permukaan danau. Fenomena ini tergantung dari datangnya air dari inlet. Citra Gambar 7.d adalah musim basah (curah hujan tinggi) yaitu jatuh pada bulan Januari 2003. Dinamika

perubahan TSM akan selalu dikaitkan dengan aktivitas masyarakat Limboto pada waktu itu. Seperti berkaitan penguasaan/penggunaan lahan akibat penyurutan air danau, masyarakat umumnya ramai-ramai mematok tanah banau yang kekeringan dijadikan lahan hak milik pribadi.

TSM pada bulan April 2002 dan sebelumnya akan nampak masih banyak, tetapi sedikit menurun ketika direkam pada bulan September 2002. Pada saat kurang curah hujan dan air mulai surut kekeruhan akan berkurang. Tetapi TSM mengalami kenaikan ketika di rekam pada bulan Januari 2003, kenaikan ini karena curah hujan cukup tinggi. Dari gambaran secara global bahwa pengaruh naik turunnya TSM danau Limboto adalah dipengaruhi oleh curah hujan, sehingga pemantauan penurunan dan kenaikan TSM air danau perlu mempertimbangkan persamaan musim (Gambar 2). Bulan Januari – Maret - Mei saat musim hujan dengan curah hujan tinggi.

KESIMPULAN

Pada citra satelit nampak penyebaran kekeruhannya hampir merata ke segala arah sehingga nilai TSMnya hampir rata, kecuali yang di pinggiran batas danau sedikit agak cerah. Dijelaskan bahwa TSM paling tinggi di Pupelo nilainya berkisar antara 92 mg/l dan terendah di Kampung Ulu berkisar anantara 23 mg/l yang terkover dari data tanggal 25 Februari 2002. Sedangkan hasil *insitu* yang diperoleh berdasarkan titik sampel penyebaran kekeruhannya dijelaskan bahwa nilai NTU tertinggi adalah 222 NTU (Pupelo) dan terendah adalah 15 NTU (Kampung Ulu).

Pengaruh naik turunnya TSM danau Limboto nampaknya dipengaruhi oleh curah hujan, sehingga pemantauan penurunan dan kenaikan TSM air danau akan perbandingan lurus dengan persamaan musim hujan. Bulan Januari - Maret - Mei saat musim hujan dengan curah hujan tinggi, maka sedimentasi akan naik pula.

DAFTAR PUSTAKA

Akhyar, Pemetaan Konsentrasi Sebaran TSM (Total Suspended Matter) di Muara Sungai Krueg Aceh dengan Citra Landsat-7 ETM, 2008.

Budiman, S.: *Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia*. Master of Science Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands (2004).

Citra Landsat: [http://glcf.umiacs.umd.edu/data Landsat](http://glcf.umiacs.umd.edu/data/Landsat).

Ritchie J.C. and Cooper, C.M.: *Comparison of Measured Suspended Sediment Concentrations With Suspended Sediment Concentrations Estimated From Landsat MSS Data*, *Int. J. Remote Sensing* (1988).

Satuan Kerja Non Vertikal Tertentu Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Gorontalo. Direktorat Sungai, Danau dan Waduk. Direktorat Jendral Sumber Daya Air. "*Kajian Ekohidrologi Sebagian Dasar Penetapan Pola Pengelolaan Danau Limboto Secara Terpadu*". Departemen Pekerjaan Umum, 2006.

Stasiun Bandara Jalaludin Gorontalo, "*Data Iklim*", (1995-2006).

LOBSTER AIR TAWAR, *Cherax quadricarinatus*, JENIS ASING BARU DI PERAIRAN DANAU MANINJAU, SUMATERA BARAT

Rahmi Dina¹⁾, Daisy Wowor²⁾ dan Agus Hamdani¹⁾

¹⁾ Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, Jalan Raya Bogor Km. 46, Cibinong 16911

²⁾ Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Jalan Raya Bogor Km. 46, Cibinong 16911

Korespondensi: me.rahmidina@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui informasi awal mengenai keberadaan jenis asing baru di Danau Maninjau yaitu lobster air tawar *Cherax quadricarinatus* serta potensi dampaknya terhadap ekosistem danau. Survei dilakukan di tiga lokasi yaitu Sigiran, Batu Nanggai, dan Bayur pada tanggal 08 sampai dengan 09 Maret 2011. Lobster ditangkap menggunakan alat tangkap rago (perangkap) yang dipasang pada sore dan diangkat pada pagi keesokan harinya. Rago dilengkapi dengan umpan yang terdiri dari campuran kelapa, pelet, dan ikan mati. Lobster yang tertangkap terdiri dari lobster jantan dan betina dengan ukuran beragam. Panjang karapas minimum dan maksimum lobster jantan adalah 6,68 dan 80,36 mm, sedangkan lobster betina 39,33 dan 73,37 mm. Berat minimum dan maksimum lobster jantan adalah 10,9 dan 125,6 gram dan lobster betina 12,5 dan 82,4 gram. Selain itu juga ditemukan lobster betina yang membawa juvenil pada kaki renang. Beberapa hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagai jenis asing baru, populasi lobster air tawar, *Cherax quadricarinatus* telah mantap di Danau Maninjau. Hal ini berdampak positif secara ekonomi, namun juga berpotensi akan berdampak negatif sebagai jenis invasif.

Kata kunci: *Cherax quadricarinatus*, Danau Maninjau, krusatasea asing

ABSTRACT

The aims of this paper are to inform about the present of the red claw crayfish, (*Cherax quadricarinatus*), a non-native crustacean in Lake Maninjau and its potential impacts to the lake. The survey was conducted from 8 to 9 March 2011 in three locations, i.e. Sigiran, Batu Nanggai, and Bayur. The crayfish was caught by trap that operated for about 14 hours (05.00 pm-07.00 am) and used a mixture of coconut, pellet and fish as a bait. The present of various sizes of the crayfish and the crayfish with juveniles on their pleopods showed that this non-native species has established in Lake Maninjau. This non-native species could be positively or negatively impact the ecosystem of Lake Maninjau.

Key words: Lake Maninjau, non-native crustacean, *Cherax quadricarinatus*

PENDAHULUAN

Danau Maninjau merupakan salah satu perairan umum yang terdapat di Sumatera Barat dan secara geografis terletak antara 0°12'26,63"LS-0°25'02,80"LS dan 100°07'43,74"BT-100°16'22,48"BT pada ketinggian 461,5 m di atas permukaan laut (Apip dkk., 2003). Danau Maninjau merupakan danau multifungsi yang dimanfaatkan oleh berbagai sektor, salah satunya adalah pemanfaatan untuk kegiatan perikanan. Kegiatan perikanan di Danau Maninjau terdiri dari perikanan budidaya yang menggunakan sistem Karamba Jaring Apung (KJA) dan perikanan tangkap. Saat ini

permasalahan yang terjadi di Danau Maninjau adalah penurunan kualitas air danau yang terus terjadi secara signifikan sejak tahun 2001 yang berdampak pada kematian massal ikan KJA yang semakin sering terjadi. Sektor perikanan tangkap juga menghadapi permasalahan penurunan hasil tangkapan ikan dan hilangnya beberapa jenis ikan asli danau.

Sampai tahun 2009 setidaknya terdapat 14 jenis sumberdaya perikanan di Danau Maninjau yang bernilai ekonomis penting, yaitu ikan barau (*Hampala macrolepidota*), ikan garing (*Tor soro*), ikan asang (*Osteochilus hasselti*), ikan bada (*Rasbora argyrotaenia*), ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan kalui /gurami (*Osphronemus gouramy*), ikan rinuak, ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*), ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan gabus (*Chana sp.*), ikan panjang /sidat (*Anguilla sp.*), ikan puyu (*Anabas testudineus*), dan ikan baung (*Mystus sp.*) (Pusat Penelitian Limnologi, 2010). Selain ikan juga terdapat sumberdaya perikanan bernilai ekonomis lainnya yaitu pensi (*Corbicula moltkiana*), salah satu jenis gastropoda.

Namun sekitar tahun 2010 terdapat satu jenis sumberdaya perikanan introduksi yang sudah diperjualbelikan di pasar sekitar Danau Maninjau yaitu lobster air tawar. Sampai saat ini belum ada informasi yang dipublikasikan mengenai lobster air tawar yang merupakan jenis asing baru untuk ekosistem Danau Maninjau. Oleh karena itu melalui tulisan ini penulis ingin menyampaikan informasi awal mengenai keberadaan lobster air tawar serta potensi dampak positif dan negatifnya di Danau Maninjau.

BAHAN DAN CARA KERJA

Survei dilakukan pada tanggal 8 dan 9 Maret 2011 pada tiga lokasi di Danau Maninjau yaitu Sigiran, Batu Nanggai, dan Bayur. Sigiran mewakili pantai barat danau dengan substrat berbatu besar, Batu Nanggai mewakili pantai selatan dengan substrat berbatu besar, serta Bayur mewakili pantai Barat-Laut dengan substrat pasir berbatu dan berpasir. Koordinat lokasi penelitian ditentukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) Garmin Oregon 550.

Parameter kualitas air yang diukur adalah pH, kekeruhan (NTU), konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oksigen terlarut/ DO (mg/L) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$) dengan menggunakan alat *Water Quality Checker* (WQC) Horiba U-10 pada masing-masing lokasi. Alat tangkap yang digunakan adalah rago yang merupakan perangkap berbentuk silinder atau kubus

berbahan polyethylene dan mempunyai dua atau lebih pintu masuk bagi lobster. Biasanya rago dipasang selama 13-14 jam/ hari mulai sore sampai pagi hari berikutnya dengan menggunakan umpan campuran kelapa, pelet, dan ikan. Lobster contoh yang diperoleh di Sigiran dan Batu Nanggai merupakan hasil tangkap nelayan yang diambil secara acak pada saat survei di lokasi yang tidak diketahui dengan pasti jumlah rago yang dipasang, sedangkan lobster contoh dari Bayur merupakan hasil tangkap dengan menggunakan 3 buah rago yang dipasang sendiri. Lobster yang tertangkap ditentukan jenis kelaminnya, diukur panjang karapasnya dan berat basah totalnya. Jenis kelamin lobster dapat ditentukan berdasarkan posisi alat kelamin pada kaki jalan lobster. Alat kelamin yang terletak pada dasar kaki jalan ketiga untuk betina dan pada dasar kaki jalan kelima untuk jantan (Sagi *et al.*, 1996 in Vazquez&Greco, 2007). Panjang karapas diukur dari ujung rostrum sampai tepi belakang bagian tengah *cephalothorax* (Guan & Wiles, 1999) dengan menggunakan kaliper digital ketelitian 0,01 mm. Berat basah total adalah berat total jaringan tubuh lobster dan air yang terdapat di dalamnya (diadaptasi dari Busacker *et al.*, 1990) diukur dengan menggunakan neraca digital (ACIS AD 6000) ketelitian 0,1 gram.

HASIL

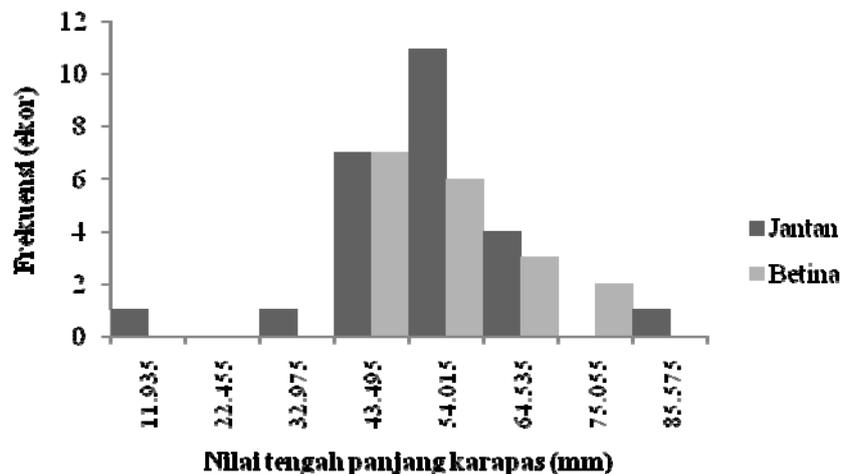
Berdasarkan kunci identifikasi Hobbs (1988) dan Horwitz (1995) lobster air tawar yang terdapat di Danau Maninjau adalah *Cherax quadricarinatus* (Gambar 1). Nama umum atau nama dagang lobster ini adalah *redclaw crayfish*.



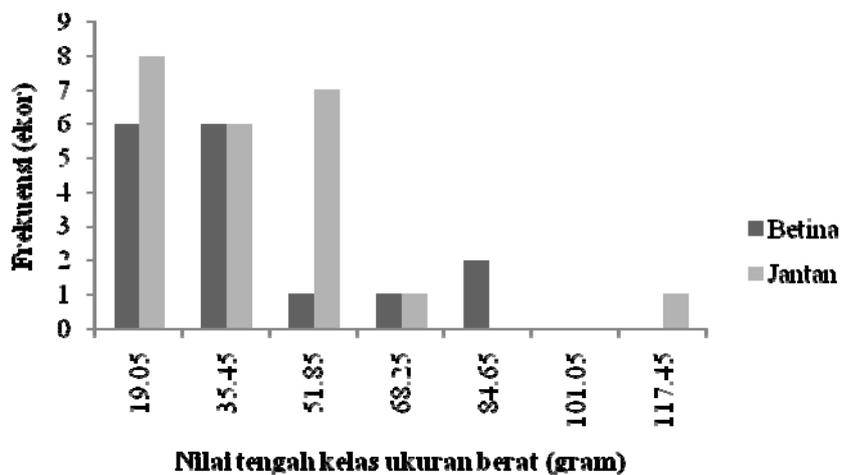
Gambar 1: Lobster *Cherax quadricarinatus* yang terdapat di Danau Maninjau

Sebanyak 43 ekor lobster (*C. quadricarinatus*) yang terdiri dari 25 ekor jantan dan 18 ekor betina tertangkap selama survei. Kisaran nilai tengah kelas panjang karapas lobster jantan adalah 11,935-85,575 mm, dan lobster betina adalah 43,495-75,055 mm.

Panjang karapas minimum dan maksimum lobster jantan yang tertangkap adalah 6,68 dan 80,36 mm serta untuk lobster betina adalah 39,33 dan 73,37 mm. Berat minimum dan maksimum lobster jantan adalah 10,9 dan 125,6 gram, sedangkan untuk betina adalah 12,5 dan 82,4 gram. Rata-rata panjang karapas dan berat lobster yang tertangkap adalah 52,33 mm dan 38,23 gram. Ukuran ini adalah ukuran yang umum diperjual belikan di pasar tradisional sekitar danau. Distribusi panjang karapas dan berat basah total lobster yang tertangkap disajikan pada Gambar 2 dan 3 secara berturut-turut di bawah ini:

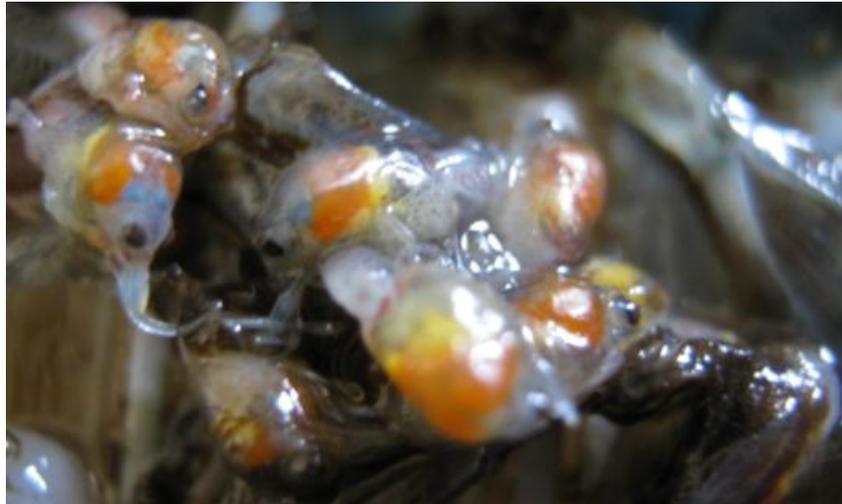


Gambar 2: Distribusi panjang karapas (mm) lobster *C. quadricarinatus* yang tertangkap saat survei



Gambar 3: Distribusi berat basah total (gram) lobster *C. quadricarinatus* yang tertangkap saat survei.

Selain itu juga ditemukan lobster betina dengan juvenil pada kaki renang mereka seperti pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4: Juvenil yang menempel pada kaki renang induk lobster *C. quadricarinatus*

Kondisi air Danau Maninjau yang diukur pada saat survei disajikan pada Tabel 1. Nilai pH perairan danau berkisar antara 7,94 dan 8,91. Nilai pH air danau menunjukkan bahwa perairan Danau Maninjau basa dan nilai ini merupakan nilai pH perairan danau pada umumnya yaitu 6-9 (Goldman & Horne, 1983). Konduktivitas air pada semua lokasi 0,12 $\mu\text{S}/\text{cm}$; turbiditas berkisar antara 5,50 sampai dengan 6,50 NTU; suhu berkisar antara 27,90 sampai dengan 28,6 $^{\circ}\text{C}$; dan oksigen terlarut berkisar antara 5,92 dan 6,64 mg/L. Nilai parameter kualitas air Danau Maninjau di atas masih mendukung kehidupan biota air termasuk lobster air tawar *C. quadricarinatus*.

Tabel 1: Hasil pengukuran beberapa parameter fisika air pada lokasi survei.

Lokasi	Deskripsi	Posisi GPS	Kualitas Air				
			pH	Konduktivitas	Turbiditas (NTU)	Suhu (⁰ C)	Oksigen Terlarut (mg/L)
Sigiran	Zona litoral berbatu besar dan jumlah pohon di tepian danau relatif banyak; masukan bahan organik bersumber dari kegiatan perikanan KJA dan limbah rumah tangga.	S: 00°20'05.0" E: 100°09'51.6"	8,39	0,12	5,50	27,90	5,92
Batu Nanggung	Zona litoral berbatu besar dan jumlah pohon di tepian danau relatif banyak; masukan bahan organik bersumber dari kegiatan perikanan KJA dan limbah rumah tangga.	S: 00°23'59.0" E: 100°10'44.7"	7,94	0,12	6,50	28,10	5,98
Bayur	Zona litoral berbatu kecil dan berpasir serta jumlah pohon di tepian danau relatif sedikit; masukan bahan organik bersumber dari kegiatan perikanan KJA, limbah rumah tangga, dan limbah kegiatan pertanian.	S: 00°15'48.8" E: 100°12'40.4"	8,91	0,12	6,25	28,60	6,64

PEMBAHASAN

Austin (1986) sebagaimana dikutip oleh Coughran & Leckie (2007) menyatakan bahwa distribusi asli *C. quadricarinatus* adalah Papua Nugini dan Australia bagian utara. Distribusi asli *C. quadricarinatus* di Australia adalah bagian barat dan utara Teluk Carpentaria, Queensland; bagian timur dan utara Northern Territory; sedangkan di Papua Nugini terdapat di bagian selatan (Ruscoe, 2002). *Cherax quadricarinatus* bernilai ekonomis penting baik untuk konsumsi maupun sebagai krustasea hias dan telah banyak dibudidayakan serta diintroduksi ke banyak perairan di luar habitat aslinya (Ruscoe, 2002; Lodge *et al.*, 2000b in Harlioglu & Harlioglu, 2006; Coughran & Leckie, 2007; Lawrence & Jones, 2002 in Belle & Yeo, 2010) termasuk Danau Maninjau. Masuknya *C. quadricarinatus* ke perairan Danau Maninjau bermula saat dilepaskannya *C. quadricarinatus* ke perairan danau oleh salah seorang petani ikan di Nagari Tanjung Sani.

Beberapa fakta hasil survei di atas yaitu beragamnya ukuran lobster yang terdapat di Danau Maninjau dan ditemukannya lobster beserta juvenil yang terdapat di kaki renangnya menunjukkan bahwa lobster air tawar *C. quadricarinatus* telah mampu beradaptasi dan berkembang biak di Danau Maninjau. Hal ini karena tersedianya makanan dan kondisi kualitas perairan yang masih mendukung kehidupannya. Secara umum kualitas air yang diperlukan oleh lobster untuk dapat tumbuh dengan baik adalah perairan hangat dengan kadar kalsium minimum 5 mg/L, kesadahan tinggi, alkalinitas agak tinggi, dan basa (pH 7-8,5). Suhu merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan lobster. Pada perairan dengan suhu lebih tinggi pertumbuhan lobster akan lebih cepat (France, 1995 in Guan, 1999; Lowery, 1988).

Keberadaan *C. quadricarinatus* di Danau Maninjau dapat memberi dampak positif bagi perikanan sebagai pendatang baru atau sebaliknya memberi dampak negatif sebagai hama. Sampai saat ini keberadaan *C. quadricarinatus* di Danau Maninjau memberikan dampak positif karena telah menjadi komoditas perikanan bernilai ekonomis dengan harga jual sekitar Rp 25.000,- per kilogramnya. Namun harga ini masih tergolong jauh lebih murah dibandingkan harga lobster air tawar per kilogram di wilayah Jabodetabek. Harga lobster air tawar di Jabodetabek mencapai Rp 150.000,- untuk lobster hidup dengan berat 100 gram per ekor dan Rp 110.000,- untuk lobster beku dengan berat 70-100 gram per ekor (www.lobsterairtawar.com). Hal ini terjadi

karena komoditas ini kurang disukai oleh masyarakat lokal yang disebabkan beberapa hal diantaranya belum diketahuinya cara memasak lobster dan bentuk fisiknya yang kurang disukai. Faktor lain yang menyebabkan rendahnya harga lobster air tawar di Maninjau dimungkinkan karena ukuran jual yang juga lebih kecil dibandingkan dengan ukuran jual di Jabodetabek.

Dampak negatif terjadi jika *C. quadricarinatus* menjadi jenis invasif. Lodge *et al.* (2006) sebagaimana dikutip oleh Belle & Yeo (2010) mendefinisikan jenis invasif sebagai jenis yang mampu mempertahankan populasinya pada ekosistem alami atau semi alami dan berpengaruh negatif secara ekonomi, lingkungan, atau bahkan kesehatan manusia. Beberapa karakteristik *C. quadricarinatus* yang menunjukkan bahwa jenis ini berpotensi sebagai jenis invasif jika diintroduksi adalah laju pertumbuhan dan fekunditas yang superior, toleransi terhadap lingkungan tinggi dengan tingkah laku meliang yang dapat mengubah zona riparian (Jones, 1990; Todd & D'Andrea, 2003 *in* Coughran & Leckie, 2007) dan sebagai pembawa inang mikroba yang mungkin berbahaya bagi biota danau lainnya (Edgerton, *et al.*, 2002 *in* Belle & Yeo, 2010). Untuk mengetahui secara pasti pengaruh kehadiran lobster asing ini di Danau Maninjau diperlukan penelitian lebih lanjut. Hasil penelitian lebih rinci dan mendalam mengenai aspek biologi, ekologi, dan ekonomi *C. quadricarinatus* akan menjadi data dasar untuk pengelolaan perikanan lobster di Danau Maninjau.

KESIMPULAN

Lobster air tawar *Cherax quadricarinatus* merupakan jenis asing baru di Danau Maninjau. Saat ini lobster telah terdapat di hampir sekeliling danau dan lobster ini mampu mempertahankan populasinya. Keberadaan lobster *C. quadricarinatus* di Danau Maninjau bisa berdampak positif atau negatif secara ekologi, ekonomi, dan sosial. Sampai saat ini keberadaannya berdampak positif secara ekonomi dengan menjadi salah satu komoditas perikanan yang diperjualbelikan.

DAFTAR PUSTAKA

Apip, M. F., Sulastri, L. Subehi, & I. Ridwansyah. 2003. Telaah unsur iklim dalam proses fisika kimia perairan Danau Maninjau. *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia* 10(1):10-13.

- Belle, C. C., & D. J. Yeo. 2010. New observation of the exotic Redclaw Crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) (Crustacea:Decapoda:Parastacidae) in Singapore. *Nature in Singapore* 3:99-102.
- Busacker, G.P., I.R. Adelman, & E.M. Goolish. 1990. Growth. Dalam : Schreck, C.B & P.B. Moyle (eds.). *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, Maryland, USA. 363-382.
- Coughran, J. & S. Leckie. 2007. Invasion of a New South Wales stream by the Tropical Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). Dalam : D. Lunney, P. Eby, P. Hutchings & S. Burgin (eds.). *Pest or Guest: the zoology of overabundance*. Royal Zoological Society of New South Wales, Mosman, NSW, Australia. 40-46.
- Goldman, C.R. & A.J. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill, Inc., United States of America.
- Guan, R. & P.R. Wiles. 1999. Growth and reproduction of the introduced crayfish *Pacifastacus lenisculus* in a British lowland river. *Fisheries Research* 42: 245-259
- Guan, R.Z. 1997. An improved method for marking crayfish. *Crustaceana* 70(6): 641-652.
- Hobbs Jr, H. H. 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation, and evolution. Dalam: Holdich, D.M & R.S. Lowery (eds.). *Freshwater Crayfish: Biology, Management, and Exploitation*. Croom Helm, London. 52-82
- Horwitz, P. 1995. A Preliminary key to the species of Decapoda (Crustacea: Malacostraca) found in Australian inland waters. Co-operative research Centre for Freshwater Ecology Identification Guide No. 5. 69 hal.
- <http://www.lobsterairtawar.com/products.htm> [diakses 26 Oktober 2011 pukul 21.00 WIB].
- Lowery, R.S. 1988. Growth, moulting, and reproduction. Dalam: D.M. Holdich and R. S. Lowery (eds.). *Freshwater Crayfish: Biology, Management, and Exploitation*. Croom Helm, London. 83-113
- Pusat Penelitian Limnologi-LIPI. 2010. Pengelolaan Danau Maninjau. Draft Master Plan. [Tidak Dipublikasikan].
- Ruscoe, I. 2002. Redclaw crayfish aquaculture (*Cherax quadricarinatus*). *Fishnote* No. 32: November 2002.
- Vazquez, F.J. & L.S.L Greco. 2007. Intersex females in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *Revista de Biologia Tropical (International Journal of Tropical Biology and Conservation)* 55 (1): 25-32.

KAJIAN KUALITAS PERAIRAN DAN POTENSI PRODUKSI SUMBER DAYA IKAN DI DANAU BATUR, BALI

Danu Wijaya, Agus Arifin Sentosa, Didik Wahyu Hendro Tjahjo
Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan
e-mail korespondensi: van_danoe@yahoo.com

ABSTRAK

Danau Batur merupakan danau terbesar di Pulau Bali yang terletak di Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Danau Batur memiliki luas 16,05 km², kedalaman maksimum sekitar 60 – 70 m serta berada di ketinggian 1050 m di atas permukaan laut. Danau tersebut telah dimanfaatkan masyarakat di sektor perikanan, selain sektor pariwisata yang telah berkembang sebelumnya. Dalam Konferensi Nasional Danau Indonesia I dan II telah disepakati untuk memilih 15 danau sebagai salah satu prioritas penanganan permasalahan lingkungan hidup periode 2010-2014 dan Danau Batur termasuk salah satu dari 15 danau prioritas tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perairan dan estimasi potensi produksi sumber daya ikan di Danau Batur, Provinsi Bali. Penelitian dilaksanakan bulan Mei, Juli dan Oktober tahun 2011. Penelitian dilakukan pada enam stasiun yaitu Kedisan, Abang, Trunyan, Songan, Toya Bungkah dan bagian tengah danau. Potensi produksi sumber daya ikan dihitung berdasarkan kandungan klorofil-a. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi kualitas perairan di Danau Batur masih baik untuk kehidupan sumber daya ikan di habitat alaminya. Rerata estimasi potensi produksi sumber daya ikan berdasarkan kandungan klorofil-a di Danau Batur berkisar antara 221,2 – 270,3 kg/ha/tahun.

Kata Kunci: *kualitas air, potensi produksi, Danau Batur*

ABSTRACT

Lake Batur is the largest lake on Bali Island and is located in Distric of Kintamani, Bangli Regency. Lake Batur has an area of 16,05 km², maximum depth of about 60 - 70 m and is located at an altitude of 1050 m above sea level. The lake has been used in the fisheries sector, together with other sectors such as tourism which has been developed previously. Indonesia Lake National Conference I and II have agreed to choose 15 priority lakes for handling environmental issues in 2010 – 2014 and Lake Batur is one of them. This study aims to determine the water quality and production potential of fish resources in Lake Batur, Bali Province. The reseach was conducted in May, July and October 2011. The study was conducted at six stations, namely Kedisan, Abang, Trunyan, Songan, Toya Bungkah and the center of the lake. Potential production of fish resources was calculated based on the content of chlorophyll-a. The results showed that water quality conditions in Lake Batur is still good for the life of fish resources in their natural habitat. The mean estimate of the potential production of fish resources based on the content of chlorophyll-a in Lake Batur ranged from 221.2 to 270.3 kg/ha/year.

Keywords: *water quality, production potential, Lake Batur*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki tidak kurang dari 500 danau dengan luas total sekitar 5.000 km² atau 0,25% luas daratan. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan pembangunan yang kurang memperhatikan keseimbangan dan daya dukung lingkungan, kualitas lingkungan hidup ekosistem danau di Indonesia semakin menurun

akibat pencemaran dan kerusakan lingkungan (Witoelar, 2009). Kondisi tersebut telah mendorong diselenggarakannya Konferensi Nasional Danau Indonesia (KNDI) I telah dilaksanakan di Bali pada tahun 2009 dan KNDI II di Semarang tahun 2011 yang bertujuan untuk meningkatkan kepedulian masyarakat, pemerintah daerah dan instansi terkait dalam memelihara dan menyelamatkan fungsi danau serta menarik sektor swasta untuk dapat memanfaatkan jasa lingkungan secara berkesinambungan. KNDI II telah menetapkan 15 Danau Prioritas Nasional sebagai salah satu prioritas penanganan permasalahan lingkungan hidup periode 2010-2014 (KLH, 2011).

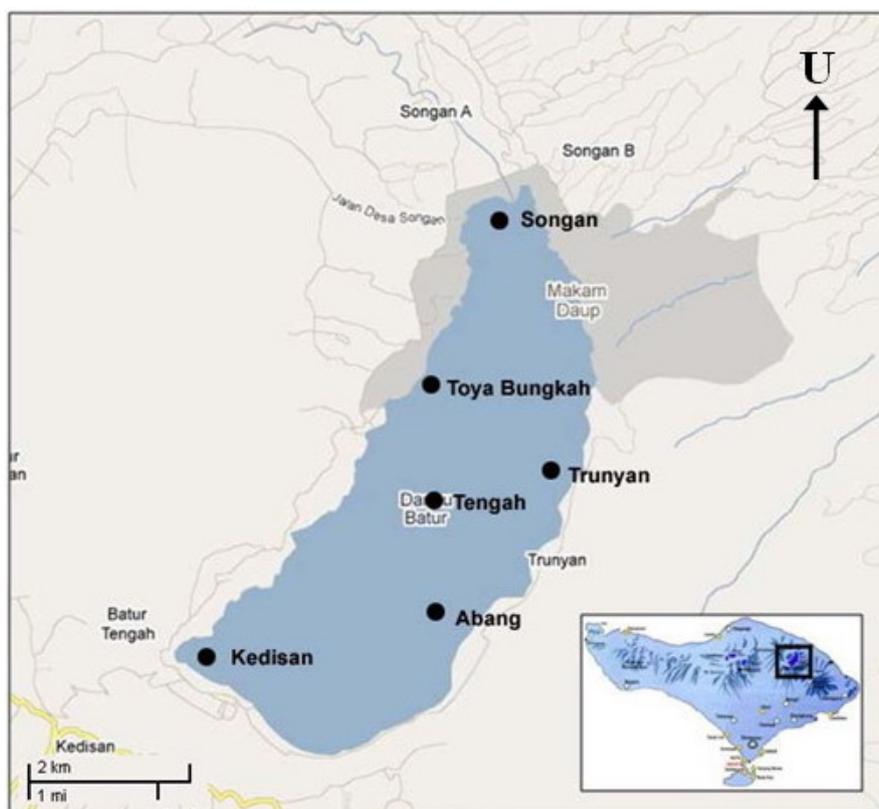
Danau Batur adalah salah satu danau yang termasuk dalam 15 Danau Prioritas Nasional yang dipilih berdasarkan parahnya tingkat kerusakan dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat (Suwanto *et al.*, 2011). Danau Batur merupakan danau terbesar di Pulau Bali yang terletak di Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Danau tersebut memiliki luas 16,05 km² dengan kedalaman maksimum sekitar 60 – 70 m serta berada di ketinggian 1050 m di atas permukaan laut. Danau tersebut telah dimanfaatkan masyarakat di sektor perikanan, selain sektor pariwisata yang telah berkembang sebelumnya (Gubernur Bali, 2010). Menurut Suryono *et al.* (2008), kondisi perairan Danau Batur pada saat ini cenderung mengalami perubahan, terutama kualitasnya akibat pengaruh aktivitas masyarakat di sekitar danau. Kondisi Danau Batur yang merupakan sistem perairan tertutup dan tidak ada outlet sangat berpengaruh terhadap kualitas perairannya dan tekanan akan semakin meningkat dengan adanya peningkatan aktivitas perikanan masyarakat yang menimbulkan limbah seperti adanya kawasan pertanian sayuran, daerah wisata, budidaya ikan dalam keramba jaring apung (KJA) dan pemanfaatan lainnya (Suryono *et al.*, 2006).

Pembangunan infrastruktur dan pemanfaatan perairan danau akan berpengaruh terhadap kondisi kualitas perairan danau. Pencemaran akan menurunkan kualitas perairan yang pada akhirnya akan berpengaruh pula terhadap potensi produksi ikan di Danau Batur mengingat ikan dan organisme akuatik lainnya membutuhkan persyaratan habitat yang baik untuk mendukung kehidupannya (Kristanto, 2002). Permasalahan tersebut perlu ditangani dengan pengelolaan yang rasional terhadap sumber daya perairan di danau tersebut. Data dan informasi mengenai kualitas perairan danau dan nilai potensi produksi sumber daya ikan merupakan salah satu komponen yang diperlukan dalam pengelolaan danau (Wijaya *et al.*, 2009). Oleh karena itu, penelitian

yang bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas perairan dan estimasi potensi produksi sumber daya ikan di Danau Batur, Provinsi Bali perlu dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di perairan Danau Batur yang secara administratif terletak di Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Pengumpulan data dengan metode survei lapangan dilakukan pada bulan Mei, Juli, dan Oktober 2011. Penentuan stasiun dilakukan dengan metode survei secara purposive didasarkan pada keterwakilan lokasi perairan dan karakter pemanfaatan sumber daya perairan di danau tersebut. Lokasi pengamatan dibagi menjadi enam stasiun (Gambar 1) dengan karakteristik lokasi masing-masing stasiun disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Stasiun penelitian di Danau Batur (Modifikasi Google Map, 2011)

Tabel 1. Karakteristik lokasi stasiun pengamatan di Danau Batur

No.	Lokasi Stasiun Pengamatan	Letak Geografis	Karakteristik Lokasi
1.	Kedisan	S : 08° 16,520' E : 115° 22,816'	Pantai danau berupa dataran landai yang merupakan daerah pertanian dan pemukiman penduduk, terdapat dermaga wisata, keramba jaring apung (KJA), dan sepanjang tepian banyak tumbuhan air.
2.	Abang	S : 08° 16,415' E : 115° 24,528'	Pantai danau berupa dataran landai yang merupakan daerah pertanian dan pemukiman penduduk, sepanjang tepian banyak terdapat tumbuhan air
3.	Trunyan	S : 08° 14,495' E : 115° 25,591'	Pantai danau berupa tebing bukit dengan kemiringan sekitar 45° - 60°, sepanjang tepian banyak tumbuhan air, dan dekat dengan makam adat Desa Trunyan
4.	Songan	S : 08° 13,624' E : 115° 24,910'	Pantai danau berupa dataran landai yang merupakan daerah pertanian, sepanjang tepian banyak tumbuhan air
5.	Toya Bungkah	S : 08° 15,111' E : 115° 24,924'	Pantai danau merupakan batuan vulkanis, terdapat rumah penduduk dan daerah wisata, terdapat sumber air panas dan KJA.
6.	Tengah Danau	S : 08° 15,098' E : 115° 24,924'	Merupakan bagian tengah danau yang paling dalam.

Pengambilan sampel air dilakukan menggunakan *kemmerer water sampler* pada kedalaman eufotik yang ditentukan dengan persamaan Viner (1984) dalam An & Jones (2000) dengan rumus:

$$Z \text{ eufotik} = 2,3 \times \text{Kecerahan (m)}$$

Parameter kualitas air diamati secara *in situ* dan *ex situ* mengacu kepada APHA (2005) sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Pengamatan *in situ* dilakukan secara langsung di lapangan dan *ex situ* dilakukan di Laboratorium Kimia Air Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan di Purwakarta, Jawa Barat.

Tabel 2. Parameter kualitas perairan yang diamati selama penelitian

Parameter	Satuan	Metode
Kecerahan	cm	Cakram Secchi, <i>in situ</i>
Suhu air	°C	Termometer alkohol, <i>in situ</i>
pH air	unit	<i>pH indicator kit</i> , <i>in situ</i>
Oksigen terlarut (O ₂)	mg/L	Winkler, <i>in situ</i>
Karbon dioksida (CO ₂)	mg/L	Titrimetri (Na ₂ CO ₃), <i>in situ</i>
Alkalinitas	mg/L	Titrimetri (HCl), <i>in situ</i>
Nitrit (N-NO ₂)	mg/L	Spektrofotometri (Naftilamine), <i>ex situ</i>
Nitrat (N-NO ₃)	mg/L	Spektrofotometri (Brucine sulphate), <i>ex situ</i>
Ammonia (N-NH ₄)	mg/L	Spektrofotometri (Nessler), <i>ex situ</i>
Ortofosfat (P-PO ₄)	mg/L	Spektrofotometri (SnCl ₂), <i>ex situ</i>
Turbiditas	NTU	Turbidimeter, <i>in situ</i>
Klorofil-a	mg/m ³	Spektrofotometri, <i>ex situ</i> (pengawet MgCO ₃)

Potensi produksi sumber daya ikan di Danau Batur dihitung berdasarkan kandungan klorofil-a. Analisis kandungan klorofil-a dilakukan dengan menggunakan metode trichromatik (determinasi spektrofotometrik klorofil-a, b dan c). Sampel air dengan volume 250 ml, diawetkan dengan menambahkan larutan MgCO₃ sebanyak 1 ml. Sampel kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Millipore dengan diameter pori 0,45 µm. Kertas saring kemudian diekstraksi dengan menggunakan Aseton 90 % setelah itu di sentrifuse selama 15 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Perhitungan klorofil-a mengikuti persamaan APHA (2005) sebagai berikut:

$$C_a = 11.85 (\text{OD}_{664}) - 1.54 (\text{OD}_{647}) - 0.08 (\text{OD}_{630})$$

$$\text{Klorofil-a (mg klorofil-a/m}^3) = \frac{C_a \times \text{Volume ekstrak}}{\text{Volume air contoh} \times d}$$

keterangan:

- C_a : Konsentrasi klorofil-a dalam ekstrak (mg/m³)
 Volume ekstrak : Volume sample setelah dilarutkan dalam aseton
 Volume sampel : Volume air yang disaring (liter)
 d : diameter atau celah kuvet yang digunakan (cm)

OD664, OD647, OD630 : Nilai absorban pada setiap panjang gelombang (664 nm, 647 nm dan 630 nm) setelah dikurangi dengan absorban pada panjang gelombang 750 nm.

Potensi produksi ikan diestimasi dengan menggunakan rumus hubungan antara klorofil-a terhadap produksi ikan yang dikemukakan oleh Almazan & Boyd *dalam* Boyd (1990), dengan persamaan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = 1,43 + 24,48 x - 0,15 x^2$$

Keterangan:

\hat{Y} = produksi ikan (kg/ha/tahun)

x = klorofil-a (mg/m^3)

Hubungan antar parameter kualitas perairan di Danau Batur diketahui berdasarkan analisis komponen utama (PCA, *Principal component analysis*) dan analisis clustering dengan bantuan software STATISTICA versi 6.0. Analisis ANOVA dengan bantuan program Microsoft Office Excel juga digunakan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi klorofil-a pada setiap bulan pengamatan di Danau Batur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Perairan Danau Batur

Pengamatan kualitas air di Danau Batur dilakukan pada kedalaman eufotik yang merupakan kedalaman dimana alga dan makrofita masih dapat tumbuh karena masih terdapat cahaya matahari yang digunakan untuk fotosintesis (Horne & Goldman, 1994). Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa zona eufotik di danau tersebut berada pada kisaran kedalaman 2,76 - 11,04 m dari permukaan. Zona eufotik tersebut didukung oleh kecerahan yang relatif tinggi yang mendukung produktivitas perairan melalui proses fotosintesis. Hasil pengukuran kualitas perairan di Danau Batur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran kualitas air Danau Batur pada kedalaman eufotik

Parameter	Mei 2011		Juli 2011		Oktober 2011	
	Kisaran	μ	Kisaran	μ	Kisaran	μ
Kecerahan (cm)	120,0 - 190,0	148,0	200,0 - 480,0	296,7	160,0 - 240,0	216,7
Suhu Air ($^{\circ}$ C)	24,1 - 26,4	25,1	22,9 - 24,1	23,5	24,2 - 26,2	24,7
pH air (unit)	8,81 - 9,50	9,12	8,21 - 8,69	8,37	8,62 - 9,00	8,84
DO (mg/L)	3,22 - 6,82	5,54	0,62 - 5,56	3,45	4,92 - 8,25	6,58
CO ₂ (mg/L)	0,00 - 0,00	0,00	0,00 - 0,00	0,00	0,00 - 0,00	0,00
Alkalinitas (mg/L)	174,8 - 282,2	216,4	190,4 - 363,0	252,9	185,6 - 228,5	216,1
N-NO ₂ (mg/L)	0,01 - 0,04	0,02	0,06 - 0,14	0,10	0,00 - 0,13	0,02
N-NO ₃ (mg/L)	0,07 - 0,53	0,25	0,28 - 0,65	0,45	0,05 - 1,56	0,55
N-NH ₄ (mg/L)	0,56 - 1,31	0,92	0,12 - 0,55	0,23	0,23 - 1,06	0,59
P-PO ₄ (mg/L)	0,03 - 0,08	0,05	0,02 - 0,38	0,08	0,01 - 0,08	0,04
Turbiditas (NTU)	7,5 - 19,6	13,2	2,2 - 7,5	4,7	3,7 - 8,2	5,8

Berdasarkan nilai kecerahannya, Danau Batur termasuk dalam kategori danau eutrofik (Likens, 1975 dalam Jorgensen, 1980). Sesuai pernyataan Manik (2003), kecerahan yang tinggi tersebut berbanding terbalik dengan nilai turbiditas/kekeruhan yang rendah yang hanya berkisar antara 2,2 – 19,6 NTU. Turbiditas yang rendah relatif menguntungkan karena tidak mengganggu sistem osmoregulasi dan daya lihat organisme akuatik serta penetrasi cahaya ke dalam air (Effendi, 2003).

Suhu perairan di Danau Batur secara umum masih sama dengan danau-danau tropis lainnya dengan kisaran antara 22,9 – 26,4 $^{\circ}$ C. secara umum, nilai tersebut masih mendukung bagi kehidupan ikan dan biota perairan lainnya. Mulyanto (1992) menyatakan suhu yang baik untuk kehidupan ikan di daerah tropis berkisar antara 25 – 32 $^{\circ}$ C. Suhu air antara 20 – 30 $^{\circ}$ C juga optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan (Effendi, 2003).

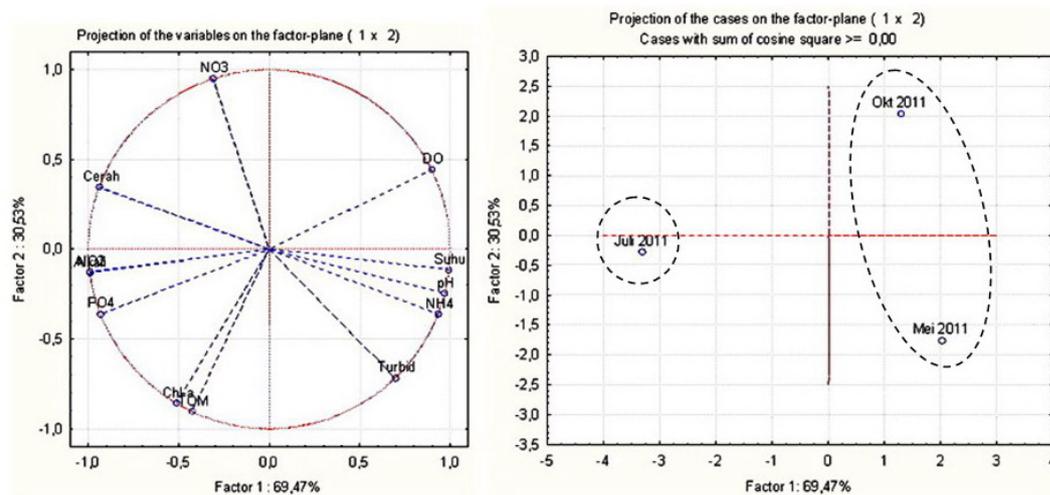
pH di Danau Batur cenderung bersifat alkali atau basa dengan kisaran pH antara 7,5 – 9,0. Effendi (2003) menyatakan bahwa sebagian besar organisme akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7,0 – 8,5. pH yang stabil tersebut didukung oleh kadar alkalinitas yang tinggi. Hal tersebut disebabkan alkalinitas memiliki daya mengikat asam atau kapasitas penyangga (*buffer*) pH di perairan (Swingle, 1969). Cole (1988) menyatakan bahwa perairan dengan nilai alkalinitas tinggi tidak mengalami perubahan pH secara drastis.

Oksigen terlarut merupakan suatu indikator kualitas air, kondisi ekologi, produktivitas dan kesehatan perairan (Wetzel, 2001). Kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) di zona eufotik Danau Batur berkisar antara 0,62 – 8,25 mg/L. Kondisi DO yang rendah terjadi pada bulan Juli 2011 diduga terkait dengan aktivitas vulkanis Gunung Batur pada Juni 2011 yang menyebabkan kematian massal pada ikan (Tribunnews, 2011). Walaupun demikian, kandungan CO₂ bebas selama pengamatan cenderung nol. Hal tersebut diduga kadar CO₂ yang ada telah mengalami reaksi kesetimbangan dengan air membentuk ion H⁺ dan CO₂²⁻ sebagaimana dinyatakan oleh Mackereth *et al.* (1989) sehingga menyebabkan kondisi perairan di Danau Batur memiliki alkalinitas yang tinggi. Secara umum, kadar DO dan CO₂ bebas tersebut masih mendukung bagi kehidupan biota akuatik. Swingle (1969) menyatakan ikan masih dapat hidup pada kadar DO antara 1,0 – 5,0 mg/L. Kadar CO₂ bebas di kedua danau masih mendukung bagi kegiatan perikanan karena kadarnya < 5 mg/L (Boyd, 1988).

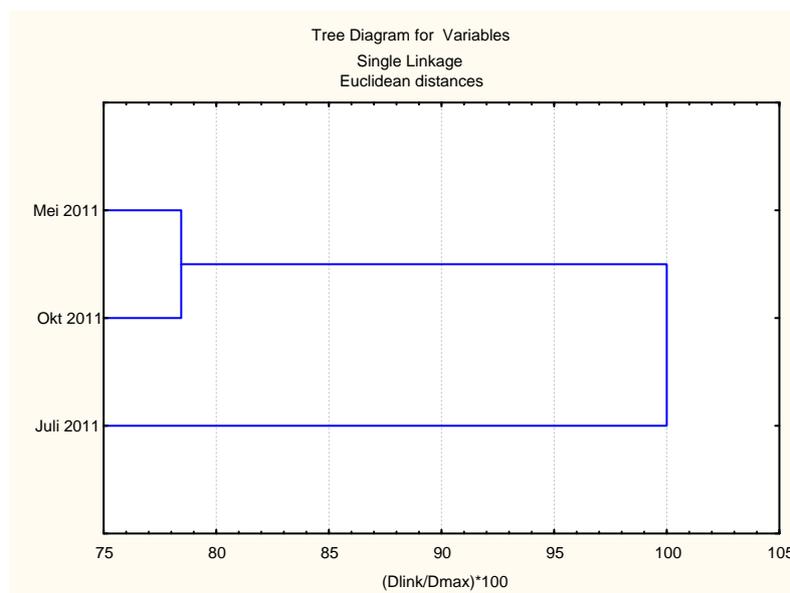
Nitrogen di lingkungan perairan ada yang bersifat organik dan anorganik. Nitrit (NO₂⁻), nitrat (NO₃⁻) dan amonium (NH₄⁺) adalah salah satu komponen nitrogen anorganik yang dapat mengalami transformasi dalam siklus nitrogen. Nitrat dan amonium adalah sumber utama nitrogen di perairan (Effendi, 2003). Amonium adalah sumber nitrogen yang paling disukai oleh fitoplankton. Hal tersebut dikarenakan N-NH₄ dapat langsung digunakan secara langsung sebagai sumber N sedangkan untuk N-NO₂ dan N-NO₃ perlu direduksi terlebih dahulu dengan bantuan bakteri reduktase nitrat dan nitrit (Ji, 2008). Konsentrasi nitrit, nitrat, dan amonium berturut-turut di Danau Batur berkisar antara 0,004 – 0,142 mg/L, 0,046 – 1,556 mg/L, dan 0,120 – 1,312 mg/L. Kadar nitrit di Danau Batur perlu diwaspadai karena Moore (1991) telah menyatakan bahwa kadar nitrit kurang dari 0,05 mg/L cenderung bersifat toksik bagi organisme akuatik yang sangat sensitif, namun beberapa ikan masih mampu bertahan. Nitrat tidak bersifat toksik terhadap organisme air (Mason, 1993). Danau Batur tergolong perairan oligotrofik karena kadar nitratnya berada pada kisaran 0 – 1 mg/L (Volenweider, 1969 dalam Wetzel, 1983). Konsentrasi amonium yang cukup tinggi di Danau Batur dapat berpotensi positif sebagai penyedia sumber N yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan air.

Fosfat (P-PO₄) merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972). Kadar fosfat pada zona eufotik Danau Batur berkisar antara 0,011 –

0,384 mg/L. Kadar fosfat pada perairan alami jarang melebihi 0,1 mg/L (Boyd, 1988). Kadar fosfat lebih dari 0,1 mg/L di Danau Batur terjadi pada bulan Juli 2011. Hal tersebut diduga terkait dengan aktivitas vulkanis Gunung Batur pada Juni 2011 (Tribunnews, 2011) selain juga akibat dekomposisi bahan organik, limbah domestik, limpasan (*run off*) pupuk pertanian dan pelapukan batuan mineral yang selalu terjadi di Danau Batur. Berdasarkan kadar P-PO₄, Danau Batur tergolong danau eutrofik (Vollenweider, 1969 dalam Wetzel, 1983).



Gambar 2. Grafik analisis PCA di Danau Batur: korelasi antarparameter kualitas air (kiri), dan korelasi antarwaktu pengamatan (kanan).



Gambar 3. Dendrogram klasifikasi pengamatan kualitas air berdasarkan waktu pengamatan di Danau Batur

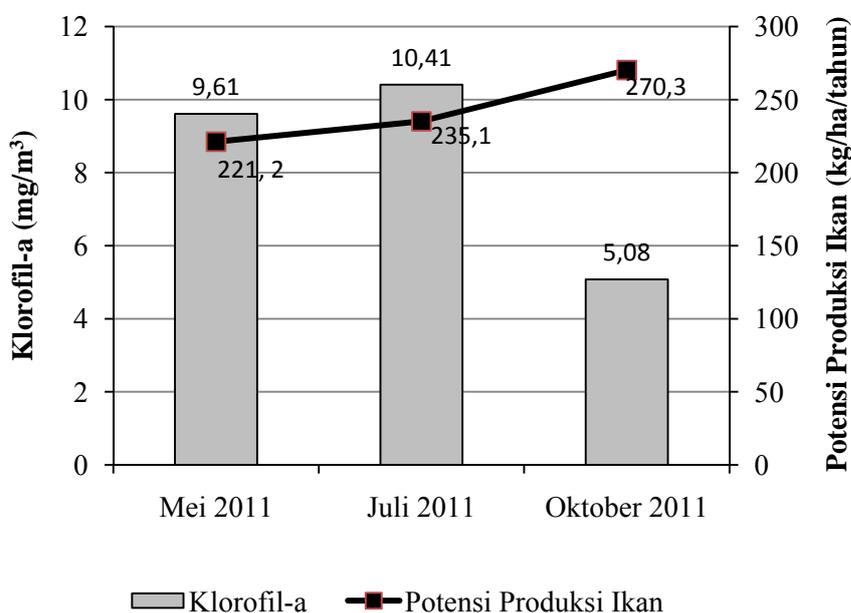
Berdasarkan analisis komponen utama (PCA) menunjukkan bahwa parameter kualitas air yang paling berpengaruh terpusat pada satu sumbu utama (F1) dengan kontribusi sebesar 69,47%. Parameter yang berpengaruh dalam pengelompokan antarwaktu pengamatan antara lain suhu air, pH, amonium dan DO, sedangkan pada kuadran negatif yaitu kadar nitrat, alkalinitas, kecerahan dan kadar fosfat dan membentuk dua kelompok (Gambar 2). Pengelompokan tersebut dikonfirmasi dengan dendrogram klasifikasi hirarki berdasarkan jarak Euclidian yang juga didapatkan dua pengelompokan. Parameter kualitas air Danau Batur pada pengamatan bulan Juli 2011 cenderung terpisah. Kondisi tersebut bisa jadi terkait dengan adanya aktivitas vulkanis Gunung Batur pada bulan Juni 2011 (Tribunnews, 2011) yang berpengaruh terhadap beberapa parameter kualitas air di danau tersebut.

Potensi Produksi Sumber Daya Ikan Danau Batur

Klorofil-a merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menduga kemampuan fotosintesis dari fitoplankton disuatu perairan. Menurut Sutomo *et al.* (1989), kandungan klorofil-a disuatu perairan dapat digunakan sebagai ukuran *standing stock* fitoplankton yang dapat dijadikan sebagai petunjuk produktivitas primer suatu perairan. Semakin tinggi kandungan klorofil-a fitoplankton dalam suatu perairan, berarti semakin tinggi pula produktivitas perairan tersebut sehingga daya dukung terhadap komunitas penghuninya juga semakin tinggi (Riyono *et al.*, 2006). Oleh karena itu, berdasarkan data kandungan klorofil-a dapat diestimasi potensi produksi ikan untuk masing-masing danau menggunakan rumus hubungan antara klorofil-a terhadap produksi ikan pelagis yang dikemukakan oleh Almazan & Boyd *dalam* Boyd (1990). Kandungan klorofil-a dan nilai estimasi potensi produksi ikan pelagis di Danau Batur disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Kandungan klorofil-a dan estimasi potensi produksi ikan di Danau Batur

Parameter	Mei 2011		Juli 2011		Oktober 2011	
	Kisaran	μ	Kisaran	μ	Kisaran	μ
Klorofil -a (mg/m ³)	3,06 - 12,28	9,61	4,48 - 21,38	10,41	1,70 - 7,75	5,08
Potensi produksi ikan (kg/ha/tahun)	75,0 - 279,5	221,2	108,2 - 456,2	235,1	42,6 - 1014,8	270,3



Gambar 4. Kandungan klorofil-a dan potensi produksi ikan di Danau Batur

Gambar 4 menunjukkan rerata kandungan klorofil-a di Danau Batur cenderung mengalami penurunan sejak bulan Juli hingga Oktober 2011 dikarenakan pada bulan Oktober 2011 sudah mulai memasuki musim penghujan sehingga akan terjadi pengenceran perairan dan aktivitas fotosintesis menurun. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa kandungan klorofil-a di Danau Batur selama penelitian tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) sehingga dapat dikatakan bahwa kadar klorofil-a di danau tersebut relatif stabil. Klasifikasi kesuburan perairan menurut Linkens (1975) dalam Jorgensen (1980) berdasarkan data klorofil-a menunjukkan Danau Batur tergolong danau eutrofik. Walaupun demikian, rata-rata estimasi potensi produksi ikan pelagis di Danau Batur justru memiliki kecenderungan meningkat. Nilai tersebut hanya merupakan estimasi terhadap potensi produksi bagi ikan-ikan pelagis di Danau Batur yang memanfaatkan fitoplankton sebagai makanannya sehingga tidak berlaku bagi seluruh ikan di danau tersebut.

Nilai rerata potensi produksi ikan di Danau Batur pada tahun 2011 berkisar antara 221,2 – 270,3 kg/ha/tahun. Nilai tersebut lebih rendah jika dibandingkan penelitian oleh Sarnita & Kartamihardja (1992) dimana potensi produksi Danau Batur sebesar 380-660 kg/ha/tahun. Kondisi tersebut diduga terkait dengan semakin intensifnya pemanfaatan

sumber daya lahan dan perairan di sekitar dan pada Danau Batur sehingga daya dukung danau tersebut menurun. Oleh karena itu, dengan terpilihnya Danau Batur dalam 15 danau prioritas dalam Konferensi Nasional Danau Indonesia I dan II diharapkan upaya pemulihan, pelestarian dan pengelolaan fungsi danau tersebut berdasarkan prinsip keseimbangan ekosistem dan daya dukung lingkungannya dapat berlangsung dengan baik.

KESIMPULAN

1. Kondisi kualitas perairan di Danau Batur secara umum masih mendukung bagi keberadaan sumber daya ikan di habitat alaminya.
2. Nilai estimasi rerata potensi produksi sumber daya ikan pelagis berdasarkan kandungan klorofil-a di Danau Batur berkisar antara 221,2 – 270,3 kg/ha/tahun

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan penelitian “Kajian Risiko Introduksi Ikan di Danau Batur dan Beratan, Provinsi Bali”, Tahun Anggaran 2011 di Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition. Washington. DC. Am. Public Health Ass.. Am. Water Works Ass. 1193p.
- An, K.G & J.R. Jones. 2000. Factors regulating bluegreen dominance in a Reservoir Directly Influenced by the Asian Monsoon. *Hydrobiologia* 432: 37 – 48p.
- Boyd, C.E. 1988. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Fourth Printing. Auburn University Agricultural Experiment Station, Alabama, USA. 359p.
- Boyd, C.E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Co. Birmingham. Alabama. 482p.
- Cole, G.A. 1988. Textbook of Limnology. Third edition. Waveland Press, Inc., Illinois, USA. 401p.
- Dugan, P.R. 1972. Biochemical Ecology of Water Pollution. Plenum Press. New York. 159p.

- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta. 258p.
- Gubernur Bali. 2010. Slide Presentasi: Strategi Pengembangan Ekowisata Danau di Bali Sebagai Obyek Wisata Unggulan. <http://www.docstoc.com/docs/10064247/Presentasi-Pengelolaan-Danau-di-Bali>. Diakses 7 Februari 2011.
- Horne, A.J. & C.R. Goldman. 1994. Limnology, 2nd Edition. McGraw-Hill. New York. 576 p.
- Ji, Zhen-Gang. 2008. Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes and Estuaries. John Willey & Sons, Inc Publications. 676p.
- Jorgensen, S.E. 1980. Lake Management: Water Development, Supply and Management .Volume 14. Pergamon Press. 167p.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2011. Konferensi Nasional Danau Indonesia II: Langkah Nyata Gerakan Penyelamatan Danau. http://wwwnew.menlh.go.id/home/index.php?option=com_content&view=article&id=5184%3Akonferensi-nasional-danau-indonesia-ii&catid=43%3Aberita&Itemid=73&lang=en. Diakses tanggal 20 Juni 2012.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Penerbit Andi, Yogyakarta. 352p.
- Mackereth, F.J.H., J. Heron & J.F. Talling. 1989. Water Analysis. Freshwater Biological Association, Cumbria, UK. 120p.
- Manik, K.E.S. 2003. Pengelolaan Lingkungan Hidup. Djambatan, Jakarta. 289p.
- Mason, C.F. 1993. Biology of Freshwater Pollution. Second Edition. Longman Scientific and Technical. New York. 351 p.
- Moore, J.W. 1991. Inorganic Contaminants of Surface Water. Springer-Verlag. New York. 334p.
- Mulyanto. 1992. Lingkungan Hidup untuk Ikan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta. 138p.
- Riyono, S.H., Afdal & A. Rozak. 2006. Kondisi Perairan Teluk Klabat Ditinjau dari Kandungan Klorofil-a Fitoplankton. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia No. 39: 55 – 73p.
- Sarnita, A.S. & E.S. Kartamihardja 1992. Hasil-Hasil Penelitian Potensi dan Tingkat Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan Air Tawar di Bali dan Nusa Tenggara. Dalam Prosiding Temu Karya Ilmiah Dukungan Penelitian bagi Aplikasi Pola Pengembangan Usaha Perikanan di Nusa Tenggara, Mataram, 12 – 14 Agustus 1992. Prosiding Puslitbangkan No. 27: 46 – 56p.

- Suryono, T., F. Sulawesty, S. Sunanisari, A.A. Meutia, Triyanto, G.S. Haryani, A.B. Santoso, Y. Sudarso, Cynthia H., T. Tarigan, G.S. Aji, R.L. Toruan, S. Nomosatriyo, E. Mulyana, I. Ridwansyah & Y. Mardiaty. 2006. Kajian Karakteristik Limnologi untuk Pengelolaan Habitat Perairan Danau Batur. Provinsi Bali. Laporan Teknis DIPA 2006. Program Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Pusat Penelitian Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Cibinong. 233p.
- Suryono, T., S. Nomosatriyo & E. Mulyana. 2008. Tingkat Kesuburan Danau – Danau di Sumatera Barat dan Bali. LIMNOTEK Volume XV No. 2: 99 – 111p.
- Sutomo, S.H. Riyono & Santoso. 1989. Kandungan Klorofil Fitoplankton di Ujung Watu, Jepara, Jawa Tengah. *Dalam* Praseno D.P., W.S. Atmadja, O.H. Arinardi, Ruyitno & I. Supangat (eds). Penelitian Oseanologi Perairan Indonesia Buku I. Biologi, Geologi, Lingkungan dan Oseanografi. Proyek Penelitian dan Pengembangan Air Tawar Jakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta: 76 – 80p.
- Suwanto, A., T.N. Harahap, H. Manurung, W.C. Rustadi, S.R. Nasution, I N.N. Suryadiputra, & I. Sualia. 2011. Profil 15 Danau Prioritas Nasional. Kementerian Lingkungan Hidup. 148p.
- Swingle, H.S. 1969. Relationship of pH of Pond Waters to Their Suitability for Fish Culture. Proc. Pacific Sci. Congress 9 (1975), Fisheries, Volume 10: 72–75p.
- Tribunnews. 2011. Kematian Ikan di Danau Batur Bukan karena Aktivitas Magmatic. <http://m.tribunnews.com/2011/06/29/kematian-ikan-di-danau-batur-bukan-karena-aktivitas-magmatic>. Diakses 23 Desember 2011.
- Wetzel, R.G. 1983. Limnology. W.B. Saunders College Publ.. Philadelphia. 743p.
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press. 1006p.
- Wijaya, D., Samuel & P.R.P. Masak. 2009. Kajian Kualitas Air dan Potensi Produksi Sumber Daya Ikan di Danau Towuti, Sulawesi Selatan. BAWAL Vol. 2 No. 6 Desember 2009: 283 – 290p.
- Witoelar, R. 2009. Sekapur Sirih Menteri Negara Lingkungan Hidup. http://www.new.menlh.go.id/home/index.php?option=com_content&view=article&id=3793%3AKONFERENSI-NASIONAL-DANAU-INDONESIA---BALI-2009&catid=43%3Aberita&Itemid=73&lang=id. Diakses tanggal 20 Juni 2012.

**KONDISI POPULASI, KONDISI EKOLOGIS, DAN
POTENSI UDANG *Macrobrachium sintangense*
STUDI KASUS WILAYAH BOGOR-JAWA BARAT DAN
BREBES-JAWA TENGAH**

Djamhuriyah S.Said¹⁾, M. Maghfiroh¹⁾ Daisy Wowor²⁾ dan Triyanto¹⁾

¹⁾ Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

²⁾ Pusat Penelitian Biologi-LIPI

e-mail: koosaid@yahoo.com

ABSTRAK

Udang Macrobrachium sintangense merupakan jenis udang air tawar asli Indonesia yang berdistribusi di Wilayah Sundaplate (Sumatera, Kalimantan, Jawa). Udang tersebut bermanfaat sebagai sumber protein masyarakat, bahan pakan ikan hias, dan juga memiliki fungsi ekologis sebagai pengontrol organisme tertentu di perairan. Penelitian dilakukan untuk mengungkap kondisi populasi, ekologis, dan potensi pemanfaatannya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret dan April 2012 meliputi beberapa perairan di wilayah Bogor-Jawa Barat (Kolam Kebun Raya, Situ Gedhe, Situ Cikaret, dan Kolam Pondok Rajeg), dan Wilayah Brebes-Jawa Tengah yang meliputi Waduk Malahayu dan Waduk Panjalin. Hasil menunjukkan bahwa kondisi populasi cenderung menurun bahkan di beberapa tempat (Situ Gedhe dan Situ Cikaret) sudah tidak ditemukan lagi. Sedangkan di Waduk Malahayu dan Waduk Panjalin masih ditemukan walaupun secara umum kondisi populasinya telah menurun. Udang *M. sintangense* hidup baik pada habitat yang cenderung teduh, berdasar lumpur /humus/pasir halus, sejuk, terdapat tumbuhan air, dengan nilai oksigen terlarut antara 4 – 9 mg/L; pH: 6,16 – 8,5; serta suhu; 26,9–32°C. Pemanfaatan udang tersebut sangat tinggi karena diperdagangkan dalam kondisi hidup ataupun dalam kondisi mati, maupun dalam bentuk makanan siap saji. Dengan melihat potensi tersebut maka udang *M. sintangense* perlu dikembangkan secara serius.

Kata Kunci : *Macrobrachium sintangense*, kondisi populasi, kondisi ekologis

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumberdaya hayati yang sangat melimpah. Salah satunya adalah yang bersumber dari perairan darat dari jasad renik hingga biota tingkat tinggi. Pemanfaatan sumberdaya yang ada belum optimal dan cenderung terpaku hanya pada beberapa spesies. Sementara setiap sumberdaya memiliki keunggulan masing-masing. Salah satu sumberdaya potensial perairan darat asli Indonesia adalah beberapa spesies udang air tawar dari jenis *Macrobrachium* spp. *Macrobrachium* merupakan salah satu komoditas dari Crustacea yang tersebar luas di Indonesia seperti Jawa, Kalimantan, Sumatera, bahkan sampai Pulau Siberut (Hartoto *et al.*, 1994). Menurut Siregar *et. al.*, (2001) di Jawa Tengah saja dijumpai tidak kurang dari 6 jenis *Macrobrachium* spp yang terdistribusi di sungai-sungai seperti Sungai Banjarn, S. Pelus, dan S. Logawa, Banyumas, salah satu di antaranya adalah *M. sintangense*.

Udang *M. sintangense* adalah udang air tawar asli Indonesia yang memiliki nama umum udang regang atau juga sering disebut dengan udang sintang atau sintang saja. Udang tersebut memiliki daerah distribusi yang luas meliputi Paparan Sunda Jawa, Sumatera, Kalimantan, Malaysia, bahkan sampai Thailand. Udang sintang memiliki habitat air tawar tergenang maupun mengalir. Udang sintang umum ditemukan di perairan tergenang seperti danau atau situ, waduk, bendungan, kolam dan lainnya (Mohamad, 1979; Kesuma, 1981; Wowor, 1985). Namun dapat juga hidup di perairan mengalir seperti sungai (Wowor, 1983; Siregar *et al.*, 2001), dan cenderung menempati bagian dangkal perairan yang berdasar pasir, lumpur, serasah, atau rerumputan.

Di beberapa daerah di Indonesia jenis udang ini memiliki nilai ekonomis karena dikonsumsi masyarakat dan juga dimanfaatkan sebagai sumber pakan ikan hias. Dengan mengkonsumsi udang air tawar tersebut, penampilan warna ikan hias dapat lebih menarik. Selain fungsi ekonomis udang *Macrobrachium* memiliki fungsi ekologis sebagai macrozoobenthos yaitu penyeimbang ekologis dimana dapat berfungsi sebagai sumber pakan organisme yang berukuran lebih besar dan juga sebagai pengontrol alami (pemangsa) antara lain terhadap larva/jentik nyamuk. Hal serupa pernah dilaporkan oleh Collins (1998) yang meneliti tentang udang *M. borelli* di Argentina.

Seperti halnya populasi alami *Macrobrachium* spp pada umumnya yang semakin cenderung menurun (Siregar *et. al.*, 2001), maka akhir-akhir ini kondisi alami *M. sintangense* makin hari makin menurun pula bahkan di beberapa tempat telah sulit ditemukan. Hal tersebut berlangsung diduga sebagai akibat dari penangkapan dan perubahan kondisi habitat yang semakin menurun, dan juga pemangsaan yang tinggi. Kondisi lain yang dihadapi oleh udang *M. sintangense* adalah persaingannya dengan jenis udang *M. lanchesteri* yang masuk ke Indonesia tanpa sengaja atau akibat dari sistem produksi ikan secara intensif. Udang *M. lanchesteri* datang sebagai jenis *invasie* dan cenderung menguasai habitat udang sintang. Dengan melihat fenomena tersebut, maka populasi alami *M. sintangense* harus tetap terjaga.

Penelitian terhadap udang *M. sintangense* masih relatif jarang dilakukan. Namun demikian Wowor (1985) telah melakukan penelitian terhadap struktur populasi maupun musim pemijahan, serta komposisi pakan (Wowor 1983); Kesuma (1981) telah mempelajari nisbah kelamin dan tingkat kematangan gonad udang sintang. Penelitian ini merupakan suatu kajian untuk mengungkap kondisi populasi, kondisi ekologis dan

pemanfaatan udang *M.sintangense*. Penelitian ini bermanfaat sebagai pijakan dalam pengelolaan dan pengembangan udang *M. sintangense* lebih lanjut dalam rangka mempertahankan keberadaannya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Maret dan April 2012. Pengambilan conto di Wilayah Bogor-Jawa Barat dilakukan pada bulan Maret sedangkan di Brebes-Jawa Tengah dilakukan pada bulan April 2012. Lokasi penelitian di Wilayah Bogor mencakup kolam-kolam (2Q-C dan 2Q-E) di Kebun Raya Bogor (KRB), Situ Gedhe Dramaga, Situ Cikaret, dan Kolam Pondok Rajeg-Cibinong. Sedangkan di Brebes-Jawa Tengah meliputi Waduk Malahayu dan Waduk Panjalin. Khusus Waduk Malahayu dilakukan pengamatan pada 3 stasiun yaitu muara Sungai Cikabuyutan di Waduk, S. Cikabuyutan arah hulu, dan S. Cimandala. Penentuan lokasi pengambilan conto berdasarkan informasi-informasi dan contoh-contoh spesimen yang ada sebelumnya bahwa tempat-tempat tersebut merupakan habitat udang *M. sintangense*.

Untuk Wilayah Bogor, pengambilan conto udang dilakukan dengan menggunakan serok/seser berkaki panjang. Ukuran diameter mata jaring (seser) 0,5 inch. Begitu pula halnya cara pengambilan conto di Waduk Panjalin. Sedangkan di Waduk Malahayu pengambilan conto menggunakan jala dengan diameter mata jaring sebesar 1/2 inch. Terhadap conto udang yang diperoleh dilakukan identifikasi spesies dan dihitung jumlahnya untuk mengetahui persentase keberadaannya. Pengamatan terhadap keberadaan tumbuhan air, dasar perairan dan lain lain dilakukan secara visual. Pendataan faktor fisiko-kimia pH diukur secara in situ dengan menggunakan pH meter [pH Family, Jepang]. Suhu, Saturasi, dan Kandungan Oksigen Terlarut (DO) dilakukan secara *in-situ* pula dengan menggunakan alat WQC (*Water Quality Checker*) [YSI-Horiba, Jepang]. Kedalaman air yang diamati dan diukur secara langsung menggunakan tali yang telah diberi skala ukuran. Pengukuran parameter kualitas air lainnya yang meliputi Ammonia, Nitrit, Nitrat, kesadahan/alkalinitas, Harness, Total Organic Matter (TOM) dan lain lain dianalisis di Laboratorium Pusat Penelitian Limnologi-LIPI dengan metode Spektrofotometri [Spektrofotometer-Genesys 10S UV-Vis, Thermo Scientific-Jerman]. Pembahasan potensi udang *M. sintangense* di sini cenderung pada potensi

pemanfaatan oleh masyarakat. Data tentang potensi ini didapatkan melalui metode wawancara dengan masyarakat dan pendataan langsung di tempat penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi populasi

Kondisi populasi yang ditampilkan berdasarkan pada perbandingan komunitas udang yang didapat pada masing-masing lokasi/habitat. Jumlah individu masing-masing spesies dijumlahkan kemudian dicari persentasenya terhadap komunitas pada suatu habitat. Kondisi populasi udang sintang di Jawa Barat (wilayah Bogor) tampaknya mengkhawatirkan. Pada beberapa tempat yang dikunjungi, hanya kolam Kebun Raya Bogor yang memberikan udang sintang dalam jumlah yang relatif tinggi. Sedangkan Situ Gedhe-Dramaga, Situ Cikaret-Cibinong sudah tidak diperoleh udang sintang lagi. Dari semua contoh udang yang diperoleh, 100% terisi oleh udang *M. lanchesteri*. Sedangkan di kolam Pondok Rajeg ditemukan udang sintang dan *M. lanchesteri* bersama-sama dalam jumlah yang sangat sedikit, hanya beberapa individu.

Populasi udang *M. sintangense* yang paling tinggi terdapat di Waduk Malahayu. Kondisi pada 3 stasiun yang diamati memberikan gambaran yang sama yaitu masing-masing 100% udang sintang. Di lokasi ini tidak ditemukan udang *M. lanchesteri* yang merupakan pesaing utama udang sintang. Pada saat pengamatan dilakukan pula tampaknya relatif mudah untuk mendapatkan udang sintang. Hal ini diduga sangat berhubungan dengan waktunya hujan lebat (tingginya muka air) sehingga banyak wilayah daratan Waduk Malahayu menjadi terairi. Kebiasaan udang ini adalah cenderung menempati wilayah yang dangkal. Oleh sebab itu habitat udang di sini terlihat berumput dan banyak terdapat tumbuhan. Dalam kondisi seperti ini sangat mudah untuk menangkap udang *M. sintangense*. Pengamatan Wowor (1995) di Danau Ciletuh, Cigombong menemukan udang yang sama pada bagian pingir-pinggir danau.

Kondisi di Waduk Panjalin berbeda dengan wilayah Waduk Malahayu. Populasi udang sintang di Waduk Panjalin relatif sedikit. Di sini juga sudah ditemukan *M. lanchesteri* yang merupakan pesaing alami udang sintang. Dari contoh yang diperoleh, sekitar 10-15% adalah *M. lanchesteri* (Tabel 1).

Tabel 1. Kondisi Keberadaan Udang *M.sintangense* dan jenis lainnya di Beberapa Wilayah/Lokasi Pengamatan

Wilayah/Lokasi	<i>M. sintangens</i> (<i>Ms</i>)	<i>M. lanchesteri</i> (<i>MI</i>)	Keterangan
A. Wilayah Bogor – Jawa Barat			
1. Kb Raya Kolam 2Q-C	V	V	Dominasi <i>Ms</i>
2. Kb Raya Kolam 2Q-E	V	-	100% <i>Ms</i>
3. Situ Gedhe	-	V	100% <i>MI</i>
4. Situ Cikaret	-	V	100% <i>MI</i>
5. Kolam Pd Rajeg	V	V	Masing-masing dalam jumlah sangat sedikit
B. Wilayah Brebes – Jawa Tengah			
1. Wd Malahayu St 1	V	-	100% <i>Ms</i>
2. Wd Malahayu St 2	V	-	100% <i>Ms</i>
3. Wd. Malahayu St. 3	V	-	100% <i>Ms</i>
4. Wd Panjalin	V	V	85-90% <i>Ms</i> ; 10-15% <i>MI</i>

Dari hasil pengamatan ini terlihat bahwa populasi udang *M. sintangense* cenderung menurun. Di Waduk Malahayu saja, menurut informasi nelayan bahwa dalam 6 (enam) bulan terakhir ini terjadi penurunan hasil tangkap yang sangat drastis. Pada tahun-tahun sebelumnya dalam satu hari dapat diperoleh sekitar 100 Kg udang sintang, namun akhir-akhir ini hanya sekitar 20-30 Kg saja (Heru - Dinas Perikanan Kab Brebes-Jawa Tengah, 16 April 2012, *kom. pri.*). Penurunan tersebut terutama dialami nelayan yang menggunakan alat tangkap yang bernama *osom*. Penangkap yang menggunakan alat tangkap *osom* (alat tangkap yang dibenamkan di dasar periaran) cenderung mengeluh karena berkurangnya hasil tangkapan mereka. Namun penangkapan yang menggunakan jaring masih relatif mudah untuk memperoleh udang.

Penurunan ini diduga berhubungan dengan kegiatan penebaran ikan yang mungkin berfungsi sebagai pemangsa udang seperti ikan patin. Pada saat pengamatan dilakukan penebaran ikan patin telah berlangsung sejak 6 bulan silam. Sejalan dengan waktu tersebut hasil tangkapan nelayan terhadap udang menurun drastis. Pada waktu yang lalu setiap *osom* dapat terisi sekitar 0,5-1 Kg udang dalam satu malam pemasangan, namun akhir-akhir ini hanya sekitar 20-30 individu saja pada waktu pemasangan yang sama.

Berdasarkan fenomena kondisi populasi ini maka pengembangan udang sintang merupakan suatu keharusan guna mempertahankan keberadaan dan peningkatan nilai tambahnya.

Kondisi Ekologis

Berdasarkan pengamatan secara visual terlihat bahwa habitat udang sintang cenderung berdasarkan pasir halus atau lumpur dan juga serasah. Selain itu juga sering didapatkan udang sintang pada wilayah yang terdapat tumbuhan air baik tumbuhan mengapung maupun tumbuhan di dasar air. Hal ini sesuai dengan hasil Dwiono (1981) bahwa udang sintang menyukai substratum tumbuhan air, atau yang dikombinasi dengan dasar lumpur maupun pasir. Perairan yang disenangi juga umumnya yang sejuk, terlindung oleh bayangan pohon. Kedalaman air umumnya cukup dangkal yaitu sekitar 25-30 cm, namun bahkan juga masih mampu pada kedalaman sampai 2,5 m. Kondisi ekologis beberapa wilayah yang diamati terlihat pada tabel 3-5. Sedangkan udang *M.lanchesteri* mampu bertahan pada kondisi perairan yang cenderung terbuka, bagian dasarnya mengandung sampah, dengan suhu yang relatif tinggi.

Tabel 3. Kondisi ekologis Kolam dan Situ Wilayah Bogor

No.	Parameter	Kolam Kb Raya Bogor		Situ Gedhe	Situ Cikaret	Kolam Pondok Rajeg
		Kolam 2Q-C	Kolam 2Q-E			
1	Kedalaman (m)	0,25-0,3	0,25-0,3	0,5-1	0,3-0,5	0,3-0,5
2	pH	6,52	6,16	6,62	6,75	6,6
3	Suhu ($^{\circ}$ C)	30,1	26,9	32,2	29,9	31,1
4	DO (mg/L)	2,776	4,27	2,768	3,135	4,93
5	Saturasi (%)	51,72	-	54,46	59,45	-
6	Nitrat (mg/L)	0,4375	0,822368	4,40789	0,50164	3,618421
7	Nitrit (mg/L)	0,037291	0,020137	0,077267	0,089648	0,317124
8	Amonium (mg/L)	0,326797	0,239651	0,996732	1,045752	0,250545
9	TN (mg/L)	3,726415	6,391509	6,367925	5,919811	4,716981
10	TP (mg/L)	0,198364	0,060749	0,220425	0,14689	0,331778
11	TOM (mg/L)	20,6046	10,7296	17,2813	19,75	20,1298
12	Alkalinitas (mg CaCO ₃ /L)	85,8058	62,615	83,4867	97,4012	34,7861
13	Hardness (mg/L)	55,6061544	61,784616	49,4276928	45,3087184	41,189744

Kondisi kedalaman perairan situ dan kolam yang menjadi lokasi penelitian di Wilayah Bogor cenderung dangkal yaitu 0,25-1 m (Tabel 1, Gambar 1). Penelitian Wowor (1985) di Situ Ciletuh, Cigombong juga mengambil conto udang sintang pada kedalaman 0,1-0,6 m, dan cukup mudah memperoleh udang sintang pada kedalaman tersebut. Apabila dilihat nilai DO, terlihat di sini bahwa udang sintang masih mampu hidup pada DO sebesar 2,776 mg/L (Tabel 3), dan juga hardness yang tinggi (tabel 4). Namun pada nilai Ammonium yang tinggi (Situ Gedhe & Situ Cikaret) tidak ditemukan udang sintang (Tabel 3). Menurut Allabaster & Lloyd (1982) bahwa nilai Ammonium <1 ppm dapat memberikan kehidupan akuatik yang nyaman.

Tabel 4 menggambarkan posisi geografis beberapa stasiun penelitian di Waduk Malahayu dan Waduk Panjalin. Kedalaman dasar perairan di Waduk Malahayu relatif lebih dalam daripada di Wilayah Bogor. Hal tersebut dapat difahami karena Waduk Malahayu adalah salah satu waduk besar dan memiliki kedalaman antara 9-17 meter saat air penuh (Said *et al.*, 2012) (Gambar 1). Kondisi kedalaman ini tak berpengaruh pada penangkapan karena pengambilan sampel menggunakan jala. Sedangkan di pengambilan conto di Wilayah Bogor menggunakan seser berkaki panjang.

Tabel 4. Posisi Geografis dan Kondisi Beberapa Parameter KualitarAir Waduk Malahayu dan Waduk Panjalin, Brebes-Jawa Tengah

Parameter	St 1	St 2	St.3	Waduk Panjalin
	Wd Malahayu	Wd Malahayu	Wd Malahayu	
Posisi geografis	07° 02' 54,5" S	07° 02' 54,4" S	07° 03' 08,6" S	07° 19' 44,9" S
	108° 48' 44,6" E	108° 48' 44,8" E	108° 48' 11,5" E	109° 03' 03,2" E
Kedalaman air (m)	0,5 - 1	2,5	1,5	0,7
pH air	8,67	8,04	8,73	8,55
Suhu (°C)	32,5	30,2	32,3	28,1
DO (mg/L)	9,37	6,84	9,75	4,58
Ketinggian wilayah (m)	-	-	-	364 dpl
N-NO ₂ (mg/L)	0.0029	0.0037	0.0009	0.0003
N-NO ₃ (mg/L)	0.4434	1.1009	0.6881	0.5351
N-NH ₄ (mg/L)	0.0109	0.0092	0.0086	0.0069
Alkalinitas (mg CaCO ₃ /L)	146.1017	160.0161	160.0161	74.2104
TOM (mg/L)	22.7971	14.7304	21.7274	20.0965
Total Nitrogen (mg/L)	2.21698	2.6886	2.5943	0.8018
Total Phosphat (mg/L)	0.03409	0.0340	0.0198	0.0198
Hardness (mg/L)	127.6882	136.9558	135.9261	70.0225



Gambar 1. Penampilan Beberapa Habitat *M. sintangense* (a: Kolam KRB, Jawa Barat; b: Wd Malahayu; c: Waduk Panjalin, Brebes Jawa Tengah).

Nilai suhu terlihat tinggi, kemungkinan karena pendataan dilakukan pada siang hari. Sedangkan pendataan di Waduk Panjalin berlangsung pada sore hari. Hal ini diduga telah mempengaruhi nilai suhu yang diamati. Di Wilayah Brebes ini juga terlihat nilai pH air yang cukup tinggi yaitu rata-rata lebih besar daripada 8, sedangkan di Wilayah Bogor, nilai pH airnya sekitar 6. Terlihat di sini bahwa udang sintang mampu untuk hidup pada kisaran pH 6,16 – 8,73 (Tabel 3 dan 4). Hasil ini sesuai dengan penelitian Dwiono (1981) bahwa udang sintang hidup nyaman pada perairan dengan

kisaran pH 6,9 – 8,4. Nilai Alkalinitas perairan habitat udang sintang pada penelitian ini sampai 160 (mg CaCO₃/L). Nilai tersebut jauh lebih tinggi daripada perairan hasil penelitian Dwiono (1981) yang hanya mencapai kisaran 16,4 – 69, 6 ppm CaCO₃. Kondisi ini menunjukkan bahwa udang sintang mampu mentolerir nilai Alkalinitas yang cukup tinggi.

Pemanfaatan dan Harga jual Udang Macrobrachium sintangense

Telah lama diketahui bahwa udang sintang merupakan sumberdaya perikanan yang sangat menarik karena selain merupakan sumber protein bagi masyarakat sekitar juga mempunyai harga jual yang cukup tinggi dibandingkan sumberdaya lainnya. Namun sayangnya jenis udang ini belum masuk dalam daftar perikanan tangkap (Hartoto, Puslit Limnologi-LIPI, 31 Januari 2012, *kom. pribadi*).

Di wilayah Malahayu udang sintang dijadikan makanan sebagai lauk teman nasi. Udang digoreng dengan menggunakan tepung. Makanan seperti ini dinamakan dengan *mirong* (Gambar 2). *Mirong* merupakan makanan yang sangat lezat dan enak. Makanan yang bernama mirong ini dapat dinikmati secara langsung di tepi Waduk Malahayu. Selain mirong udang sintang juga dapat dimasak dengan nama hidangan *pelas*. *Pelas* dibuat dengan cara udang dihaluskan lalu dicampur dengan kelapa dan bumbu-bumbu. Udang kemudian dibungkus daun pisang lalu dipanggang di "wajan" yang terbuat dari tanah liat (Sukarna, Ketua Kelompok Nelayan Waduk Malahayu, 16 April 2012, *Komprib*).

Selain sebagai bahan konsumsi masyarakat setempat, udang dari Waduk Malahayu telah memiliki pasar sampai Tegal, Bumiayu, bahkan sampai ke Kuningan - Jawa Barat. Sebelum nelayan udang mendarat di pagi hari, di tempat pendaratan telah berkumpul beberapa tengkulak dari berbagai daerah. Sebagian pengumpul mengambil udang dalam kondisi hidup karena di wilayahnya masing-masing akan dijadikan pancingan atau pakan bagi ikan hias. Udang konsumsi memiliki harga yang menjanjikan karena pada saat pendaratan memiliki harga rata-rata Rp. 13.000/Kg, yang oleh tengkulak diambil dengan harga Rp. 15.000/Kg. Tengkulak akan menjual di pasar dengan menggunakan panci penakar (kobokan) dan akan dijual dengan harga Rp. 10.000/kobokan. Berat udang dalam satu kobokan ini sekitar ¼ Kg. Dengan demikian harga udang sintang di pasar tradisional sekitar Rp 40.000/Kg. Akan tetapi pembelian udang dalam kondisi hidup memiliki harga yang cukup tinggi. Seperti di Waduk Panjalin udang sintang

cenderung untuk bahan umpan acara pemancingan sehingga harus dipertahankan dalam kondisi hidup. Dengan demikian harga "sejumput" udang sintang dapat mencapai Rp. 10.000- Rp. 15.000,- Selain udang sintang, Udang *M. lanchesteri* di Situ Gedhe Bogor pun mempunyai nilai jual seharga Rp. 25.000,- per besek.



Gambar 2. *Mirong*; makanan khas terbuat dari udang sintang

Sedangkan "eksport" ke Kuningan Jawa Barat dilakukan cenderung dalam kondisi hidup karena dimanfaatkan sebagai bahan pakan ikan hias dan umpan acara pemancingan sehingga penangannya cenderung dipelihara di kolam-kolam terbatas. Hasil diskusi dengan salah seorang warga Kuningan-Jawa Barat, bahwa udang sintang merupakan makanan yang lezat, namun sayangnya sekarang telah sulit ditemukan lagi baik di kolam-kolam, situ, maupun sungai-sungai.

Merujuk pada kelezatannya maka ke depannya udang sintang dapat dipromosikan sebagai bahan untuk pembuatan bahan dasar makanan siap saji, seperti nuget, siomay, bakso, dan lain-lain seperti kecenderungan masyarakat sekarang ini.

Tantangan

Tantangan ke depan yaitu

1. Mempertahankan keberadaan udang sintang, mengingat banyak sekali faktor pendesak populasi alaminya
2. Mampu memproduksi udang sintang dalam jumlah yang banyak sehingga kebutuhan dapat terpenuhi, dengan menerapkan teknologi budidaya seperti sistem pakan, rekayasa lingkungan, dan lain-lain
3. Mempromosikan dan Mengangkat kegunaan udang sintang pada tatanan masyarakat lebih luas

Menurut Suman (2010) bahwa untuk mendukung pengelolaan yang lebih baik ke depan, penelitian hendaknya diarahkan kepada aspek dinamika populasi dan *life history* yang meliputi *food and feeding habit*, kematangan dan fekunditas, interaksi antara

spesies. Parameter-parameter tersebut sangat bermanfaat bagi dasar-dasar pengelolaan sumberdaya udang (peaneid) di Indonesia. Tentu saja upaya tersebut harus didukung oleh sistem pemantauan, pengendalian, dan pengawasan yang lebih baik.

KESIMPULAN

Kondisi populasi udang sintang (*Macrobrachium sintangense*) cenderung menurun dari waktu ke waktu sebagai akibat dari penangkapan, degradasi habitat, dan faktor pemangsaan oleh individu lain. Udang sintang mampu hidup pada beberapa parameter kualitas air dengan kisaran yang relatif lebih luas. Udang sintang harus dipertahankan dan ditingkatkan produksinya karena memiliki banyak manfaat baik ekonomis maupun ekologis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini berlangsung atas biaya Kegiatan Program Kompetitif LIPI tahun 2012 dalam Sub Program Eksplorasi dan Pemanfaatan Sumberdaya Hayati Indonesia Terukur. Terima kasih pula disampaikan pada Sdr Syahroni yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alabaster, J.S & R. Lloyd. 1982. Water Quality Criteria for Freshwater, Second ed. FAO-United Nation, Butterworth 361 hal
- Collins, A.P. 1998. Laboratory Evaluation of Freshwater Prawn *Macrobrachium borellii*, as a predator of mosquito larvae. *Aquat. Sci.* 60 (1998): 22-27.
- Dwiono, S A P. 1981. Suatu Studi Tentang Preferensi Substrat dan Beberapa Aspek Reproduksi Udang Regang, *Macrobrachium sintangense* (de Man). *Karya Ilmiah* Institut Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan. 49 hal.
- Hartoto, D.I., Gunawan, Badjoeri, M. 1995. Profil Sifat Limnoengineering Perairan Darat Pulau Siberut. *Laporan Penelitian Pulau Siberut*.
- Kesuma, C. 1981. Suatu Studi tentang Frekuensi Panjang, Nisbah Kelamin, dan Tingkat Kematangan Gonad Udang Regang (*Macrobrachium sintangense* (de Man)), di Bendung Curug, Kabupaten Karawang. *Karya Ilmiah*. Institut Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan. 60 hal.
- Mohamad, A S A S. 1979. Some Observation on the Biology of *Macrobrachium sintangense* (de Man) in Juanda Reservoir (Jatiluhur) West Java wit Notes on Its Fishery and General Distribution. College of Fisheries, Mindanno State

University Marawi City, Philippines. Biotrop/Seameo Regional Center for Tropical Biology, Bogor. 43 pp.

Said, D.S. D. Wowor, Triyanto, & M. Maghfirah. 2012. *Laporan Perjalanan Jawa Tengah Kegiatan Kompetitif Hibridisasi *Macrobrachium sintangense* untuk Mendapatkan Kombinasi Tetua Terbaik*. 15-20 April 2012. 10 hal.

Siregar, A S., T. P. Sinaga, & Setijanto. 2001. Studi Ekologi Fauna Benthik (*Macrobrachium* spp) pada Sungai Banjaran, Pelus & Logawa, Banyumas *Biosfera* 19 - (Mei 2001) ISSN: 0853 – 1625.

Suman, Ali. 2010. Sumberdaya Udang Penaeid di Indonesia dan Alternatif Pengelolaannya secara Berkelanjutan. *Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bid. Sumberdaua Udang dan Krustasea*. BPPKP – KKP. 51 hal.

Wowor, D. 1983. Pengaruh Pemberian Tiga Macam Makanan Buatan Terhadap Laju Pertumbuhan Udang Regang *Macrobrachium sintangense*. *Berita Biologi* 2 (1): 127-131

Wowor, D. 1985. Struktur Populasi dan Masa Reproduksi Udang Regang. *Berita Biologi* 3 (3) 1985: 116-120

POTENSI PASOKAN AIR KE DANAU RAWA PENING PADA MUSIM KEMARAU

Ugro Hari Murtiono dan Paimin

Peneliti pada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPTP DAS Solo)

Jl. Jend.A.Yani-Pabelan, Kartasura PO Box 295 Surakarta 57102, Telp: (0271)

716709 dan Fax : (0271) 716959 Email : bpt.kpdas@gmail.com

ABSTRAK

Berbagai kegiatan penelitian yang dilakukan di danau Rawa Pening, sudah banyak program yang telah dikembangkan dan diterapkan, namun kondisinya tetap tidak mengalami perbaikan dan cenderung degradatif. Danau Rawa Pening merupakan sumberdaya air sangat vital pemanfaatannya yang berada di Sub DAS Tuntang Hulu. Oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan debit aliran musim kemarau pada setiap aliran sungai yang masuk ke dalam danau maupun cabang sungai di Sub DAS Tuntang Hulu. Tujuan penelitian untuk mengetahui pasokan air ke Danau Rawapening yang terjadi pada musim kemarau. Hasil yang dicapai sebagai berikut: Pasokan air (debit spesifik yang masuk ke dalam danau Rawa Pening) berasal dari 9 (sembilan) daerah tangkapan air (catchment area) yakni: (1). Kedungperingin, (2). Ringis, (3). Sraten, (4). Parat, (5). Legi (6). Galeh, (7). Torong, (8). Panjang, dan (9). Rengas. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa pasokan air dari daerah tangkapan air danau Rawa Pening berada pada kategori "sangat baik", kecuali Rengas dalam kategori "buruk".

Kata kunci : danau, debit minimum spesifik, dan potensi air.

ABSTRACT

Lake of Rawa Pening is vital water resource for irrigation, hydropower, water consumption, fisheries, other usage. To recognize its water capacity for those various utilization, water discharge identification is required as a basis of further action. The objective of study was to identify the capacity of water supply into the lake of Rawa Pening during dry season. It was found that water supply into the lake of Rawa Pening came from nine catchment area of : (1). Kedungwringin, (2). Ringis, (3). Sraten, (4). Parat, (5). Legi (6). Galeh, (7). Torong, (8). Panjang, and (9). Rengas. Based on water discharge measurement, expressed into specific water discharge ($m^3/sec/km^2$), water supply into the lake was categorized into "very good" class, except water discharge from the Rengas sub watershed was "poor" class. Therefore, soil and water conservation meozeres should be intensively, applied to the Rengas sub-watershed.

Key Word : lake, minimum discharge specific, and potency water.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Danau Rawa Pening sangat spesifik : (1). Merupakan danau semi alami sehingga merupakan reservoir alami, letaknya sangat strategis di setiga pertemuan Yogyakarta, Solo, dan Semarang, sehingga Rawa Pening menjadi *landmark* Jawa Tengah (Bappeda

Propensi Jawa Tengah, 2005); (2). Danau Rawapening sebagai bagian dari wilayah Jratunseluna (Jragung, Tuntang, Serang, Lusi, dan Juwana) merupakan wilayah sungai strategis nasional (Permen PU No.11A/PRT/M/2006); dan (3). Danau Rawa Pening termasuk danau prioritas 2010-2014 (KLH,2010) karena penutupan lahan Rawa Pening berturut-turut adalah non hutan (55,5%), lahan kritis (24%), pemukiman (13,6), hutan (3,9%), dan tubuh air (3,2%) (KLH, 2009). Danau Rawa Pening sangat rentan terhadap perubahan lingkungan, memiliki manfaat tinggi sebagai sumber air tawar, produksi pangan, dan pengendali banjir

Banyak dana yang telah dikucurkan melalui berbagai kegiatan penelitian yang dilakukan di danau Rawa Pening, banyak program yang telah dikembangkan dan diterapkan, namun kondisinya tetap tidak mengalami perbaikan cenderung degradatif. Inti danau Rawapening (badan danau) airnya dimanfaatkan untuk penggerak turbin PLTA hingga mampu menghasilkan 222,504 juta Kwh; perikanan dengan produksi 1.535,9 ton/th; pengendali banjir; peternakan itik ; penambangan gambut; dan wisata (Bappeda Propensi Jawa Tengah, 2005) serta irigasi teknis 1.265,09 ha sawah, (BPS kabupaten Semarang, 2010, Bappeda kota Salatiga, 2009).

Kegiatan penelitian ilmiah tentang Rawa Pening telah banyak dilakukan namun saat ini masih tetap menjadi dokumen dan sampai saat ini kondisi Danau Rawa Pening tidak mengalami perbaikan, bahkan cenderung lebih degradatif. Hal ini mengindikasikan bahwa program yang telah dilakukan di Danau Rawa Pening belum menunjukkan dampak nyata, perbaikan yang terjadi tidak signifikan dan hanya menyelesaikan permasalahan pada periode program saja, kemudian menjadi permasalahan lebih besar lagi

Keberadaan danau Rawa Pening (luas 2.300 ha) yang terletak di hulu DAS Tuntang - Kabupaten Semarang - merupakan sarana vital untuk wilayah di hilirnya, dengan fungsinya sebagai: air baku untuk rumah tangga dan industry, air irigasi untuk padi sawah seluas 39.277 ha, perikanan, pariwisata, serta energi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) di Jelok dan Timo untuk pasokan listrik di Jawa Tengah bagian timur, DIY, Solo, dan Kudus. Wilayah DAS Tuntang hulu yang meliputi wilayah daerah tangkapan air (DTA) Rawa Pening dan SubDAS Senjoyo saat ini dalam kondisi kritis. Laju sedimentasi dari 9 anak sungai yang masuk ke danau mencapai 150.000

m³/th, telah mempercepat pendangkalan danau (Meyria (2007) dalam Azzumaro, 2007), Kondisi kekritisitas DAS Tuntang hulu juga telah menyebabkan banjir di daerah Grobogan (8 Pebruari 2009) yang meliputi Kecamatan Godong (Desa Tinanding), Kecamatan Gubug (Desa Kuwaron, Kemiri, Gubug dan Rowosari), Kecamatan Purwodadi (Kel. Kuripan), serta Kecamatan Tegowanu (Desa Mangunsari) sehingga mengganggu jalur transportasi dari Gubug ke Kedungjati serta menggenangi permukiman sebanyak 1.320 rumah dan lahan pertanian seluas 374 ha. Sedang banjir (18 Januari 2009) di Kecamatan Karangawen (Desa Bogosari, Kecamatan Guntur (Desa Tlogoweru) telah menggenangi 1.879 unit rumah (8.071 jiwa).

Dampak peningkatan pendangkalan danau Rawa Pening, selain mengakibatkan *blooming* enceng gondok dan ketidakseimbangan ekologis yang mengancam ekosistem Rawa Pening (Sutrisno dalam Suara Merdeka, 4 Juni 2003), juga menyebabkan daya tampung air danau berkurang, sehingga fungsi air danau untuk berbagai keperluan baik untuk penghidupan masyarakat di sekitar danau dan di wilayah hilirnya menjadi terganggu, banjir disekitar danau (Distanbunhut, 2009; Solopos, 8 Juni 2009) dan di wilayah hilirnya yang berada Kabupaten dan Kota Demak (Suara Merdeka, 31 Januari 2009).

Degradasi DAS Tuntang Hulu selain disebabkan oleh keberadaan lahan kritis, pada tahun 1979 terjadi konversi hutan heterogen di kawasan konservasi dan penyangga di gunung Telomoyo dan Merbabu menjadi hutan produksi homogen (pinus), sehingga menyebabkan kemampuan tanah untuk menyerap air hujan dari tahun ke tahun berkurang sehingga limpasan air permukaan meningkat (Azzumaro, 2007). Adanya kerusakan di wilayah hulu DAS dengan kondisinya yang gundul mengakibatkan wilayah di hilirnya mudah dilanda banjir bandang saat musim penghujan dan cepat mengalami kekeringan saat musim kemarau (Kompas, 17 Juni 2007). Hal ini menjadi indikasi bahwa terganggunya salah satu komponen siklus hidrologi dapat menjadi penyebab terjadinya banjir (Tut, 2005).

Upaya pengelolaan untuk pengendalian sedimentasi di hulu DAS Tuntang telah dimulai, yaitu berupa master plan (rencana induk) untuk konservasi, penanganan banjir dan pemberdayaan masyarakat oleh pemerintah dengan melibatkan berbagai instansi baik pusat maupun daerah dan masyarakat (Suara Merdeka 28 April 2008).

Kementerian Negara Lingkungan Hidup pada 13-15 Agustus 2009 di Bali telah melaksanakan Konferensi Nasional Danau Indonesia – Pengelolaan Danau dan Antisipasi Perubahan Iklim dengan hasil berupa “Kesepakatan Pengelolaan Danau Berkelanjutan” oleh 9 Kementerian, diantaranya Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian Pekerjaan Umum, Kementerian Kehutanan, Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata, Kementerian ESDM, Kementerian Riset dan Teknologi (Suardana, 2009). Penelitian terkait penerapan teknik konservasi tanah dan air untuk mengendalikan erosi dan limpasan permukaan berupa demplot-demplot pada lahan kering di DAS Jratun-Seluna telah dilakukan sejak tahun 1984/1985 untuk wilayah-wilayah kabupaten Semarang, Boyolali, Grobogan dan Blora. Penelitian tersebut berupa Proyek Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah (P2LK2T) dilaksanakan oleh Pemerintah Indonesia bekerjasama dengan USAID dan IBRD. Kegiatan tersebut telah berhasil menekan laju erosi lahan, meningkatkan produksi dan pendapatan usaha tani lahan kering baik pada areal demplot maupun dampak, serta meningkat kapasitas penyuluh untuk melaksanakan penyuluhan konservasi (Saragih et. al., 1993). Penelitian terkait dengan rehabilitasi lingkungan di danau Rawapening melalui pola pengendalian enceng gondok secara terpadu dan pemberdayaan masyarakat telah dilakukan oleh Silalahi (2005).

Berbagai upaya penelitian dan penanggulangan terkait masalah di DAS Tuntang Hulu telah banyak dilakukan namun kondisi lahan kritis di DAS masih tinggi sehingga danau Rawa Pening masih mengalami pendangkalan dan bencana banjir di hilir DAS masih terus terjadi hingga saat ini. Permasalahan-permasalahan yang masih terus berkembang menunjukkan masih lemahnya system perencanaan dalam pengelolaan DAS Tuntang secara keseluruhan. Studi terkait sistim perencanaan pengelolaan DAS terpadu di DAS Tuntang yang berada pada lebih dari dua wilayah (lintas) kabupaten dominan perlu melibatkan berbagai *stakeholders* terkait agar penanganan issue (masalah) DAS baik dari aspek biofisik maupun sosial, ekonomi, dan kelembagaan dapat diintegrasikan secara tepat dan terarah, sesuai dengan kapasitas masing-masing. Proses perencanaan pengelolaan DAS yang akan dilakukan harus berbasis pada karakteristik DASnya, sehingga hasil interaksi (hubungan timbal balik) antara aspek biofisik dengan aspek sosial, ekonomi dan kelembagaan dalam mengelola sumberdaya

alam (SDA) di DAS Tuntang dapat dibangun secara terpadu dan berkesinambungan. Sistem perencanaan pengelolaan DAS terpadu di Indonesia saat ini didasarkan pada Permenhut No P. 39/Menhut-II/2009, namun untuk penerapannya pada proses penyusunan rencana pengelolaan DAS masih belum disertai dengan acuan skala dan hierarki yang harus dipakai, teknik/metode pengumpulan dan analisis data, dan parameter-parameter spesifik, baik biofisik maupun sosial, ekonomi, budaya, dan kelembagaan yang terkait kekritisitas DAS untuk digunakan pada proses penyusunan perencanaan tersebut. Karena proses penyusunan perencanaan pengelolaan terpadu merupakan proses yang melibatkan para pihak terkait di DAS dalam mengelola sumberdaya alam yang ada didalamnya, maka proses penyusunan harus dilakukan secara partisipatif dan terpadu oleh semua pihak terkait di DAS. Salah satu acuan untuk mendukung sistem perencanaan pengelolaan DAS terpadu tersebut yaitu menggunakan sistem karakterisasi DAS untuk identifikasi permasalahan, yaitu dengan buku Sidik Cepat Degradasi SubDAS yang biasa untuk melakukan identifikasi potensi dan kerentanan SubDAS serta karakterisasi Tipologi DAS (Paimin et. al., 2006 dan Paimin, 2010).

Saat sekarang, kebutuhan air sangat begitu meningkat, baik jumlah maupun mutunya, dalam ruang dan waktu. Danau merupakan salah satu sarana pemasok kebutuhan air untuk berbagai kepentingan, baik untuk keperluan ekonomi maupun usaha-usaha sosial dan budaya, Danau Rawa Pening yang berada di hulu daerah aliran sungai (DAS) Tuntang merupakan sumberdaya air sangat vital pemanfaatannya. Untuk mendayagunakan air danau tersebut secara optimal diperlukan data potensi airnya. Oleh karena itu penelitian ditujukan untuk mengetahui potensi pasokan air ke dalam danau Rawa Pening, terutama pada musim kemarau.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan peralatan

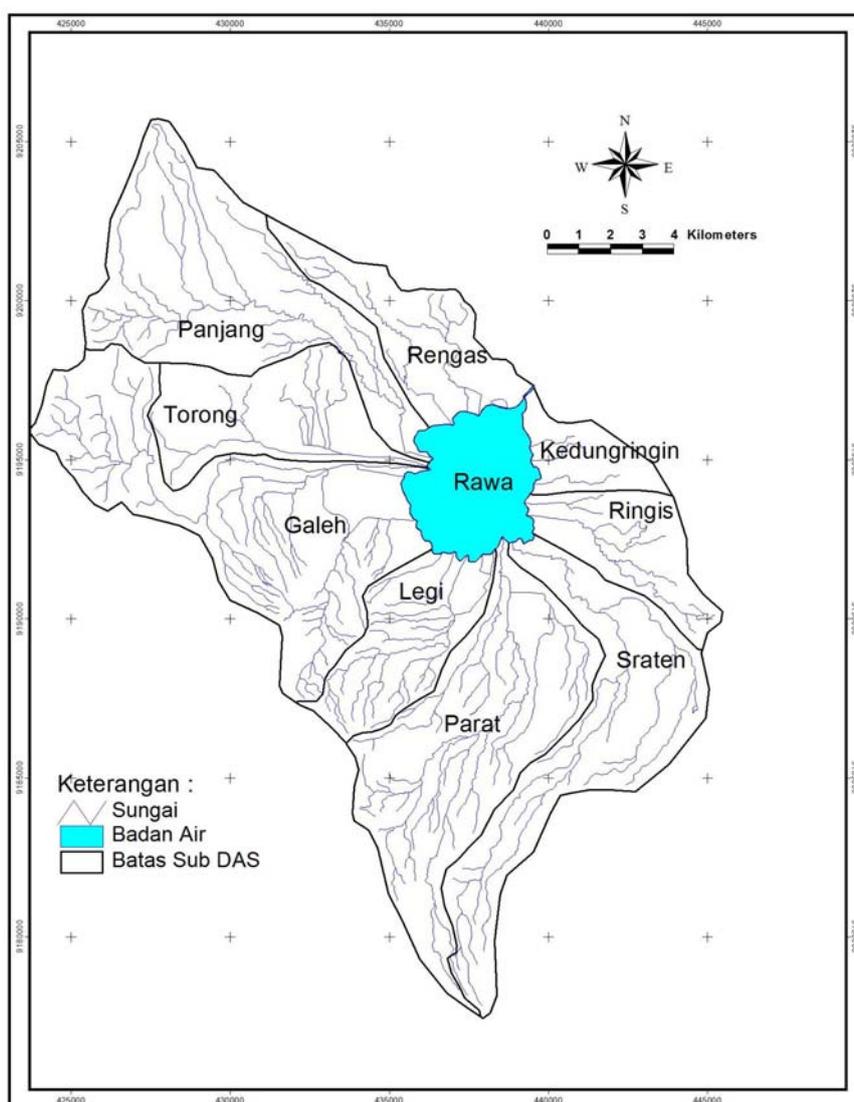
Bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah: Peta-peta dasar (topografi, tanah, geologi, penutupan/penggunaan lahan), peta RBI, alat pengukur kecepatan aliran (*Current meter*), alat pengambilan contoh air (*suspended load sampler*

USDH 48), botol sampel, blangko pengukuran kecepatan aliran, sedimen, ATK dan pengoperasian computer, dan perlengkapan lapangan

Metode

Lokasi

Lokasi penelitian berada di DTA danau dan danau Rawa Pening yang merupakan wilayah DAS bagian hulu dari DAS Tuntang, Kabupaten Semarang, Propinsi Jawa Tengah. Danau Rawa Pening meliputi 9 (sembilan) daerah tangkapan air (*catchment area*) yakni: (1) Kedungwringin, (2) Ringis (3) Sraten (4) Parat, (5) Legi, (6) Galeh, (7) Torong, (8) Panjang dan (9) Rengas.



Gambar 1. Peta DAS Tuntang Hulu – DTA Danau Rawa Pening – Kab Semarang

Pengukuran dan Analisa Data

Pengukuran debit aliran

Pengukuran debit aliran dilakukan di setiap cabang sungai yang masuk ke dalam danau Rawa Pening pada musim kemarau (Juni 2011), dan hasilnya dinyatakan satuan debit air spesifik ($\text{m}^3/\text{det.}/\text{km}^2$). Pengukuran debit aliran dilakukan dengan pengukuran kecepatan aliran dengan luas penampang aliran. Kecepatan aliran diukur dengan *current meter* diukur setiap 1/6 lebar sungai (6 seksi). Setiap seksi pengukuran kecepatan aliran dilakukan pada titik kedalaman 0,6 (kedalaman air <60 cm), titik 0,2 dan 0,8 (kedalaman air 60-100 cm), dan 0,2, 0,6, dan 0,8 (kedalaman air > 100 cm). Luas penampang dihitung dengan mencatat kedalaman air dan lebar sungainya pada setiap seksinya. Perkalian antara lebar sungai dengan kedalaman aliran menghasilkan luas penampang, dan perkalian antara kecepatan aliran dengan luas penampang menghasilkan debit aliran.

Analisa Data

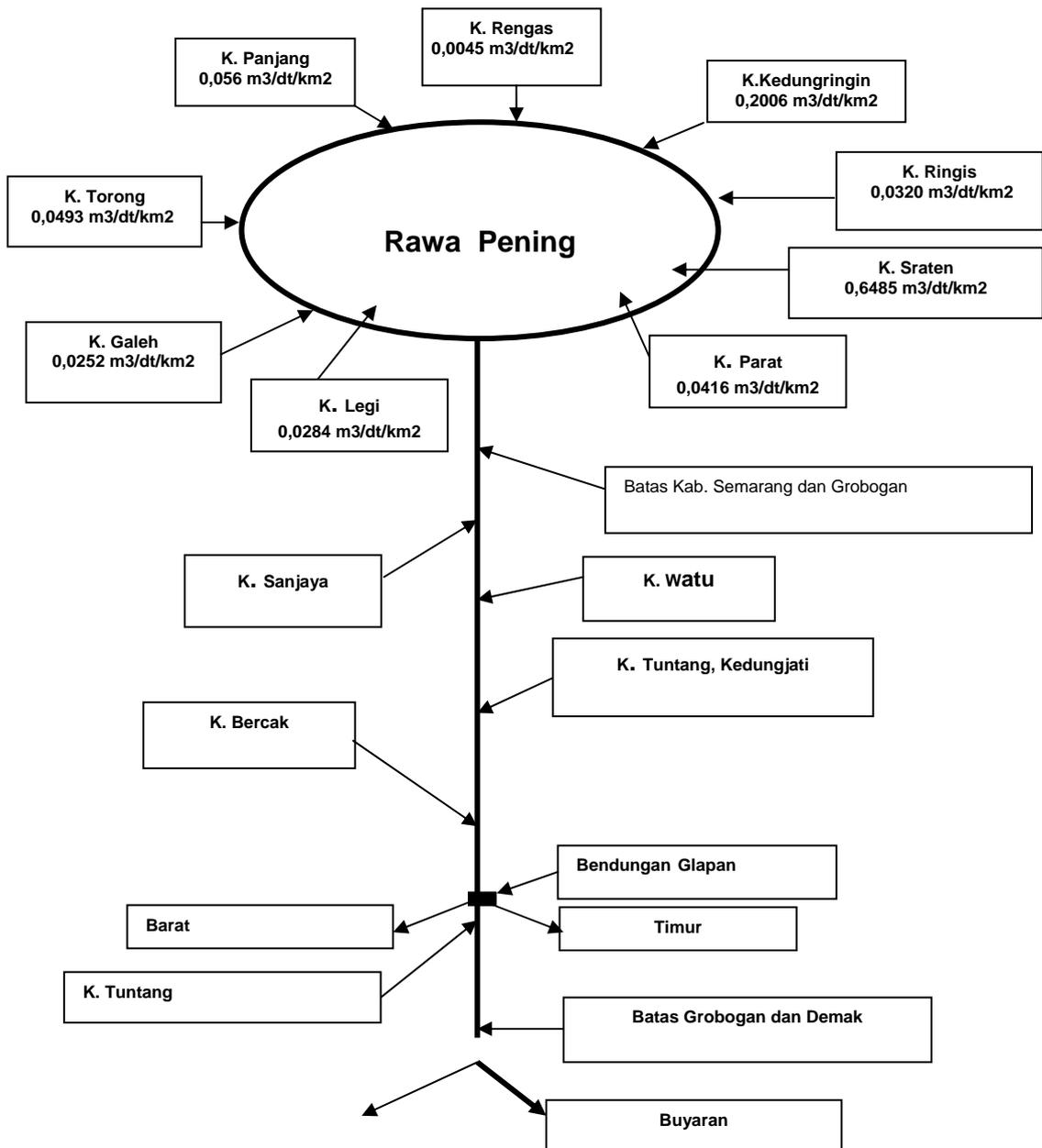
Nilai debit aliran dikonversi menjadi debit spesifik dengan cara debit aliran dibagi dengan luas daerah tangkapan airnya, sehingga satuannya menjadi $\text{m}^3/\text{dt}/\text{km}^2$. Berdasarkan Kori (1976) debit spesifik diklasifikasikan sebagai berikut: (1). <0,015 = buruk; (2). 0,015 – 0,21 = baik; (3). >0,21 = sangat baik. Dari hasil pengukuran debit aliran sungai tersebut dapat ditentukan apakah kondisi aliran kecil termasuk dalam kategori baik, sedang atau jelek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran debit aliran dilakukan pada saat musim kemarau untuk mengetahui potensi pasokan air pada saat kondisi air paling rendah (minimum), sehingga dengan potensi air yang minimum tersebut apakah masih dapat dipergunakan untuk berbagai macam kebutuhan air. Pengukuran debit aliran dilakukan pada setiap aliran sungai yang masuk ke dalam danau maupun cabang sungai di Sub DAS Tuntang Hulu. Pasokan air yang masuk ke dalam Rawa Pening berasal dari 9 (sembilan) daerah tangkapan air (*catchmen area*) antara lain: (1). Kedungwringin; (2). Ringis; (3) Sragen; (4). Parat; (5). Legi, (6). Galeh, (7). Torong, (8) Panjang dan (9). Rengas. Metode dengan melakukan pengukuran langsung debit sungai pada musim kemarau (Juni 2011) Berdasarkan

klasifikasi debit minimum spesifik, maka air sungai yang mengalir di Sub DAS Tuntang Hulu berada pada kategori “baik” dan “sangat baik”, kecuali Rengas.

Kondisi masing-masing daerah tangkapan air dari danau Rawa Pening adalah sebagai berikut: (1). Debit Subsub DAS Kedungwringin pada musim kemarau adalah 1,8384 m³/dt, sedangkan debit minimum spesifik 0,2006 m³/dt/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik”; (2) Debit Subsub DAS Ringis pada musim kemarau adalah 0,111 m³/dt, sedangkan debit minimum specific 0,0320 m³/dt/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik”; (3) Debit Subsub DAS Sraten pada musim kemarau adalah 1,524 m³/dt, sedangkan debit minimum spesifik 0,6485 m³/dt/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik” ; (4) Debit Subsub DAS Parat pada musim kemarau adalah 0,0711 m³/dt, sedangkan debit minimum spesifik 0,0416 m³/dt/ha/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik”; (5) Debit Subsub DAS Legi pada musim kemarau adalah 0,265 m³/dt, sedangkan debit minimum spesifik 0,0284 m³/dt/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik”; (6) Debit Subsub DAS Galeh pada musim kemarau adalah 1,545 m³/dt/, sedangkan debit minimum spesifik 0,0252 m³/dt/ha/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik”; (7) Debit Subsub DAS Torong pada musim kemarau adalah 1,3248 m³/dt, sedangkan debit minimum spesifik 0,0493 m³/dt/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik”; (8) Debit Subsub DAS Panjang pada musim kemarau adalah 0,273 m³/dt, sedangkan debit minimum specific 0.056 m³/dt/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “sangat baik” ; dan (9) Debit Subsub DAS Rengas yang terdiri dari kali Ngaglik dan Kali Blobok pada musim kemarau adalah 1,0786 m³/dt, sedangkan debit minimum spesifik 0,0045 m³/dt/km² dan diklassifikasikan dalam kondisi “buruk”.



Gambar 2. Skema Pengukuran Debit Sungai Minimum Specific Yang Masuk Danau Rawa Pening

KESIMPULAN

1. Pasokan air (debit spesifik yang masuk ke dalam danau Rawa Pening) berasal dari 9 (sembilan) daerah tangkapan air (*catchmen area*) yakni: (1). S.Kedungwringin, (2). S. Ringis, (3). S. Sraten, (4). S. Parat, (5). S. Legi (6). S. Galeh, (7). S. Torong, (8). S.Panjang, dan (9) S. Rengas. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa pasokan air dari daerah tangkapan air danau Rawa Pening berada pada kategori “sangat baik”, kecuali Rengas.dalam kategori “buruk”.
2. Hasil ini menunjukkan bahwa potensi air Rawa Pening memberikan pasokan yang terjamin

DAFTAR PUSTAKA

- Azzumaro, L. K. 2007. Menakar Masa Depan Rawa Pening. <http://malamilalang.blogspot.com/2007/12/menakar-masa-depan-rawapening.html> (10212009).
- Bappeda Propensi Jawa Tengah, 2005. Penyusunan Action Plan Pengembangan Kawasan Rawapening. Laporan Akhir. CV. Galihloka Semarang
- BPS 2010. Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang Bekerjasama dengan Bappeda Kabupaten Semarang. Kabupaten Semarang Dalam Angka Tahun 2010
- KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2009. Kesepakatan Bali Pengelolaan Danau Berkelanjutan. Kementerian Lingkungan Hidup
- KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2010. Program Danau Prioritas Nasional Tahun 2010 -2014.. Kementerian Lingkungan Hidup
- Kompas. 2007. Kondisi DAS Gundul, Ratusan Waduk Mering. Ungaran 17 Juni 2007. <http://202.146.5.33/ver1/Nasional/0607/17/211010.htm>
- Kori, K. 1976. Managing Forest for Water Supplies and Resource Conservation. Conservation Division. Forest Agency. Tokyo. Japan. In. Kunkle, S.H., and J.L Thames. Hydrological Techniques for Upstream Conservation. FAO Conservation Guide 2. FAOUN. Rome.
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2006. Sidik Cepat Degradasi Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS). Puslitbang Hutan dan Konservasi Alam, Badan Litbang Kehutanan, Dep. Kehutanan, Bogor.

- Paimin. 2010. Laporan Akhir Hasil Penelitian Tahun 2003 – 2009 Usulan Kegiatan Penelitian (UKP) Sistem Karakterisasi Daerah Aliran Sungai (DAS). BPK Solo. Tidak Dipublikasikan.
- Suara Merdeka. 2003. Ekosistem Rawa Pening Terancam Faktor Ekologis. Salatiga 4 Juni 2003. <http://www.suaramerdeka.com/harian/0306/04/kot33.htm>
- Suara Merdeka. 2008. Pemerintah Pusat Ambil Alih Penanganan Rawa Pening. Tuntang 28 April 2008. <http://suaramerdeka.com/v1/index.php/read/cetak/2008/04/28/11080/Pemerintah.Pusat.Ambil.Alih.Penanganan.Rawa.Pening>
- Suara Merdeka. 2009. Sungai Tuntang Meluap, Demak Banjir 2 m. http://suaramerdeka.com/mcetak/index.php?fuseaction=beritacetak.detailberitacetak&id_beritacetak=49738.
- Suardana, G. 2009. Alami Sedimentasi, Beberapa Danau di Indonesia Terancam Lenyap. Detik News 14 Agustus 2009. http://www.kp3k.dkp.go.id/mitrabahari/index.php?option=com_content&view=article&id=154:alami-sedimentasi-beberapa-danau-di-indonesia-terancam-lenyap&catid=1:terkini&Itemid=69

EVALUASI KESEIMBANGAN FOSFOR DI DANAU TOBA

Lukman

Peneliti Pusat Penelitian Limnologi-LIPI

Email: lukman@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Fosfor [P] merupakan salah satu parameter penentu kesuburan suatu perairan. Di wilayah Danau Toba kegiatan manusia sudah berlangsung dengan sangat intensif, baik di wilayah daratannya bahkan di dalam perairan itu sendiri, yang akan memberikan pasokan fosfor yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kesuburan perairan danau. Telah dilakukan kajian keseimbangan fosfor sesaat di perairan Danau Toba menggunakan beberapa formulasi, dengan tujuan mengetahui ketersediaan TP sebagai dasar pendugaan potensi kesuburan perairan. Angka-angka beban fosfor bersumber dari pasokan daerah tangkapan air, kegiatan budidaya ikan dalam karamba jaring apung, dan dari curah hujan. Nilai beban (L_T) fosfor di perairan Danau Toba mencapai $0,48 \text{ g/m}^2/\text{tahun}$, merupakan beban yang masih dapat diizinkan, berdasarkan Vollenweider's permissible loading levels, mengacu pada kedalaman rata-rata Danau Toba pada kisaran 200 m. Dengan angka beban tersebut, pasokan [P] kesetimbangan mantap di Danau Toba adalah $1,957 \text{ mg/m}^3$, yang akan membentuk kadar khlorofil a rata-rata mencapai $0,65 \text{ mg/m}^3$, suatu kadar khlorofil a yang sangat rendah dan mencirikan perairan oligotrofik ($<2,0 \text{ } \mu\text{g/l}$).

Kata kunci: Danau Toba, muatan fosfor, keseimbangan fosfor.

ABSTRACT

Phosphorus [P] is one parameter to determine water trophic state. Human activity in Lake Toba area has been extremely intense, both in the catchment area and even in the waterbody, which will supply phosphorus that can affect the trophic level of the lake waters. Studies of phosphorus balance have been conducted in Lake Toba by using several formulas, as prediction base of waters trophic. Phosphorus load sourced from the catchment area, fish cage culture activity, and the rainfall. Loading level of phosphorus in Lake Toba waters was $0.48 \text{ g.m}^{-2}.\text{yr}^{-1}$, which is still allowed, based on Vollenweider's permissible loading levels, referring to an average depth of Lake Toba in the range of 200 m. With this load rate, the steady state supply of [P] at Lake Toba was 1.957 mg/m^3 , which will form an average chlorophyll levels at 0.65 mg/m^3 , a very low level of chlorophyll and characterized as an oligotrofik waters ($<2.0 \text{ g/l}$).

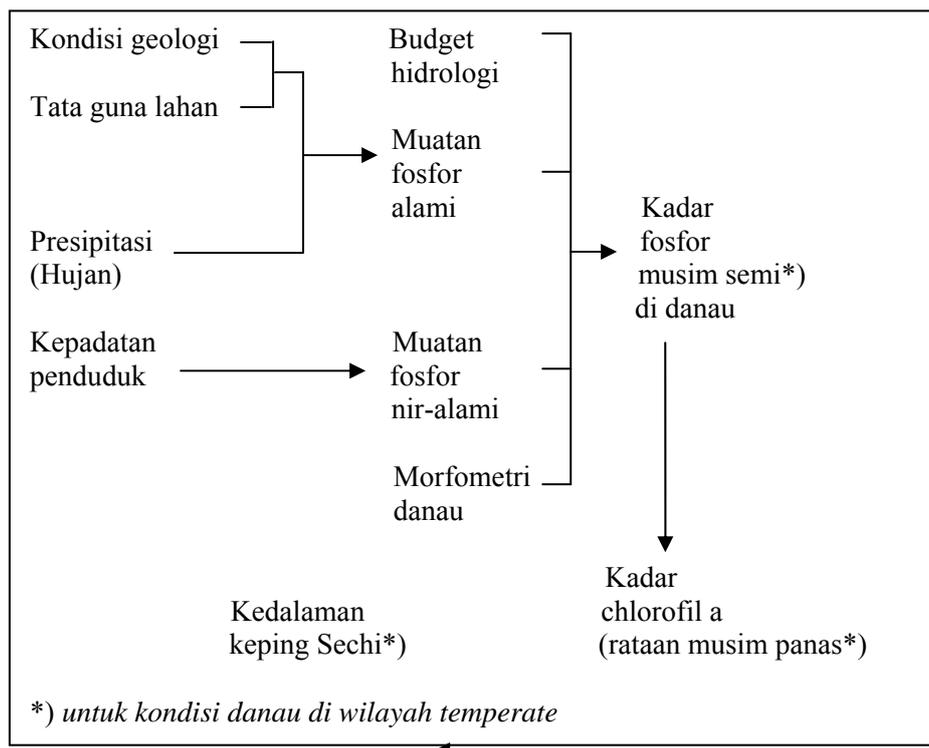
Key words: Lake Toba, phosphorus loading, phosphorus balance

PENDAHULUAN

Fosfor [P] merupakan salah satu parameter penentu kesuburan perairan, yang mana status trophik perairan ditetapkan berdasarkan kadar [P] tersebut (Vollenweider & Kerekes, 1980). Pasokan [P] di suatu perairan bersumber dari aktivitas alami seperti akibat pelapukan batuan (Lewis, 2000), maupun dari dampak berbagai aktivitas manusia, terutama dari limbah pertanian dan domestik. Pada kondisi saat ini, umumnya aktivitas manusia lebih berperan dalam pasokan fosfor ke dalam perairan dibanding aktivitas alami.

Di wilayah Danau Toba kegiatan manusia sudah berlangsung dengan sangat intensif, baik di wilayah daratan maupun di badan airnya. Kegiatan-kegiatan yang cukup tinggi yang berpotensi memasok [P] adalah budidaya ikan dengan karamba jaring apung (KJA), kegiatan pertanian dan aktivitas perkotaan. Berdasarkan data dari BKPEKDT (Sitompul *et al.*, 2007), jumlah KJA yang beroperasi di Danau Toba milik masyarakat mencapai 5.158 unit yang tersebar di seluruh kabupaten selingkar Danau Toba, dan milik Perusahaan Penanaman Modal Asing (PMA) terdapat di lima lokasi yang tersebar di kabupaten-kabupaten Simalungun, Toba Samosir dan Samosir. Aktivitas pertanian di DTA Danau Toba, terdiri dari pertanian lahan kering (67.496 ha), pertanian lahan kering bercampur semak (43.018 ha), dan pesawahan (11.247 ha) (Lukman *et al.*, 2010).

Kegiatan-kegiatan tersebut akan memberikan pasokan [P] yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kesuburan perairan danau. Berdasarkan pendekatan yang digunakan Dillon & Rigler (1975) pasokan total fosfor (TP) ke dalam perairan, akan terkait dengan kondisi daerah tangkapan dan kondisi morfometri, serta ditunjang oleh tingkat kepadatan penduduk yang menghuninya. Tingkat kesuburan perairan sebagai dampak dari pasokan fosfor, akan tergambarkan dalam kadar chlorofila-nya (Gambar 1).



Gambar 1. Skema model empiris yang digunakan untuk mengakses pengaruh aktivitas manusia terhadap status trofik danau (Sumber: Dillon & Rigler, 1975).

Mengacu pada rumusan Vollenweider (1975) terdapat hubungan antara input-output nutrien di perairan danau terkait kondisi morfometri, terutama kedalaman rata-rata (z) dan waktu tinggal air (*Retention time*).

Telah dilakukan penelitian keseimbangan fosfor di perairan Danau Toba, berdasarkan data-data Total Fosfor (TP), yang bersumber dari daerah tangkapan dan pasokan dari kegiatan manusia berasal dari aktivitas KJA, dengan tujuan mengetahui ketersediaan TP sebagai dasar pendugaan potensi kesuburan perairan.

BAHAN DAN METODE

Pasokan fosfor alami (J_N) ke dalam suatu perairan berasal dari daerah tangkapan (J_E) dan dari jatuhnya langsung/presipitasi yang umumnya melalui air hujan (J_{PR}) (Dillon & Rigler, 1975), sehingga rumusannya adalah:

$$J_N = J_E + J_{PR}$$

$$J_N = \text{Pasokan fosfor alami}$$

$$J_E = \text{Pasokan dari daerah tangkapan}$$

J_{PR} = Pasokan dari presipitasi langsung (hujan)

Sementara itu pasokan fosfor secara keseluruhan (total) (J_T) ke perairan danau berasal dari aktivitas alami (J_N) dan pasokan dari kegiatan manusia/artificial (J_A).

J_A = Pasokan dari kegiatan manusia

Sehingga:

$$J_T = J_N + J_A$$

Keseimbangan fosfor di perairan Danau Toba, dievaluasi berdasarkan data-data Total Fosfor (TP) yang bersumber dari data sekunder, yang diukur dari sungai-sungai yang mewakili inlet Danau Toba sebagai sumber TP alami dari daerah tangkapannya, data TP pada curah hujan (dalam perhitungan ini digunakan data TP dari air hujan di wilayah Danau Maninjau). Sementara itu pasokan dari kegiatan manusia berasal dari aktivitas karamba jaring apung (KJA).

Untuk menentukan Pasokan [P] dalam kondisi kesetimbangan mantap (*steady state*) digunakan rumus kesetimbangan hara Vollenweider (1975), yaitu:

$$[P] = \frac{L_T}{\bar{z}(\alpha - \rho)}$$

bahwa :

$$\begin{aligned} L_T &= J_T/A_0 \text{ mg.m}^{-2} \text{ th}^{-1} & (J_T : \text{pasokan total P}); \\ \bar{z} &= V/A_0 & (V : \text{volume danau}); \\ \rho &= (1 - T_w) & (T_w : \text{waktu simpan air}); \end{aligned}$$

Berdasarkan kondisi kesetimbangan [P] tersebut selanjutnya dapat ditetapkan kadar khlorofil *a* rata-rata untuk wilayah tropika, dengan mengikuti rumusan Walmsley & Thornton (1984) dalam Beveridge (1987), yaitu:

$$[\text{Chl } a] = 0,416 [P]^{0,675}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasokan [P] dari daerah tangkapan (J_E) bersumber dari data sesaat tujuh sungai di DTA Toba, yang berkisar antara 79,053 - 97,115 ton/tahun (Tabel 1; 2), atau rata-rata mencapai 88,084 ton/tahun. Tampak bahwa pasokan [P] tertinggi berasal dari Sungai Silang, terkait dengan debitnya yang paling besar. Pasokan rata-rata [P] berdasarkan kepekatannya menunjukkan bahwa Sungai Naborsahan menunjukkan kadar tertinggi

(0,139 – 0,338 mg/l), sementara yang paling rendah adalah dari Sungai Sitio-sito (0,010 – 0,055 mg/l).

Tabel 1. Pasokan TP daerah tangkapan Danau Toba pada bulan Oktober 2009

No.	Sungai	Debit ¹⁾ (m ³ /dt)	TP ¹⁾ (mg/l)	Perkiraan Beban TP	
				(ton/Tahun)	(10 ⁹ mg/Tahun)
1	Silang	10,606	0,097	32,444	32,444
2	Naborsahan	1,958	0,139	8,5823	8,583
3	Balige	1,766	0,026	1,448	1,448
4	Haranggaol	0,316	0,139	1,385	1,385
5	Sitio-tio	0,187	0,055	0,324	0,324
6	Sipiso-piso	0,581	0,053	0,971	0,971
7	Binangabolon	0,165	0,055	0,286	0,286
8	Sungai lain	63,021 ³⁾	0,026 ⁴⁾	51,673	51,673
Total		78,600 ²⁾		97,115	97,115

Keterangan: 1) Data debit dan kadar TP sesaat (Nomosatryo & Lukman, 2011)

2) Berdasarkan data aliran total DTA (Meigh, 1990);

3) Debit dugaan berdasarkan data aliran total DTA (2) dikurangi debit total sungai yang diukur;

4) Data TP digunakan dari data sungai terendah (Sitio-tio)

Sungai Naborsahan mengalir di wilayah Parapat yang merupakan perkotaan, dan akan memiliki aktivitas penduduk yang tinggi. Sedangkan Sungai Sitio-tio mengalir di wilayah Sitio-tio, berada di barat danau, dengan aktivitas penduduk sangat rendah. Berdasarkan data Sitompul *et al.*, (2007), penghuni Kota Parapat tercatat 1.292 kepala keluarga (KK) sedangkan Sitio-tio hanya 30 KK.

Tabel 2. Pasokan TP daerah tangkapan Danau Toba bulan Maret 2010

No.	Sungai	Debit ¹⁾ (m ³ /dt)	Kadar TP ¹⁾ (mg/L)	Perkiraan Beban TP	
				(ton/Tahun)	(10 ⁹ mg/Tahun)
1	Silang	11,798	0,070	26,043	26,0432
2	Naborsahan	2,021	0,338	21,547	21,5470
3	Balige	1,965	0,067	4,153	4,1527
4	Haranggaol	0,196	0,134	0,828	0,8276
5	Sitiotio	0,565	0,010	0,178	0,1782
6	Sipiso-piso	0,560	0,044	0,777	0,7769
7	Muara	0,467	0,077	1,134	1,1337
8	Siputakhuda	1,432	0,124	5,600	5,6000
9	Sungai lain	59,596 ³⁾	0,010 ⁴⁾	18,741	18,741
Total		78,600 ²⁾		79,053	79,053

Keterangan: 1) Data debit dan kadar TP sesaat (Nomosatryo & Lukman, 2011)

2) Berdasarkan data aliran total DTA (Meigh, 1990);

3) Debit dugaan berdasarkan data aliran total DTA (2) dikurangi debit total sungai yang diukur;

4) Data TP digunakan dari data sungai terendah (Sitio-tio)

Sementara itu estimasi pasokan TP yang bersumber dari curah hujan (J_{PR}) mencapai 2,0467 ton/tahun (Tabel 3).

Tabel 3. Kalkulasi pasokan TP di perairan Danau Toba dari Curah Hujan

Parameter	Data rata-rata dan Sesaat	Perkiraan/tahun	Sumber
Curah hujan	64,9 m ³ /dt	2,0467 x 10 ⁹ m ³	Meigh <i>et al.</i> , (1990)
TP	1,00 mg/m ³	2,067 ton, atau 2,0467 x 10 ⁹ mg	Data TP dari air hujan di wilayah Maninjau (9 Januari 2011)

Pasokan TP dari aktivitas manusia (J_A) yang paling dominan di perairan Danau Toba adalah dari kegiatan KJA. Ikan yang diproduksi dari budidaya dengan KJA didominasi oleh ikan nila, dan sebagian kecil ikan mas. Produksi ikan total dari KJA di Danau Toba mencapai 47.478 ton/tahun, masing-masing 45.437 ton ikan nila dan 2.041 ton ikan mas (Tabel 4).

Tabel 4. Data Produksi Ikan dari KJA di perairan Danau Toba Tahun 2010

Kabupaten	Nila	Mas	Total
Samosir	24.110,3	309,7	24.420,0
Toba Samosir	9.894,7	477,5	10.372,2
Simalungun	9.017,5	789,2	9.806,7
Karo	1.176,5	392,2	1.568,6
Hbg. Hasundutan	1.092,8	52,5	1.145,3
Dairi	62,6*)	2,1**)	84,7
Tapanuli Utara	59,5	16,3	75,8
Total	45.437,0	2.040,9	47.477,9

Sumber: Anonim (2011); *) termasuk produksi ikan mujaer

***) termasuk produksi ikan lele

Berdasarkan data produksi ikan (Tabel 4) dan asumsi tingkat konversi pakannya, maka pakan yang digunakan diperkirakan mencapai 59.602 ton (Tabel 5). Mempertimbangkan beberapa asumsi, seperti retensi [P] pada ikan, kadar [P] terbuang lewat feses dan sisa metabolit, maka pasokan unsur [P] ke perairan Danau Toba mencapai 445,6 ton/tahun. Pasokan [P] ke perairan danau tersebut dilepaskan lewat feses 150,2 ton dan dalam bentuk terlarut sebagai sisa metabolit 295,4 ton (Tabel 5).

Tabel 5. Prediksi pasokan [P] dari aktivitas KJA di wilayah perairan Danau Toba

Jenis ikan	Produksi total (ton) ¹⁾	Estimasi pakan yang digunakan ²⁾	Kadar [P] pada pakan (ton) ³⁾	Kadar [P] diretensi ikan (ton) ⁴⁾	Kadar [P] dibuang lewat feses (ton) ⁴⁾	Kadar [P] Terbuang larut sisa etabolit (ton) ⁴⁾	[P] Kadar [P] total yang terlepas ke perairan (ton)
Nila	45.437,0	55.887,5 ^{a)}	670,65 ^{c)}	252,84	140,84	276,98	417,80
Mas	2.040,9	3.714,4 ^{b)}	44,57 ^{c)}	16,80	9,36	18,41	27,80
Total	47.477,9	59.601,9	715,22	269,64	150,20	295,39	445,60

Sumber: 1) Anonim (2011); 2) Lukman *et al*, 2010; 3) Garno & Adibroto (1999);

4) Rismeyer,(1998) dalam Azwar *et al*, (2004)

a) FCR nila =1,23; b) FCR mas = 1,82; c) 1,2% dari berat pakan; d) 37,7 % dari kadar [P] pada pakan; e) 21,0% dari kadar [P] pada pakan; f) 41,3% dari kadar [P] pada pakan.

Dalam perhitungan keseimbangan unsur P ini, faktor-faktor morfometri danau mengacu pada Lukman & Ridwansyah (2010) dan laju sedimentasi berdasarkan Larsen & Mercier (1976) (Tabel 6).

Tabel 6. Data-data penunjang perhitungan keseimbangan unsur hara di perairan danau

Parameter	Nilai	Sumber
Luas (A ₀)	1.124 x 10 ⁶ m ²	Lukman & Ridwansyah (2010)
Volume (V)	256,2 x 10 ⁹ m ³	Lukman & Ridwansyah (2010)
Kedalaman rata-rata	228 m	Lukman & Ridwansyah (2010)
Debit rata-rata di outlet (Q)	100 m ³ /detik, atau 3.153,6 x 10 ⁶ m ³ /tahun	Lukman & Ridwansyah (2010)
Laju penggelontoran (flushing rate) (ρ) = Q/V	0,0123/tahun	Perhitungan
Laju sedimentasi (σ) (1 + 0,747ρ ^{0,507})	1,08036	Larsen & Mercier (1976)

Mengikuti rumus kesetimbangan hara Vollenweider & Dillon (1975), yaitu:

$$[P] = \frac{L_T}{\bar{z}(\alpha - \rho)}$$

yang mana:

$$L_T = J_T/A_0 \text{ mg.m}^{-2} \text{ th}^{-1} \quad (J_T : \text{pasokan total P});$$

$$\bar{z} = V/A_0 \quad (V : \text{volume danau});$$

$$\rho = (1 - T_w) \quad (T_w : \text{waktu simpan air});$$

Diketahui:

$$J_E = 88,08 \text{ ton/tahun}$$

$$J_{PR} = 2,047 \text{ ton/tahun}$$

$$J_A = 445,60 \text{ ton/tahun}$$

$$J_T = 88,08 + 2,05 + 445,60$$

$$= 535,73 \text{ ton/tahun}$$

$$= 535,73 \times 10^9 \text{ mg/tahun}$$

$$L_T = 476,6 \text{ mg/m}^2/\text{tahun} \quad \text{atau } 0,48 \text{ g/m}^2/\text{tahun}.$$

Pasokan [P] dalam kondisi kesetimbangan mantap (*steady state*) adalah:

$$[P] = 1,957 \text{ mg.m}^{-3}$$

Berdasarkan nilai muatan (L_T) fosfor tersebut yang mencapai $0,48 \text{ g/m}^2/\text{tahun}$ adalah muatan yang masih dapat diizinkan, berdasarkan *Vollenweider's permissible loading levels*. Pada perairan dengan kedalaman rata-rata 200 m (Catatan: kedalaman rata-rata Danau Toba = 228 m), muatan [P] yang dapat diizinkan adalah $0,6 \text{ g/m}^2/\text{tahun}$ dan akan berbahaya jika mencapai $1,2 \text{ g/m}^2/\text{tahun}$.

Nilai kesetimbangan [P] tersebut diduga lebih rendah dari kenyataan yang ada saat ini di Danau Toba, terkait pasokan [P] dari daratan yang dapat secara langsung melalui aliran-aliran kecil limbah domestik yang bersumber dari pemukiman penduduk dan dari kawasan pesawahan. Berdasarkan data Sitompul *et al.*, (2007), pemukiman-pemukiman di seputar Danau Toba yang mengalirkan limbah domestiknya yang langsung ke perairan danau tercatat mencapai 42 desa/dusun, dengan jumlah penduduk penghuninya mencapai 8.537 KK. Kawasan pertanian yang tersebar di seputar Danau Toba dapat pula memberikan pasokan [P] secara langsung ke perairan danau tanpa melalui sungai-sungai.

Kenyataan tersebut dibuktikan bahwa pada saat ini status trofik Danau Toba secara umum berada pada kondisi mesotrofik, dengan kadar TP pada kolom permukaan berada pada kisaran $0,005 - 0,116 \text{ mg/l}$ atau rata-rata $0,028$ (April 2009) dan $0,022 \text{ mg/l}$ (Oktober 2009) (Nomosatryo & Lukman, 2011). Berdasarkan kondisi kesetimbangan [P] dan mengikuti rumusan kadar khlorofil *a* rata-rata untuk wilayah tropika berdasarkan [P] dari Walmsley & Thornton (1984) dalam Beveridge (1987), yaitu:

$$[\text{Chl } a] = 0,416 [P]^{0,675}$$

Maka dengan nilai kesetimbangan $[P] = 1,957 \text{ mg/m}^3$, kadar khlorofil yang terbentuk adalah mencapai 0.65 mg/m^3 atau $0,65 \text{ }\mu\text{g/l}$, suatu kadar khlorofil *a* yang sangat rendah dan mencirikan perairan oligotrofik ($<2,0 \text{ }\mu\text{g/l}$).

Pada kondisi saat ini perairan Danau Toba berdasarkan data kadar khlorofil *a*-nya lebih mencirikan perairan oligotrofik, dengan kelimpahan khlorofil *a* rendah, yaitu rata-rata $0,918 \text{ mg/m}^3$ (Lukman, 2011) dan didukung oleh kelimpahan fitoplankton yang rendah pula (maksimum 400 ind/l) (Sulawesty, 2012). Namun demikian, kenyataan ini tampaknya terkait dengan kondisi kadar orthofosfat yang relatif rendah, yaitu $0,0/12 \text{ mg/l}$ (Nomosatryo & Lukman, 2011) yang tidak dapat mendukung pertumbuhan fitoplankton secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, Z.I., N. Suhenda, & O. Praseno. 2004. Manajemen Pakan pada Usaha Budi Daya Ikan dalam Karamba Jaring Apung. *Dalam: Sudradjat, A., S.E. Wardoyo, Z.I. Azwar, H. Supriyadi, & B. Priono (Penyunting). Pengembangan Budi Daya Perikanan di Perairan Waduk. Pusat Riset Perikanan Budidaya, BRKP, DKP. Hal.37 – 44*
- Beveridge, M.C.M. 1987. Cage Aquaculture. Fishing News Books, Ltd. Farnham-Survey-England, 352 p
- Dillon, P. J., F. H. Rigler. 1975. A simple methods for predicting the capacity of a lake for development based on trophic status. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 32: 1519 – 31
- Garno, Y. S dan T. A. Adibroto, 1999. Dampak Penggemukan Ikan di Badan Air Waduk Multiguna pada Kualitas Air dan Potensi Waduk. *Prosiding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk. IPB- Ditjen Pengairan - Men KLH. XVII: 1-10*
- Lewis, W. M. Jr. 2000. Basis for the Protection and Management of Tropical Lakes. *Lake & Reservoir: Research and Management* 5: 35 – 48
- Lukman, M. Badjoeri, S.H. Nasution, 2010. Antisipasi Bencana Lingkungan Perairan Danau Toba melalui Penetapan Dayadukung dan Pemintakatan Wilayah Budidaya. Laporan Akhir Tahun 2010 Kegiatan Program Kompetitif – LIPI. Puslit Limnologi – LIPI. 70 hal.
- Lukman, 2011. Ciri wilayah Eufotik Perairan Danau Toba. *Prosiding Seminar Nasional Hari Lingkungan Hidup 2011. “Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup berbasis Kearifan Lokal. PPLH –LPPM Unsoed, Ikatan Ahli Lingkungan Hidup Indonesia. Tema II. Konservasi Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Hal. 130 – 139*

- Lukman & I. Ridwansyah. 2010. Kajian morfometri dan beberapa parameter stratifikasi perairan Danau Toba. *Limnotek*, Vol. 17 (2): 158 - 170.
- Meigh, J., M. Acreman, K. Sene & J. Purba. 1990. The wáter balance of Lake Toba. International Conference on Lake Toba, May 1990. Jakarta – Indonesia.
- Nomosatryo & Lukman, 2011. Ketersediaan Hara di Perairan Danau Toba, Sumatera Utara. *Limnotek*, Vol. 18(2): 20 -29
- Sitompul, R., L.U. Sitanggang, H.D. Putra, Roswita, R. Sagala, D. Y. Mulyati, 2007. Profil Pantai dan Perairan Danau Toba. BPBPEKDT, Medan.
- Sulawesty, F. 2011. Komunitas Fitoplankton di Danau Toba. *Limnotek*, Vol.18(2):40-48
- Vollenweider, R. A. 1975. Input-output models with special reference to the phosphorus loading concepts in limnology. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 37: 53 -84
- Vollenweider, R.A & J. Kerekes. 1980. The Loading Concept as Basis for Controlling Eutrophication Phylosophy and Preliminary Result of the OECD Programme on Eutrophication. *Eutrophication of Deep Lakes. Proceedings of a Seminar held in Gjovic, Norway, June 1978. Pergamon Press, Oxford, New York. p. 5 - 38*

POLA PEMANFAATAN PERIKANAN OLEH MASYARAKAT SELINGKAR DANAU TOWUTI

Rahmi Dina¹, Sonny Koeshendrajana²
Sulastri¹, dan Syahroma H. Nasution¹

¹) Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

²) Balai Besar Penelitian Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan
me.rahmidina@gmail.com

ABSTRAK

Danau Towuti, salah satu danau di kompleks Danau Malili-Sulawesi Selatan, merupakan danau multifungsi. Salah satunya adalah pemanfaatannya untuk kegiatan perikanan tangkap dengan komoditas ikan konsumsi, ikan hias, dan udang hias. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui deskripsi pemanfaatan perikanan dan sistem ekonomi perikanan yang sudah ada sebagai masukan arah pengembangan sistem ekonomi perikanan di Danau Towuti. Identifikasi sistem ekonomi perikanan menggunakan teknik wawancara mendalam (*depth interview*). Sistem ekonomi perikanan diidentifikasi berdasarkan pelaku usaha, hubungan pemilik dan penggarap, sistem permodalan, mekanisme jual beli yang berkembang, serta pola pemanfaatan sumberdaya. Wawancara dilakukan terhadap nelayan dan tokoh masyarakat setempat di tiga lokasi yang mewakili kegiatan perikanan yaitu Desa Tokalimbo, Pekaloea dan Timampu pada bulan Maret dan Juni tahun 2012. Metoda analisis deskriptif kualitatif digunakan dalam penelitian ini. Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem ekonomi kerakyatan menjadi dasar pemanfaatan sumberdaya perairan Danau Towuti, dicirikan oleh berkembangnya pelaku perikanan lokal skala kecil secara mandiri dengan penyediaan modal bersumber dari keluarga. Pemanfaatan perikanan bersifat subsisten dan hanya sebagian kecil hasil tangkapan ikan konsumsi yang dijual secara lokal. Untuk ikan hias hasil tangkapan, seluruhnya di jual kepada penampung lokal ataupun penampung dari luar yang selanjutnya dikirim ke sentra-sentra pasar ikan hias baik untuk keperluan pemenuhan kebutuhan domestik maupun ekspor. Pola pemanfaatan perikanan yang dipraktekkan oleh masyarakat di selingkar Danau Towuti sangat dipengaruhi oleh kebijakan makro yang ditetapkan oleh pemerintah daerah setempat tentang pemanfaatan sumberdaya Danau Towuti dan daerah tangkapan airnya. Sebagai ilustrasi, sejak 3 tahun terakhir terjadi pergeseran daerah penangkapan ikan di perairan danau sebagai akibat berubahnya pola mata pencaharian masyarakat desa yang difokuskan pada usaha pertanian lada sebagai upaya mengurangi aktivitas perambahan ataupun penebangan hutan secara ilegal.

Kata kunci: Danau Towuti, pemanfaatan perikanan, nelayan, pengembangan ekonomi masyarakat

PENDAHULUAN

Danau Towuti, salah satu dari tiga danau di kompleks danau purba Malili-Sulawesi Selatan, memiliki luas 560 km² dan kedalaman maksimum 203 m. Komplek Malili terdiri dari tiga danau besar yaitu Danau Matano, Danau Mahalona, dan Danau Towuti. Produktivitas perikanan Danau Towuti lebih tinggi dibandingkan Danau Matano dan mampu mendukung kehidupan masyarakat lokal dibandingkan Danau Matano (Haffner *et al.*, 2001).

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian No 274/Kpts/Um/4/1979 tanggal 24 April 1979 kawasan Danau Towuti ditetapkan sebagai Taman Wisata Alam (TWA). Penetapan ini didasarkan pada potensi dan keunikan yang dimiliki oleh kawasan ini untuk dikembangkan menjadi TWA. Selanjutnya merujuk pada dokumen potensi fauna yang dikeluarkan oleh Balai Konservasi Sumberdaya Alam (BKSDA) Sulawesi Selatan per tanggal 01 Oktober 2003 diketahui bahwa terdapat 18 jenis ikan; 2 jenis reptil; dan 4 jenis moluska di perairan Danau Towuti.

Keunikan yang dimiliki Danau Towuti sejak lama telah menarik minat banyak peneliti untuk mengkaji banyak aspek. Beberapa diantaranya seperti dirangkum oleh von Rintelen *et al* (2012) adalah sistem geologi danau oleh Abendanon pada tahun 1909/1910; ekspedisi biologi dengan pendekatan umum oleh Woltereck pada tahun 1932; ekspedisi biologi ikan oleh Kottelat 1990 dan 1991, Larson dan Kottelat 1992; moluska oleh Bouchet *et al* 1995. Hasil penelitian tersebut berhasil menggambarkan jenis baru pada setiap ekspedisi. Selanjutnya penelitian mengenai ekobiologi dan dinamika stok ikan bonti-bonti juga telah dilakukan oleh Nasution (2008) serta udang endemik di kompleks Malili oleh von Rintelen and Cai (2009). Pada umumnya penelitian yang telah dilakukan dilakukan di Danau Towuti fokus terhadap aspek fisik dan kimia danau, aspek biologi berupa keanekaragaman hayati seperti penemuan jenis baru dan evolusi. Penelitian mengenai kegiatan perikanan yang dilakukan oleh masyarakat di sekitar danau masih jarang dilakukan, dan sejauh ini belum ada publikasi yang menggambarkan sistem ekonomi kegiatan perikanan yang ada di Danau Towuti. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan pola pemanfaatan sumberdaya perikanan Danau Towuti oleh masyarakat sekitar danau dan sistem ekonomi perikanan yang berkembang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu masukan dalam penyusunan kebijakan pengelolaan Danau Towuti untuk menjamin keberlanjutan tidak hanya ekosistem perairan danau, namun juga ekonomi masyarakat sekitar danau.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret dan Juni 2012. Stasiun pengambilan contoh dan responden ditentukan secara *purposive/ judgmental* yaitu stasiun dan responden terpilih merupakan lokasi dan responden yang dianggap paling mewakili populasi secara keseluruhan (Levy & Lemeshow 1991). Lokasi penelitian yang dipilih merupakan tiga desa yang mewakili kondisi dan kegiatan perikanan di Danau Towuti yaitu Desa Tokalimbo, Desa Pekaloo, dan Desa Timampu.

Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam (*depth interview*) dengan responden kunci yang terdiri dari nelayan dan tokoh masyarakat serta pengisian kuisioner oleh nelayan. Informasi umum terkait pemanfaatan sumberdaya perikanan D. Towuti diperoleh melalui pengisian kuisioner oleh nelayan yang meliputi data data pribadi, data kenelayanan, dan data sumberdaya ikan. Identifikasi sistem ekonomi yang berkembang dalam pemanfaatan sumberdaya perikanan di D. Towuti dilakukan melalui wawancara mendalam dengan responden kunci yang meliputi aspek pelaku usaha, hubungan pemilik-penggarap, sistem permodalan yang berkembang, mekanisme jual beli, pola pemanfaatan sumberdaya, serta kalender curahan waktu. Metode analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola pemanfaatan sumberdaya perikanan

Satu-satunya kegiatan perikanan yang ada di Danau Towuti sampai saat ini adalah perikanan tangkap. Secara garis besar sumberdaya perikanan ekonomis penting untuk konsumsi dan hias di Danau Towuti dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sumberdaya ikan untuk konsumsi dan sumberdaya udang hias. Alat tangkap yang umum digunakan untuk menangkap ikan yaitu jaring insang dan bagan, serta menangkap langsung dengan menyelam untuk udang hias. Jaring insang banyak dioperasikan di Desa Tokalimbo dan Desa Pekaloo. Bagan umumnya digunakan oleh nelayan di Desa Timampu, walaupun sebagian kecil nelayan di Desa Timampu juga menggunakan jaring insang.

Jumlah nelayan yang menjadi responden di Desa Tokalimbo yaitu lima orang yang mewakili 50% dari total jumlah nelayan pukat (jaring insang) di desa tersebut. Saat ini alat tangkap utama yang digunakan oleh nelayan adalah jaring insang karena sejak tahun 2009/2010 bagan sudah tidak dioperasikan, walaupun saat ini masih ada nelayan Salue sebanyak dua orang. Ukuran mata jaring dan jumlah jaring insang yang dimiliki nelayan beragam antara 1-4 inch dengan jumlah 3-10 pcs. Armada yang digunakan juga beragam yaitu sampan kayu dan sampan bermotor dengan kisaran harga 2,5-5 juta rupiah untuk sampan kayu dan 10-15 juta rupiah untuk sampan bermotor. Kebutuhan bahan bakar berupa solar atau bensin setiap kali menangkap ikan antara 2-3 liter dengan harga Rp. 7000-7500., per liter. Jenis ikan yang dominan tertangkap adalah ikan nila. Jenis ikan lainnya adalah ikan mas dan ikan butini. Tangkapan ikan maksimal dapat mencapai 20 tusuk dan harga ikan per tusuk yaitu Rp. 20.000., untuk ikan nila Rp. 20.000-30.000., untuk ikan mas, dan Rp. 10.000., untuk ikan butini. Daerah penangkapan ikan oleh nelayan di Desa Tokalimbo masih di sekitar Desa Tokalimbo.

Kondisi yang tidak jauh berbeda juga ditemukan di Desa Pekaloa. Alat tangkap yang digunakan di Desa Pekaloa adalah jaring insang dengan ukuran mata jaring antara 3 sampai 5 inch serta masing-masing nelayan memiliki jaring insang sebanyak 20-25 pcs. Armada yang digunakan yaitu sampan bermotor yang harganya antara 7 sampai 15 juta rupiah dengan bahan bakar bensin dengan kebutuhan 10-20 liter setiap kali menangkap ikan yang kisaran harga per liter nya Rp.7.000.-8.000.,. Jenis ikan dominan tertangkap adalah ikan nila dengan tangkapan 5-15 tusuk dan ikan lainnya yaitu gabus dan butini. Harga ikan nila, gabus dan butini berturut-turut yaitu Rp. 20.000 dan Rp. 10.000., per tusuk. Berat ikan per tusuk setara dengan $\pm 1,5$ kg ikan. Daerah penangkapan ikan oleh nelayan di Desa Pekaloa tidak hanya sekitar Desa Pekaloa, namun mencapai wilayah Bakara, Mahalona, Mea, Larona, dan Tominanga.

Bagan dioperasikan di Desa Timampu untuk menangkap ikan pangkilang. Bagan merupakan alat tangkap pasif yang dioperasikan pada malam dan menggunakan lampu sebagai atraktor. Dalam sekali beroperasi (satu malam) bagan bisa diangkat sebanyak 2 sampai 3 kali. Modal pembuatan bagan mencapai

sepuluh juta rupiah per unit dengan masa penggunaan mencapai tujuh tahun. Tangkapan menggunakan bagan berkisar antara 4 sampai 20 kg per hari dengan kisaran harga jual Rp. 25.000-40.000./ kg (Nasution *et al.*, 2009 dan komunikasi pribadi, 2012).

Penangkapan ikan menggunakan jaring insang dapat dilakukan sepanjang tahun. Faktor penentu nelayan menangkap ikan atau tidak adalah cuaca dan kebutuhan nelayan itu sendiri. Akan tetapi alat tangkap bagan hanya dioperasikan saat bulan gelap setiap bulannya.

Berbeda dengan ikan konsumsi, udang hias ditangkap langsung dengan menyelam. Nelayan udang hias yang sangat sedikit yaitu satu orang di Desa Timampu dan satu orang Desa Pekaloa. Hal ini karena menangkap udang dengan menyelam relatif lebih sulit. Penangkapan udang hias dilakukan sesuai permintaan dari distributor. Beberapa jenis udang yang banyak ditangkap adalah *Caridina spinata*, *C. lingkonae*, dan *C. glaubrechtii*. Ketiga jenis udang tersebut adalah jenis udang endemik D. Towuti (von Rintelen and Cai, 2009). Tangkapan udang berkisar antara 200 sampai 500 ekor/ hari. Rata-rata harga udang adalah Rp.500., per ekor dan jenis udang dengan harga tertinggi Rp. 800., per ekor yaitu *C. spinata*.

Nelayan di Danau Towuti adalah masyarakat lokal/ penduduk asli selingkar Danau Towuti. Tingkat pendidikan tertinggi nelayan adalah lulusan SLTP. Status perkawinan nelayan adalah sudah kawin dengan jumlah tanggungan dalam keluarga berkisar antara empat sampai tujuh orang. Jumlah nelayan di selingkar Danau Towuti bersifat dinamis. Saat ini menjadi nelayan tidak lagi menjadi pekerjaan satu-satunya bagi mayoritas nelayan, namun tetap menjadi salah satu yang utama. Hal ini karena di kawasan Towuti sedang berkembang perkebunan merica yang lebih menjanjikan karena harganya mencapai Rp. 70.000., per kilogram dan juga dipicu oleh biaya operasional menangkap ikan yang relatif tinggi terutama untuk nelayan yang menangkap ikan di luar wilayah desanya seperti nelayan di Desa Pekaloa. Namun, beberapa orang diantaranya ada yang relatif baru menjadi nelayan ±1-2 tahun, yaitu kelompok yang tadinya bekerja di *sawmill* dan beralih profesi menjadi nelayan karena kegiatan *sawmill* sudah dilarang.

Ikan nila merupakan jenis asing di Danau Towuti dan mulai ditangkap tahun 2009 (komunikasi pribadi, 2012), dan saat ini menjadi tangkapan utama nelayan yang menggunakan alat tangkap pukat. Harga jual ikan nila relatif di D. Towuti relatif lebih tinggi dibanding harga jual ikan jenis lain di D. Towuti maupun harga jual ikan nila di wilayah lain, seperti di Kabupaten Kudus harga ikan nila yaitu Rp. 16.000., / kg (http://www.agromaret.com/harga_ikan_nila/24268).

Hasil penelitian kebiasaan makanan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan bahwa ikan nila merupakan salah satu jenis ikan omnivor (Shalloof and Khalifa, 2009; Njiru *et al.*, 2004) yaitu ikan dengan jenis makanan beragam seperti plankton, tumbuhan air, serangga, krustasea, dll. Perbedaan kebiasaan makanan dipengaruhi oleh ukuran ikan, waktu pengamatan, dan ketersediaan makanan alami di perairan danau. Oleh sebab itu, pengamatan mengenai kebiasaan makanan ikan nila di Danau Towuti perlu dikaji secara kontinu. Hal ini karena keberadaan ikan nila di Danau Towuti dapat berdampak pada biota asli Danau Towuti terutama biota endemiknya seperti *Caridina spinata*, *C. lingknae*, dan *C. glaubrechtii*. Hasil penelitian Njiru *et al.* (2004) menunjukkan bahwa *Caridina nilotica* (Roux) memberi kontribusi sebesar 0,6% sebagai makanan ikan nila di Danau Victoria, Kenya. Jumlah tersebut relatif kecil dibandingkan jenis makanan alami lainnya yang dimanfaatkan oleh ikan nila, namun hasil penelitian ini tetap mengindikasikan bahwa keberadaan ikan nila sebagai jenis ikan asing di perairan Danau Towuti berpeluang akan memberikan dampak terhadap biota asli danau.

Pola pemanfaatan perikanan yang dipraktekkan oleh masyarakat di selingkar Danau Towuti sangat dipengaruhi oleh kebijakan makro yang ditetapkan oleh pemerintah daerah setempat tentang pemanfaatan sumberdaya Danau Towuti dan daerah tangkapan airnya. Sebagai ilustrasi, sejak 3 tahun terakhir terjadi pergeseran daerah penangkapan ikan di perairan danau sebagai akibat berubahnya pola mata pencaharian masyarakat desa yang difokuskan pada usaha pertanian lada sebagai upaya mengurangi aktivitas perambahan ataupun penebangan hutan secara ilegal.

Sistem ekonomi perikanan

Sistem ekonomi adalah yaitu konsepsi ekonomi suatu negara untuk mengatasi beberapa persoalan, seperti barang apa yang seharusnya dihasilkan; bagaimana cara menghasilkan barang itu; dan untuk siapa barang tersebut dihasilkan atau bagaimana barang tersebut didistribusikan kepada masyarakat. Jawaban atas ketiga pertanyaan tersebut akan menentukan sistem ekonomi sebuah negara (Hudiyanto, 2002 *in* Awang, 2009). Sistem ekonomi yang berkembang di dunia diantaranya adalah sistem ekonomi kapitalis, sosialis, dan campuran serta di Indonesia dikenal istilah ekonomi kerakyatan. Sistem ekonomi kerakyatan merupakan sistem ekonomi nasional yang disusun sebagai usaha bersama berdasar atas asas kekeluargaan, dimana produksi dikerjakan oleh semua, untuk semua, di bawah pimpinan atau pemilikan anggota masyarakat yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan masyarakat (rakyat) dalam mengendalikan jalannya roda perekonomian (Baswir, 1193 *in* Awang, 2009); tatalaksana ekonomi yang bersifat kerakyatan yaitu penyelenggaraan ekonomi yang memberi dampak kepada kesejahteraan rakyat kecil dan kemajuan ekonomi rakyat, yaitu keseluruhan aktivitas perekonomian yang dilakukan oleh rakyat kecil (Awang, 2009); ekonomi yang mengacu pada peningkatan kemakmuran dan kesejahteraan rakyat (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2002 *in* Limbong, 2011).

Perbedaan ekonomi kapitalistik dan ekonomi kerakyatan dari sudut pandang konservasi perairan daratan Indonesia dapat dilihat dari beberapa parameter penciri seperti disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Perbedaan antara ekonomi kapitalistik dan ekonomi kerakyatan dari sudut pandang konservasi perairan daratan Indonesia (disarikan oleh Hartoto)

Parameter penciri	Ekonomi liberal-kapitalis	Ekonomi kerakyatan
Permodalan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Milik sekelompok kecil orang saja, modal asing besar porsinya/ mendominasi; ✓ Jumlah modalnya besar. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modal dikumpulkan dari lingkungan keluarga sendiri; ✓ Jumlahnya kecil.
Tenaga kerja (TK)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Orang Indonesia hanya menjadi buruh dari suatu sistem industri nasional/internasional; ✓ Rekrutmen terbuka, lintas negara. ✓ Tenaga kerja yang dipakai umumnya terbatas yang terlatih/terdidik saja. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Orang Indonesia menjadi manajer dari usahanya sendiri; ✓ Rekrutmen biasanya dari kalangan keluarga sendiri. ✓ Tenaga kerja tidak terlalu terlatih tetapi sangat adaptif terhadap proses-proses pemberdayaan.
Azas dalam perdagangan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Persaingan bebas yang sering tidak berdasarkan etika yang jelas; ✓ Efisiensi menjadi sasaran utama. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Berasaskan kekeluargaan, kebersamaan ; ✓ Efisiensi baru dapat tercapai bila pelaku ekonomi rakyat bersatu membentuk kelompok-kelompok.
Teknologi yang digunakan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cenderung menggunakan teknologi yg tercanggih yang tersedia di dunia. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Memadukan iptek yang tersedia dgn kebiasaan, pengalaman dan kearifan lokal.
Sikap terhadap kebijakan konservasi.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sangat tergantung kepada ketegasan sikap pemerintah; ✓ Kecil dampak yang diterima sbagai akibati gagalnya kegiatan konservasi perairan; ✓ Posisi tawar dalam mempengaruhi kebijakan pemerintah sangat kuat. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sangat tergantung pada proses penguatan pemahaman tentang konservasi terhadap mereka; ✓ Sangat besar menerima dampak dari gagalnya kegiatan konservasi; ✓ Hanya bisa mempengaruhi kebijakan konservasi pemerintah bila mereka berhasil membangun kelompok yang besar.
Kontribusi terhadap pembentukan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pada tataran tertentu nampak mewujudkan sisi liberty sebagai penyusun masyarakat madani; 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sangat mengutamakan sisi <i>liberty</i> dari kesempatan untuk

Parameter penciri	Ekonomi liberal-kapitalis	Ekonomi kerakyatan
masyarakat madani.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sangat berpotensi untuk menghancurkan sisi <i>equality</i> (kesamaan) karena dominansi pemegang saham; ✓ Hampir-hampir tidak memperhatikan sisi <i>fraternity</i>. 	<p>berusaha;</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pada umumnya menerapkan sisi <i>equality</i> dalam aneka bentuknya; ✓ Sangat menjunjung tinggi sisi persaudaraan (<i>fraternity</i>) dalam gerak ekonomi.
Perimbangan manfaat ekonomi dalam proses konservasi sumber daya perairan	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pengaturan perdagangan hewan-hewan langka/ endemik/ terancam yang diatur secara internasional telah menyebabkan ketimpangan (disparitas) manfaat ekonomi dan kesejahteraan antara pemilik modal besar dengan masyarakat yang tempat hidupnya di sekitar sumberdaya. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rakyat setempat yang memanfaatkan, melindungi, mencegah serta memperbaiki kerusakan sumber daya perairan daratan mendapat manfaat ekonomi yang lebih berarti dan setara dengan pihak yang lain-lain.
Orientasi tujuan konservasi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lebih diorientasikan pada melindungi jenis-jenis biota langka/endemik/terancam. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lebih diorientasikan pada mengelola interaksi manusia dengan sumber daya alam sehingga manfaatnya bisa langgeng bagi manusia yang tempat hidupnya paling dekat dengan sumber daya yang bersangkutan.
Pelaku kegiatan konservasi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lebih didominasi oleh oleh aktivitas Organisasi Non Pemerintah (Asing atau Indonesia) dan Pemerintah. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Merupakan paduan serasi yang adaptif antara pemerintah setempat dan kelompok masyarakat setempat yang memanfaatkan sumber daya perairan.
Rezim tata praja pengelolaan kegiatan konservasi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rezim sentralistik otoritarian. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rezim adaptif ko-manajemen.
Sistem nilai dalam pengelolaan konservasi	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tidak jelas, bila ada yang digunakan adalah sistem nilai berdasarkan hasil kesepakatan antar manusia yang cenderung berubah dari waktu-waktu sesuai perkembangan perimbangan kekuatan kelompok yang bersepakat. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Berdasarkan sistem nilai-nilai samawi (luhur) yang sifatnya universal.

Sistem ekonomi perikanan yang berkembang di Danau Towuti diidentifikasi berdasarkan beberapa parameter penciri di atas yaitu pelaku usaha, hubungan pemilik-penggarap, sistem permodalan yang berkembang, mekanisme

jual beli, mekanisme pemanfaatan sumberdaya perikanan, dan kalender curahan waktu. Berikut ini disajikan hasil analisis identifikasi sistem ekonomi perikanan di Danau Towuti:

Tabel 2. Identifikasi sistem ekonomi perikanan D. Towuti

No	Aspek	Tokalimbo	Pekaloa	Timampu
1	Pelaku Usaha	Masyarakat lokal/ penduduk asli	Masyarakat lokal/ penduduk asli	Masyarakat lokal/ penduduk asli
2	Hubungan pemilik dan penggarap	Tidak ada hubungan pemilik-penggarap	Tidak ada hubungan pemilik-penggarap	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pada umumnya pemilik juga bertindak sebagai nelayan; ✓ Sebagian kecil nelayan bagan juga mempekerjakan orang lain dengan membayar upah berupa 10% tangkapan; ✓ Jika bagan dipakai oleh orang lain maka pembagian hasil antara pemilik bagan dan penggarap 50:50.
3	Sistem permodalan	Modal sendiri	Modal sendiri atau meminjam ke keluarga yang lain	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Modal sendiri ✓ Modal keluarga ✓ Pinjaman lunak dari desa ✓ Pinjaman dari lembaga perbankan (dalam hal ini BRI)
4	Mekanisme jual-beli	Nelayan-konsumen	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nelayan-konsumen; atau ✓ Nelayan-pengumpul-konsumen 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Nelayan-konsumen; atau ✓ Nelayan-pengumpul-konsumen ✓ Khusus untuk udang: Nelayan-distributor (Makassar atau Jakarta)-konsumen
5	Kalender curahan waktu berdasarkan alat tangkap	Jaring insang: setiap hari, sepanjang tahun (malam hari) Bagan: saat bulan gelap, sepanjang tahun (malam hari) Menyelam untuk menangkap udang: jika ada permintaan		

Berdasarkan beberapa ciri sistem ekonomi perikanan di atas diketahui bahwa sejauh ini sistem ekonomi perikanan yang berkembang di Danau Towuti adalah sistem ekonomi kerakyatan. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa sistem ekonomi kerakyatan bertujuan bagi kesejahteraan rakyat. Oleh karena itu sistem ekonomi yang berkembang perlu dipertahankan dan dikembangkan agar kemakmuran masyarakat selingkar Danau Towuti tercapai terutama masyarakat yang menggantungkan hidupnya pada sumberdaya perairan danau.

Bentuk usaha perikanan yang ada adalah perikanan tangkap. Menurut Hartoto, perikanan tangkap merupakan salah satu bentuk bisnis perikanan yang mendukung konservasi. Walaupun demikian, kegiatan perikanan tangkap yang ada juga perlu dikelola untuk menjamin keberlanjutan baik ekologi maupun ekonomi. Dalam hal pengelolaan perikanan tangkap di Danau Towuti diperlukan suatu aturan yang didasarkan pada bukti ilmiah dari hasil penelitian, hal ini sesuai dengan Code of Conduct for Responsible Fisheries (FAO, 1995). Bukti ilmiah yang diperlukan seperti biologi perikanan, metode penangkapan ikan, aspek sosial ekonomi masyarakat perikanan serta aspek lain yang dirasa perlu di daerah tersebut.

Dalam proses pengambilan kebijakan pengelolaan perikanan, terutama dalam pengembangan sistem ekonomi perikanan di Danau Towuti di masa yang akan datang diperlukan keterlibatan pemerintah secara langsung. Salah satu bentuk keterlibatan pemerintah adalah dengan membuat peraturan daerah terkait pengelolaan Danau Towuti secara resmi. Peranan vital negara (pemerintah) merupakan salah satu ciri ekonomi kerakyatan yang disampaikan oleh Awang (2009), seperti tercantum dalam UUD 1945 Pasal 33 ayat 2 dan 3 diketahui bahwa negara memiliki peranan sangat penting dalam ekonomi kerakyatan. Hal ini bertujuan untuk menjamin pemanfaatan sumberdaya Danau Towuti benar-benar untuk kemakmuran rakyat, tidak hanya oleh segelintir orang yang berkuasa karena modal ataupun jabatannya.

KESIMPULAN

Sejauh ini sistem ekonomi perikanan yang berkembang di Danau Towuti adalah sistem ekonomi kerakyatan. Bentuk usaha (bisnis) perikanan yang berkembang adalah perikanan tangkap. Keterlibatan pemerintah disamping pihak lainnya diperlukan dalam penentuan kebijakan pengembangan sistem ekonomi kerakyatan di Danau Towuti untuk menjamin kemakmuran rakyat namun tetap menjaga keberlangsungan ekologis Danau Towuti.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada (Alm). Dr. Dede Irving Hartoto, APU dan kepada pembantu lapangan yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Awang, S.A. 2009. *Konsep Ekonomi Kerakyatan dan Aplikasinya pada Sektor Kehutanan*. [versi *online*, diakses di <http://www.ekonomikerakyatan.ugm.ac.id/My%20Web/sanafri.htm>, pada September 2012].
- Balai Konservasi Sumberdaya Alam-Sulawesi Selatan. 2003. TWA Danau Towuti.
- FAO. 1995. *Code of Conduct For Responsible Fisheries*. Rome: FAO.
- Haffner, G.D., P.E. Hehanusa, and D. Hartoto. 2001. The Biology and Physical Processes of large lakes of Indonesia: Lakes Matano and Towuti. *In*: Munawar, M and R.E Hecky (eds). *The Great Lakes of the World (GLOW): Food-web, health and integrity: 183-192*. Leiden, Netherlands: Backhuys Publishers. [versi *online*, diunduh 03 Oktober 2012].
- Hartoto, D.I. ----. Konservasi Perairan Daratan dalam Dunia Pemanfaatan: Pelestarian Sumberdaya Alam Berbasis Budaya Indonesia. [Slide presentasi].
- Levy, P.S., S. Lemeshow. 1991. *Sampling Populations : Methods and Applications*. Second edition. United States of America : John Wiley & Sons, Inc.
- Limbong, B. 2011. *Ekonomi Kerakyatan dan Nasionalisme Ekonomi*. Jakarta: Margaretha Pustaka.
- Nasution, S. H. 2008. Ekobiologi dan Dinamika Stok sebagai Dasar Pengelolaan Ikan Endemik Bonti-bonti (*Paratherina striata* Aurich) di Danau Towuti, Sulawesi Selatan. *Disertasi*. Bogor: Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. [Tidak Dipublikasikan].
- Njiru, M., J.B. Okeyo-Owuor, M. Muchiri, and I.G.Cowx. 2004. Shifts in the food of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) in Lake Victoria, Kenya. *African Journal of Ecology*: 42:163-170. [versi *online*, diunduh pada 23 Juli 2012]
- Shalloof, K. A. Sh., and N. Khalifa. 2009. Stomach Contents and Feeding Habits of *Oreochromis niloticus* (L.) from Abu-Zabal Lakes, Egypt. *World*

Applied Sciences Journal 6 (1): 01-05. [versi *online*, diunduh pada 23 Juli 2012]

von Rintelen, T., K. von Rintelen, M. Glaubrecht, C. D. Schubart, and F. Herder. 2012. Aquatic Biodiversity Hotspots in Wallacea: the Species Flocks in The Ancient Lake of Sulawesi, Indonesia. *In: Gower, D.J. et al (eds). Biotic Evolution and Environmental Change in Southeast Asia.* Cambridge University Press.

von Rintelen, K and Y. Cai. 2009. Radiation of Endemic Species Flocks in Ancient Lake: Systematic revision of The Freshwater Shrimp *Caridina* H. Milne Edwards, 1837 (Crustacea: Decapoda: Atyidae) from The Ancient Lakes of Sulawesi, Indonesia, with The Description of Eight New Species. *The Raffles Bulletin of Zoology* : 57(2):343-452. [versi *online*, diunduh pada Juli 2012].

www.agromaret.com/harga_ikan_nila/24268 [versi *online*, diakses pada Juli 2012].

PREDIKSI ERODIBILITAS DAN PENGARUH PEDOGENESIS TANAH TERHADAP SEDIMENTASI DI DAS LIMBOTO

Meti Yulianti dan Dini Daruati
Pusat Penelitian Limnologi - LIPI
meti@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto merupakan DAS prioritas I, dengan salah satu prioritas penanganan dilakukan terhadap erosi dan sedimentasi yang tinggi. Permasalahan erosi sedimentasi di DAS secara langsung akan mempengaruhi kelestarian Danau limboto yang saat ini terus mengalami pendangkalan dan penyempitan danau. Pemahaman mengenai erosi tanah sebagai salah satu sumber masukan sedimentasi dan penyebab terjadinya penurunan kualitas air danau harus diperhatikan. Pendugaan potensi erosi menjadi penting dalam hal upaya pengelolaan tanah. Sifat tanah memegang peranan penting dalam hal melepaskan dan membawa partikel tanah dalam proses erosi, yang disebut erodibilitas tanah. Tulisan ini dibuat untuk menunjukkan prediksi erodibilitas secara spasial menggunakan data survey tanah digital dan melihat pengaruh pedogenesis terhadap nilai erodibilitas. Dari hasil analisis, diketahui bahwa di DAS Limboto sekitar 27,56% memiliki erodibilitas tanah agak tinggi (0,33 - 0,43), 24,33% sedang (0,21 - 0,32), sisanya bervariasi antara rendah sampai sangat tinggi. Hal ini menunjukkan potensi besar terjadinya sedimentasi tinggi di Danau Limboto jika tidak dilakukan penanganan yang tepat di bagian DAS. Diketahui juga hubungan yang erat antara bahan induk dengan sifat tanah yang mempengaruhi erodibilitas serta berdampak terhadap variasi tingkat erosi yang terjadi di DAS Limboto.

Kata Kunci: *Danau Limboto, sedimentasi, erodibilitas*

ABSTRACT

Limboto watershed is priority watersheds I, that one of the priorities of treatments carried out on high erosion and sedimentation. Erosion – sedimentation problems in watershed will directly affect the sustainability of Limboto Lake that current condition continue to indicate shallowing and narrowing. An understanding of soil erosion as a source of sediment input and the cause of deterioration in lake water quality must be considered. Estimation of the potential erosion becomes important in terms of land management efforts. The nature of soil plays an important role in release and transport of soil particles in the erosion processes, called soil erodibility. This paper is intended to shows the spasial prediction of erodibility using digital soil survey data and observe the impact of pedogenesis on erodibility. From the analysis result, it is known that approximately 27,56% of Limboto watershed has rather high soil erodibility (0,33 to 0,43), 24, 33% moderate (0,21 to 0,32), and the rest varied from low to very high. This shows the great potential of high sedimentation in Lake Limboto unless appropriate management in the watershed. In additon, it can be seen there is relationship between parent materials with soil properties that influence the degree of erodibility and have an effect on erosion variations in Limboto watershed.

Keywords: *Lake Limboto, sedimentation, erodibility*

PENDAHULUAN

Kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto merupakan DAS Prioritas I, dengan salah satu prioritas penanganan dilakukan terhadap erosi dan

sedimentasi yang tinggi. Hal ini berdasarkan Berdasarkan SK Menhut No. 248/Kpts-II/1999 tentang urutan prioritas DAS. Permasalahan erosi sedimentasi di DAS secara langsung akan mempengaruhi kelestarian Danau Limboto yang saat ini terus mengalami pendangkalan dan penyempitan danau. Data historis menunjukkan bahwa Danau Limboto sudah mengalami pendangkalan sejak tahun 1932 dari kedalaman 30 meter menjadi rata – rata 2,18 m pada tahun 2006 (Bappedalda Propinsi Gorontalo, 2003). Berdasarkan beberapa hasil penelitian, beban sedimen di DAS Limboto diperkirakan mencapai 39.864,6034 ton/thn atau rata-rata sebesar 0.438053 ton/ha/tahun (BPDAS Bone-Bolango, 2004). Jika tidak dilakukan penanganan dan pengelolaan DAS yang tepat dikhawatirkan usia Danau Limboto tidak akan bertahan lama.

Pemahaman mengenai erosi tanah sebagai salah satu sumber masukan sedimentasi dan penyebab terjadinya penurunan kualitas air danau harus diperhatikan. Pendugaan potensi erosi menjadi penting dalam hal upaya pengelolaan DAS untuk meminimalisir laju erosi. Selain karena faktor hujan, lereng, vegetasi dan pengelolaan tanah, sifat tanah memegang peranan penting dalam hal melepaskan dan membawa partikel tanah dalam proses erosi, yang disebut erodibilitas. Tulisan ini dibuat untuk menunjukkan prediksi erodibilitas secara spasial menggunakan data survey tanah digital dan melihat pengaruh pedogenesis terhadap nilai erodibilitas.

Laju sedimentasi di Danau Limboto yang semakin besar selain disebabkan oleh proses alami geologi yang sudah berlangsung ratusan tahun lalu juga akibat semakin tingginya pertumbuhan kawasan permukiman di sekitar muara danau yang menutup jalan air dan sedimen di bagian outlet danau (BPDAS Bone-Bolango, 2004).

BAHAN DAN METODE

DAS Limboto yang menjadi daerah kajian secara geografis terletak pada 122° 42' 0.24" – 123° 03' 1.17" BT dan 00° 30' 2.035" – 00° 47' 0.49" LU dan berada di bagian tengah Provinsi Gorontalo.

Data yang digunakan adalah data spasial berupa peta – peta digital seperti Peta Tanah Semi Detail Daerah Limboto tahun 1996, Peta Sistem

Lahan/Kesesuaian Lahan tahun 1989, Peta DEM (SRTM), Peta Rupa Bumi (Bakosurtanal, 1991) serta data atribut berupa data Pemetaan Tanah Tingkat Semi Detail.

Prediksi erodibilitas tanah dilakukan menggunakan model yang dikembangkan oleh Wischmeier et al., 1971 dalam Suripin (2004) dengan rumus :

$$100K = 2.713 \cdot 10^{-4}(12 - a)M^{1.14} + 3.25(b - 2) + (c - 3)$$

Keterangan:

- K adalah erodibilitas tanah
- M adalah persentase pasir halus dan debu x (100 – persentase liat)
- a adalah kandungan bahan organik, untuk kadar bahan organik > 6 % (tinggi-sangat tinggi), maka nilai 6 merupakan nilai maksimum yang dipakai
- b adalah kelas struktur tanah
- c adalah kelas permeabilitas

Nilai erodibilitas kemudian dikelompokkan dalam enam kelas mulai dari sangat rendah – sangat tinggi berdasarkan rekomendasi USDA – SCS (1973, dalam Dangler dan El-Swaify, 1976), sebagai berikut:

Tabel 1. Kelas Erodibilitas Tanah menurut USDA - SCS

Kelas USDA-SCS	Nilai K	Keterangan	Kepekaan Tanah terhadap Erosi
1	0 - 0,10	sangat rendah	sangat tahan
2	0,11 - 0,20	rendah	agak tahan
3	0,21 - 0,32	sedang	tahan
4	0,33 - 0,43	agak tinggi	agak peka
5	0,44 - 0,55	tinggi	peka
6	0,56 - 0,65	sangat tinggi	sangat peka

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui pengaruh pedogenesis dan beberapa sifat tanah terhadap erodibilitas di DAS Limboto. Bahan utama yang digunakan adalah data pemetaan tanah tingkat semidetil daerah Limboto tahun 1995 dan 1996 yang dibuat oleh Puslittanak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyebaran Jenis Tanah

Klasifikasi tanah di DAS Limboto dapat dibedakan menjadi tujuh ordo tanah, yaitu : Alfisols, Entisols, Inceptisols, Histosols, Mollisols, Ultisols, dan Oxisols. Umumnya setiap satuan peta tanah merupakan asosiasi dari beberapa jenis tanah sampai tingkat great group dan sub group. Berdasarkan sifat tanahnya, jenis tanah Alfisols, Mollisols dan Ultisols termasuk peka terhadap erosi. Meskipun demikian, potensi erosi tentu saja bukan hanya ditentukan oleh jenis tanah tetapi ditentukan oleh faktor lainnya yang kompleks seperti penggunaan dan pengelolaan tanahnya.

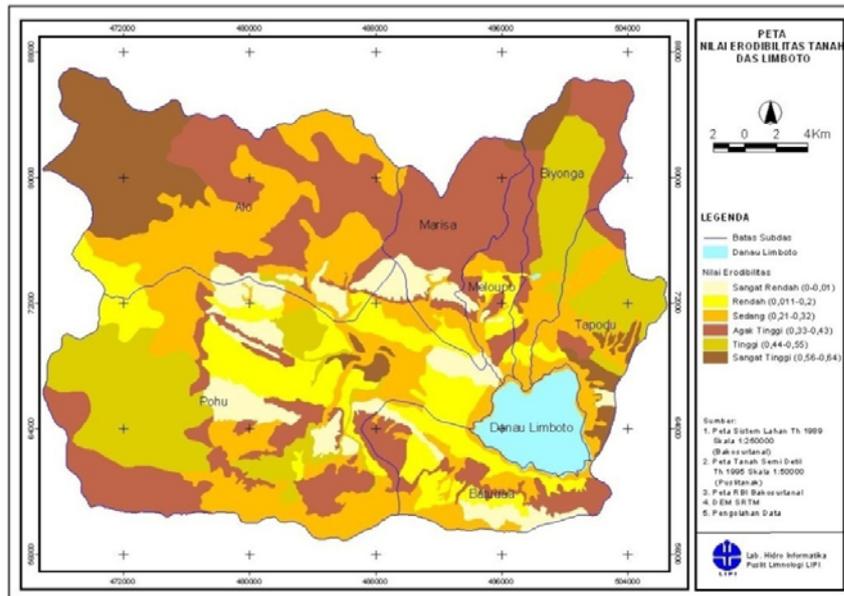
Prediksi Erodibilitas Tanah

Dari hasil analisis menggunakan model Wischmeier, diperoleh data spasial erodibilitas tanah di DAS Limboto. Tabel 2 menunjukkan luasan kelas erodibilitas sedangkan secara spasial ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Kelas Erodibilitas Tanah di DAS Limboto

Kelas Erodibilitas	Luas (Ha)	Persentase (%)
Sangat rendah	6548,4	7,34
Rendah	10.767,62	12,08
Sedang	21.697,3	24,33
Agak tinggi	24.577,67	27,56
Tinggi	13.958,7	15,56
Sangat tinggi	8293	9,30

Keterangan: 3, 84 % adalah luas Danau Limboto



Gambar 1. Peta Kelas Erodibilitas Tanah di DAS Limboto

Berdasarkan data yang ditampilkan, dapat diketahui bahwa sekitar 51,89% tanah di kawasan DAS Limboto memiliki nilai erodibilitas sedang – agak tinggi dengan distribusi spasial bervariasi antar subdas, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Hal yang harus dijadikan perhatian adalah pemanfaatan dan penggunaan tanah di DAS Limboto harus mempertimbangkan potensi erosi tanahnya. Tanah dengan potensi erosi tinggi sebaiknya menggunakan teknik konservasi yang sesuai. Dilihat dari potensi erosinya, subdas Biyonga dan Alo merupakan subdas yang berpotensi menyumbang sedimentasi terbesar ke Danau Limboto terutama jika tidak dilakukan pengelolaan DAS yang terintegrasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian JICA, 2001 (BPDAS, 2004) yang menunjukkan bahwa subdas Biyonga, Meloupo dan Alo memiliki kontribusi paling besar terhadap sedimentasi di DAS Limboto.

Tabel 3. Presentase Kelas Erodibilitas Tanah per Subdas di DAS Limboto

Subdas	Persentase Kelas Erodibilitas Tanah					
	SR	R	SD	AT	T	ST
Pohu	11,03	18,90	22,66	19,99	26,13	1,29
Alo	4,21	3,87	35,49	28,44	0,47	27,51
Marisa	4,07	0,00	34,53	61,32	0,00	0,08
Biyonga	0,00	6,20	15,36	47,00	31,08	0,35
Meloupo	6,64	18,02	31,65	43,69	0,00	0,00
Tapodu	2,17	2,45	34,91	8,15	38,42	13,89
Batudaa	14,12	33,57	24,18	28,13	0,00	0,00

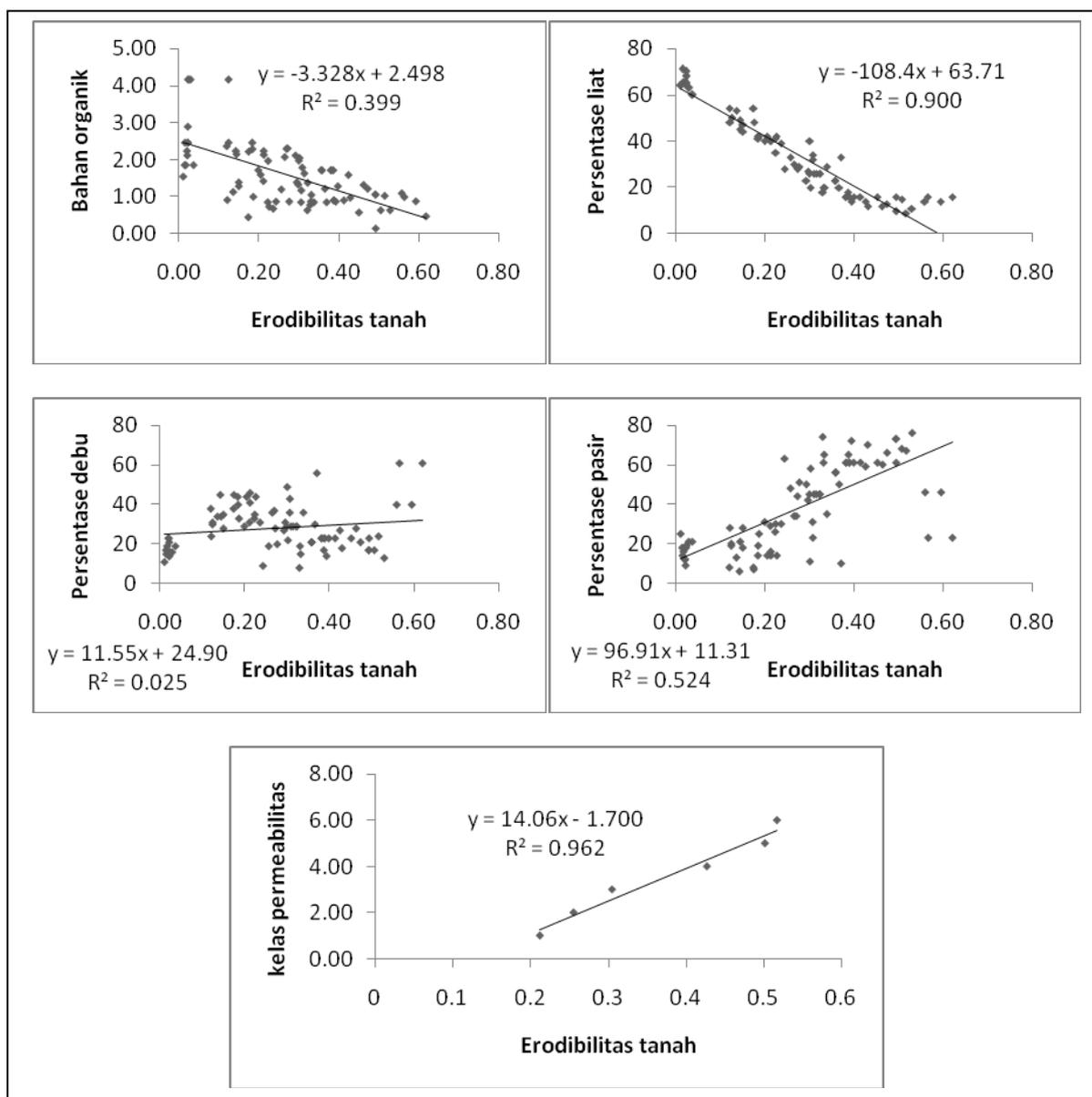
Hubungan Sifat Tanah dan Erodibilitas

Beberapa sifat tanah yang mempengaruhi erodibilitas tanah diantaranya adalah tekstur, bahan organik dan permeabilitas tanah. Gambar 2 memperlihatkan hubungan tersebut. Terkait dengan sifat tekstur tanah, kandungan liat tanah memiliki pengaruh yang paling dominan terhadap erodibilitas tanah dibandingkan dengan kandungan pasir dan debu. Secara umum dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase liat tanah maka nilai erodibilitas tanah akan cenderung semakin rendah. Seperti yang diungkapkan oleh Meyer dan Harmon (1984) bahwa tanah yang didominasi partikel halus (liat) memiliki sifat kohesif tinggi sehingga sulit terdispersi.

Kandungan bahan organik juga memiliki korelasi positif dengan nilai erodibilitas tanah. Meskipun tidak terlalu nyata, tetapi jika kandungan bahan organik semakin besar maka potensi tanah terhadap erosi akan semakin kecil. Seperti halnya partikel liat, bahan organik memiliki kemampuan dalam mengikat dan menstabilkan partikel – partikel tanah yang menjadikan agregat tanah semakin kuat dan kepekaannya terhadap erosi menjadi berkurang. Hal ini akan meningkatkan kemampuan tanah untuk bertahan dari penghancuran agregat tanah, pengangkutan partikel oleh hujan dan aliran permukaan. Wismeicher dan Mannering (1969) mengungkapkan bahwa pada umumnya, tanah dengan kandungan liat dan bahan organik tinggi memiliki kepekaan erosi yang lebih rendah. Bahan organik memiliki pengaruh dalam hal meningkatkan infiltrasi, stabilitas struktur tanah, memperlambat laju aliran permukaan, memantapkan

agregat tanah dan resistensi terhadap erosi (Arsyad, 2000; Baldock and Nelson, 2000; Bryan, 2000).

Sifat tanah lainnya adalah permeabilitas atau kemampuan tanah melewatkan air dalam tubuh tanah. Di DAS Limboto, terlihat jelas bahwa nilai erodibilitas tanah sangat dipengaruhi oleh kelas permeabilitasnya. Semakin tinggi kelas permeabilitas (semakin lambat laju permeabilitasnya) menyebabkan nilai erodibilitas semakin tinggi.



Gambar 3. Hubungan Sifat Tanah dan Erodibilitas

Tabel 4. Distribusi hubungan sifat tanah, bahan induk dan erodibilitas tanah

Jenis Tanah	Bahan Induk	Berat Isi	Pori Drainase	Permeabilitas	Potensi runoff	Tekstur	Nilai K
Typic Haplustolls	Aluvio-koluvium	tinggi	baik	lambat	tinggi	Clay loam	0,24
Typic Haplustalfs	Aluvio-koluvium	tinggi	baik	lambat	tinggi	Sandy clay loam	0,28
Pachic Haplustolls	Aluvium	tinggi	baik	lambat	tinggi	Clay loam	0,20
Aquic Haplustolls	Aluvium	tinggi	agak terhambat	lambat	sedang	Sandy loam	0,43
Ustic Endoaquepts	Aluvium	tinggi	terhambat	agak lambat	tinggi	Clay	0,17
Typic Ustropepts	Aluvium	tinggi	baik	sedang	sedang	Loam	0,56
Aeric Tropaquepts	Aluvium	tinggi	baik	lambat	tinggi	Sandy clay loam	0,57
Ustic Endoaquerts	Aluvium	tinggi	terhambat	sangat lambat	rentan longsor	Clay	0,14
Typic Haplustolls	Basalt	tinggi	baik	lambat	tinggi	Loam	0,27
Typic Haplustalfs	Basalt	tinggi	sedang	lambat	tinggi	Sandy loam	0,43
Typic Ustropept	Basalt	tinggi	baik	sedang	sedang	Loam	0,59
Typic Haplustolls	Batugamping	tinggi	baik	sedang	sedang	Sandy loam	0,47
Chromic Haplusterts	Batugamping	tinggi	baik	sangat lambat	rentan longsor	Clay	0,19
Typic Haplusterts	Batugamping	tinggi	baik	sangat lambat	rentan longsor	Sandy loam	0,39
Typic Argiustolls	Batuliat	tinggi	baik	lambat	tinggi	Sandy loam	0,41
Typic Haplustalfs	Batuliat	tinggi	sedang	lambat	tinggi	Sandy loam	0,38
Chromic Haplusterts	Batuliat	tinggi	baik	sangat lambat	rentan longsor	Clay	0,12
Typic Haplustalfs	Granodiorit/diorit	tinggi	baik	sangat lambat	tinggi	Loam	0,32
Typic Ustropepts	Granodiorit/diorit	sedang	cepat	cepat	tinggi	Sandy loam	0,53
Typic Ustropepts	Tufa berkapur	sedang	baik	lambat	tinggi	Sandy loam	0,39

Keragaman nilai erodibilitas tanah di DAS Limboto dan hubungannya dengan beberapa sifat tanah lainnya diperlihatkan pada Tabel 4. Penentuan nilai erodibilitas tanah merupakan suatu hal yang kompleks karena bukan hanya dipengaruhi salah satu sifat tanah yang dominan tetapi oleh beberapa sifat yang saling terkait. Meskipun demikian, dari Tabel 4 dapat terlihat jelas bahwa tanah dengan tekstur liat dengan nilai permeabilitas lambat – sangat lambat pada umumnya memiliki erodibilitas rendah.

Pedogenesis dan Erodibilitas

Variasi nilai erodibilitas tanah di DAS Limboto selain bisa dihubungkan dengan sifat tanahnya, bisa juga dibedakan dari bahan induk tanahnya. Subagyo et al. (2004) menyatakan bahwa bahan induk tanah sangat berpengaruh terhadap sifat – sifat tanah yang berhubungan dengan tingkat erodibilitas. Tanah berbahan induk batuliat, basalt dan granodiorit memiliki kepekaan erosi tanah yang lebih tinggi dibandingkan lainnya. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ozdemir dan Askin (2003) bahwa kepekaan tanah terhadap erosi berdasarkan bahan induk menurun berdasarkan urutan basalt > andesit > aluvial > tufa berkapur. Tanah dengan bahan induk tanah batugamping memiliki rata – rata erodibilitas yang paling rendah dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini karena tanah seperti ini memiliki kemampuan melewatkan air yang lebih cepat melalui pori – pori tanahnya yang besar.

Tabel 5. Hubungan Bahan Induk Tanah dan Erodibilitas Tanah di DAS Limboto

Bahan Induk	Faktor Erodibilitas Tanah (K)		
	Kisaran	Rata - rata	Kelas
Aluvio-koluvium	0,21 - 0,34	0,28	Sedang
Aluvium	0,01 - 0,63	0,32	Sedang
Basalt	0,27 - 0,59	0,43	Agak tinggi
Batugamping	0,01 - 0,39	0,20	Rendah
Batuliat	0,38 - 0,52	0,45	Tinggi
Granodiorit/diorit	0,32 - 0,53	0,43	Agak tinggi
Tufa berkapur	0,24 - 0,39	0,32	Sedang

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis nilai erodibilitas tanah di DAS Limboto bervariasi mulai dari sangat rendah – sangat tinggi, didominasi kelas erodibilitas agak tinggi – tinggi dengan subdas Biyonga dan Alo diprediksi memiliki potensi terbesar sebagai penyumbang sedimentasi ke Danau Limboto. Sifat tanah yang paling berpengaruh terhadap erodibilitas adalah kandungan liat dan permeabilitas. Sedangkan berdasarkan bahan induknya, tanah berbahan induk batugamping, basalt dan granodiorit umumnya memiliki tingkat erodibilitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2000. *Konservasi Tanah dan Air*. Lembaga Sumberdaya Informasi-Institut Pertanian Bogor. IPB Press. Bogor.
- Baldock, J.A., Nelson, P.N., 2000. Soil Organic Matter. In: Sumner, M.E. (Ed.), *Handbook of Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. B25– B84.
- Bappedalda Propinsi Gorontalo. 2003. Laporan I. Status Lingkungan Hidup Daerah
- BPDAS Bone-Bolango. 2004. Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Limboto. Limboto, Oktober 2004.
- Bryan, R.B., 2000. Soil Erodibility and Processes of Water Erosion on Hillslope. *Geomorphology* 32:385–415
- Dangler, E.W., and S.A. El-Swaify. 1976. Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall. *Soil Sci.Soc. Am. J.* 40: 769-773
- Meyer, LD., and W.C. Harmon. 1984. Susceptibility of Agricultural Soils to Interill Erosion. *Soil Sci. Soc.Am.J.* 8:1.152-1157
- Ozdemir, N., and Askin, Tayfun. 2003. Effects of Parent Material and Land Use on Soil Erodibility. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. Vol 166, Issue 6: 774-776
- Subagyono, K., Marwanto, C. Tafakresnanto, T. Budyastoro, dan A.Dariah. 2004. *Delineation of Erosion Areas in Sumberjaya, West Lampung*. In Refinement of Soil Conservation/Agroforestry Measures Coffee Based Farming System. Soil Research Institute. ICRAF (ASB Phase 3 Project).
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

Wischmeier, W.H., and J.V. Mannering. 1969. Relation of Soil Properties to Its Erodibility. *Soil Sci. Am. Proc.* 33:131-137

PENGUKURAN DAN EVALUASI KUALITAS AIR DALAM RANGKA MENDUKUNG PENGELOLAAN PERIKANAN DI DANAU LIMBOTO

Siti Aisyah & Luki Subehi
Pusat Penelitian Limnologi-LIPI
Email: iis_only@yahoo.com

ABSTRACT

The primary problem of Lake Limboto, Gorontalo Province are siltation and shrinkage of lake area, domestik pollutant accumulation and fish culture activities (net floating cage) . Water quality is an important key to the lives of fish and one of the important inputs to the management of fisheries activities. This study aims to measure and evaluate the water quality parameters which influenced fisheries management in Lake Limboto. Sampling was conducted in May 2012 at three locations, each observation represents the inlet, middle and outlet of the lake with horizontal stratified survey method. Parameter measurements performed in situ and laboratory analysis. The measurement results showed the depth and transfarancy are increase. pH, temperature, dissolved oxygen (DO) and suspended solids (TSS) in water L. Limboto support for fisheries activities. Value of the concentration of nitrogen compounds, phosphorus compounds and chlorophyll a decreased compared to the results of previous studies. Total organik matter is high concentrations relatively and based on the hardness, L. Limboto including soft waters.

Keywords: *measuring, evaluating, water quality, fisheries, Lake Limboto*

ABSTRAK

Permasalahan yang dihadapi oleh Danau Limboto Propinsi Gorontalo diantaranya adalah pendangkalan, pencemaran limbah domestik dan perkembangan budidaya ikan pada karamba jaring apung (KJA) yang cukup pesat. Kualitas air merupakan kunci penting bagi kehidupan ikan dan salah satu masukan penting untuk pengelolaan kegiatan perikanan. Studi ini bertujuan untuk mengukur dan mengevaluasi parameter kualitas air yang berpengaruh terhadap pengelolaan budidaya perikanan di Danau Limboto. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Mei 2012 di tiga lokasi pengamatan yang masing-masing mewakili inlet, tengah danau dan outlet dengan metode survey berstrata horizontal. Pengukuran parameter dilakukan secara insitu dan analisis laboratorium. Hasil pengukuran menunjukkan angka kedalaman dan kecerahan meningkat. Parameter pH, suhu, oksigen terlarut (DO) dan padatan tersuspensi (TSS) pada perairan D. Limboto mendukung untuk kegiatan perikanan. Nilai konsentrasi senyawa nitrogen, fosfor dan klorofil a mengalami penurunan dibandingkan hasil penelitian sebelumnya. Konsentrasi bahan organik total cukup tinggi dan berdasarkan nilai kesadahan, D Limboto termasuk perairan lunak.

Kata kunci: *pengukuran, evaluasi, kualitas air, perikanan, Danau Limboto*

PENDAHULUAN

Danau Limboto merupakan salah satu perairan dengan fungsi ekologis yang cukup penting, diantaranya untuk cadangan air, penahan banjir dan produksi ikan. Di dalam kawasan DAS Limboto terdapat Lebih kurang ada 23 anak sungai mengalir ke dalam danau Limboto. Empat sungai besar yang mengalir di DAS ini terdiri dari sungai

Bionga, sungai Molalahu, sungai Puhu, dan sungai Meluupo. Dari seluruh sungai tersebut hanya Sungai Bionga yang mengalir sepanjang tahun. Sungai ini mengalir dari mata air di daerah pegunungan di sebelah utara danau. Sungai satu-satunya yang menjadi outlet danau Limboto adalah sungai Topodu. Sungai Topodu mengalir ke arah Teluk Tomini. Sebelum masuk ke Teluk Tomini sungai bersatu dengan sungai Bolonga dan masuk ke Sungai Bone, akhirnya ke teluk Tomini.

Danau ini memiliki kedalaman antara 5 hingga 8 meter. Dari tahun ke tahun luas dan tingkat kedalamannya terus berkurang. Pada tahun 1932, luas perairan ini mencapai 7.000 ha (Lehmusluoto, 2000), dengan kedalaman maksimum 30 m (Sarnita, 1993). Tahun 1990 - 2008 kedalaman Danau Limboto rata-rata tinggal 2,5 meter dengan luas 3000 ha (<http://bankdata.gorontalo.go.id/>). Dengan demikian, telah terjadi pendangkalan yang cukup cepat di perairan ini yang mencapai 38,80 cm/tahun. Pendangkalan danau terutama diakibatkan adanya erosi dan sedimentasi akibat usaha-usaha pertanian yang tidak mengindahkan konservasi tanah dan kegiatan pembukaan hutan (*illegal logging*) di daerah hulu sungai (tangkapan air) terutama pada DAS Limboto juga kegiatan budidaya perikanan yang kurang ramah lingkungan. Menurut Krismono dkk. (2009) Danau Limboto dapat dikatakan sebagai danau yang subur dan telah mencapai tingkat eutrofik dan hipertrofik.

Beberapa fakta menunjukkan bahwa danau mempunyai potensi untuk digunakan untuk berbagai keperluan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Salah satu yang banyak terjadi adalah pengembangan perikanan dengan menggunakan teknik jaring apung dan karamba. Di satu sisi kegiatan ini dapat meningkatkan ekonomi masyarakat sekitar dari hasil pemeliharaan dan penjualan ikan, tetapi di sisi lain kegiatan ini apabila tidak terkontrol dapat menyebabkan penurunan kualitas air danau akibat dari sisa pakan ikan yang tidak termakan, atau juga akumulasi dari kotoran ikan.

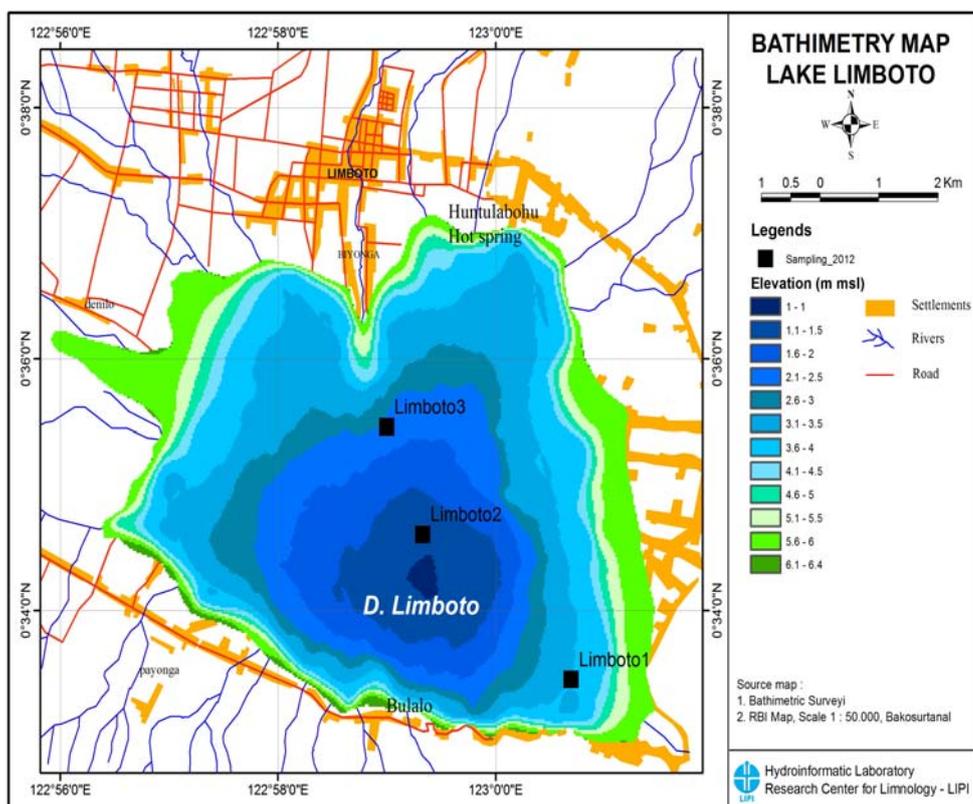
Menurut Kartamihardja (2008), tiap jenis ikan mempunyai toleransi tertentu terhadap perubahan kualitas air dan perubahan yang terjadi akan langsung mempengaruhi kehidupan ikan dan organisme yang ada. Bhukaswan (1980) mengatakan bahwa konsentrasi oksigen terlarut dalam air dianggap sebagai faktor kimia yang sangat nyata mempengaruhi distribusi ikan di dalam suatu perairan. Sedangkan distribusi ikan di suatu perairan akan mempengaruhi populasi ikan di perairan tersebut.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengevaluasi kualitas air danau dalam rangka mendukung pengelolaan perikanan di Danau Limboto.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Mei 2012 dengan pengambilan contoh air dan pengukuran kualitas air secara in situ pada beberapa stasiun di sekitar D. Limboto (Gambar 1, Tabel.1). Parameter yang diukur secara in situ adalah pH, suhu, oksigen terlarut (DO), kedalaman dan kecerahan (Secchi). Sementara parameter kualitas air yang dianalisis di laboratorium adalah nitrat, nitrit, ammonium, fosfat, kesadahan, bahan organik (TOM) dan Padatan tersuspensi (TSS) (Tabel 2). Parameter kualitas air diamati dengan metode dari Standard Method APHA (2005).



Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun Pengambilan Sampel di Danau Limboto

Tabel 1. Karakteristik Stasiun Penelitian DAS Limboto

Kode	Koordinat	Karakteristik Lokasi
Stasiun 1	N 00° 34,475' E 122° 59,214'	Merupakan daerah <i>outlet</i> , warna air keruh kecoklatan ditemukan tumbuhan air jenis eceng gondok, kangkung air. Perairan ini merupakan daerah penangkapan dengan alat tangkap sero
Stasiun 2	N 00° 34,643' E 122° 59,394'	Perairan yang luas, merupakan bagian tengah perairan danau (badan air), bebas tanaman air dengan kedalaman mencapai 2 meter.
Stasiun 3	N 00° 34,956' E 123° 00,683'	Merupakan daerah <i>inlet</i> , yaitu dari Sungai Biyonga, dengan warna air kecoklatan membawa sedimen tanah, terdapat tumbuhan air jenis eceng gondok, kangkung air dan rumput. Tidak terdapat aktivitas penangkapan.

Tabel 2. Parameter kualitas air yang diamati dan metode pengamatannya

Parameter	Metode
Fisika	
1. Suhu	Thermometer
2. Kecerahan	Secchi dish
3. Total suspended solid (TSS)	Gravimetri
Kimia	
1. pH	pH meter YSI 100
2. Oksigen terlarut (DO)	DO meter YSI 550
3. N-Nitrit	Naftilamine/Spektrofotometri
4. N-Nitrat	Brucine-sulfat/Spektrofotometri
5. N-Ammonium	Phenate/Spektrofotometri
6. P-Fosfat	Ascorbic/Spektrofotometri
7. Klorofil a	Aceton/Spektrofotometri
8. Total bahan organik (TOM)	Kalium Permanganat/Titrimetri
9. Kesadahan	Titrimetri

HASIL DAN PEMBAHASAN

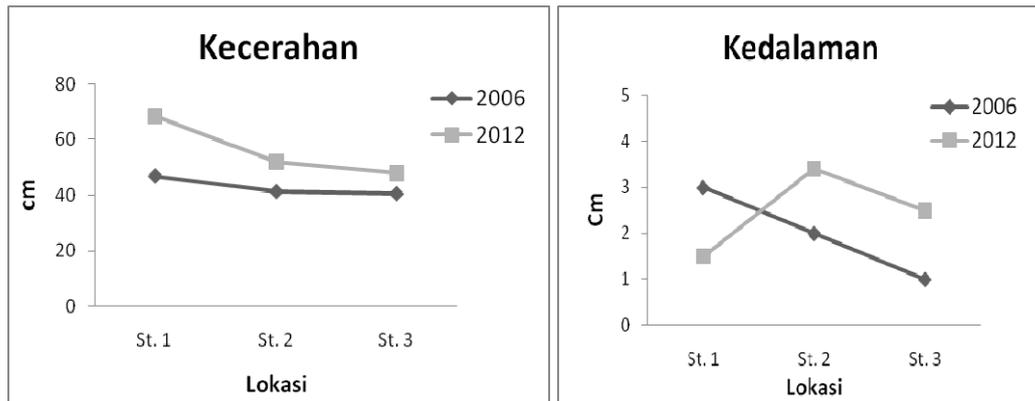
Hasil pengamatan kualitas air pada penelitian ini pada umumnya cukup baik untuk kehidupan ikan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air untuk kriteria kelas 3, kualitas air danau limboto masih memenuhi baku mutu. Karakteristik kualitas air danau limboto beserta sungai nya dapat dilihat pada Tabel 3.

Kedalaman dan kecerahan

Kedalaman kolom air pada lokasi penelitian berkisar antara 1,5 – 3,4 m. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya pada tahun 2006 yang berkisar antara 0,5 – 3,0 m (Krismono dkk., 2009). Pada Gambar 2 terlihat kenaikan terjadi pada stasiun 2 (tengah danau) dan stasiun 3 (inlet danau). Bertambahnya kedalaman kolom air pada stasiun 2 dan 3 kemungkinan disebabkan adanya pergeseran penumpukan partikel tersuspensi dan tanaman-tanaman air yang mati ke arah hilir (outlet) akibat pergerakan air (turbulensi). Kenaikan nilai kedalaman diikuti dengan peningkatan nilai kecerahan air. Nilai kecerahan dari ke tiga titik pengamatan berkisar antara 48 – 68,5 cm yang sebelumnya berkisar antara 40,5 – 46,9 cm.

Tabel 3. Data hasil pengamatan kualitas air DAS Limboto

Parameter	Satuan	Lokasi Sampling		
		Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
Fisika				
1. Kedalaman	m	1,5	3,4	2,4
2. Kecerahan	cm	68,5	52	48
3. Suhu	°C	29,7	29,5	30,3
4. TSS	mg/L	26	8,5	41,5
Kimia				
10. pH		7,09	7,67	7,45
11. DO	mg/L	3,75	3,15	4,97
12. N-NO ₂	mg/L	0,001	0,005	0,011
13. N-NO ₃	mg/L	0,128	0,063	0,128
14. N-NH ₄	mg/L	0,193	0,175	0,104
15. P-PO ₄	mg/L	0,009	0,015	0,036
16. Klorofil a	mg/m ³	3,141	19,234	21,252
17. TOM	mg/L	8,589	10,377	17,747
18. Kesadahan	mgCaCO ₃ /L	15,134	15,903	16,031



Gambar 2. Perubahan tingkat kecerahan dan kedalaman kolom air D. Limboto

Suhu

Suhu air di lokasi pengambilan sampel berkisar antara 29,5 - 30 °C. Nilai suhu optimum bagi budidaya perikanan adalah 27 - 32 °C. Dengan demikian perairan D. Limboto masih layak digunakan untuk budidaya perikanan. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya.

Total padatan tersuspensi (TSS)

Konsentrasi suspended solid atau padatan tersuspensi pada penelitian ini cukup bervariasi dan nilai tertinggi ditemukan pada Stasiun 3 (inlet) sebesar 41,5 mg/l. Peningkatan padatan terlarut dapat membunuh ikan secara langsung, meningkatkan penyakit dan menurunkan tingkat pertumbuhan ikan serta perubahan tingkah laku dan penurunan reproduksi ikan. Selain itu, kuantitas makanan alami ikan akan semakin berkurang (Alabaster dan Lloyd, 1982). Kesesuaian perairan untuk kepentingan perikanan berdasarkan nilai padatan tersuspensi ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Kesesuaian Perairan untuk Kepentingan Perikanan Berdasarkan Nilai Padatan Tersuspensi (TSS).

Nilai TSS (mg/l)	Pengaruh terhadap Kepentingan Perikanan
<25	Tidak berpengaruh
25 – 80	Sedikit berpengaruh
81 – 400	Kurang baik
>400	Tidak baik

Sumber: Alabaster dan Lloyd, 1982

Keasaman air (pH)

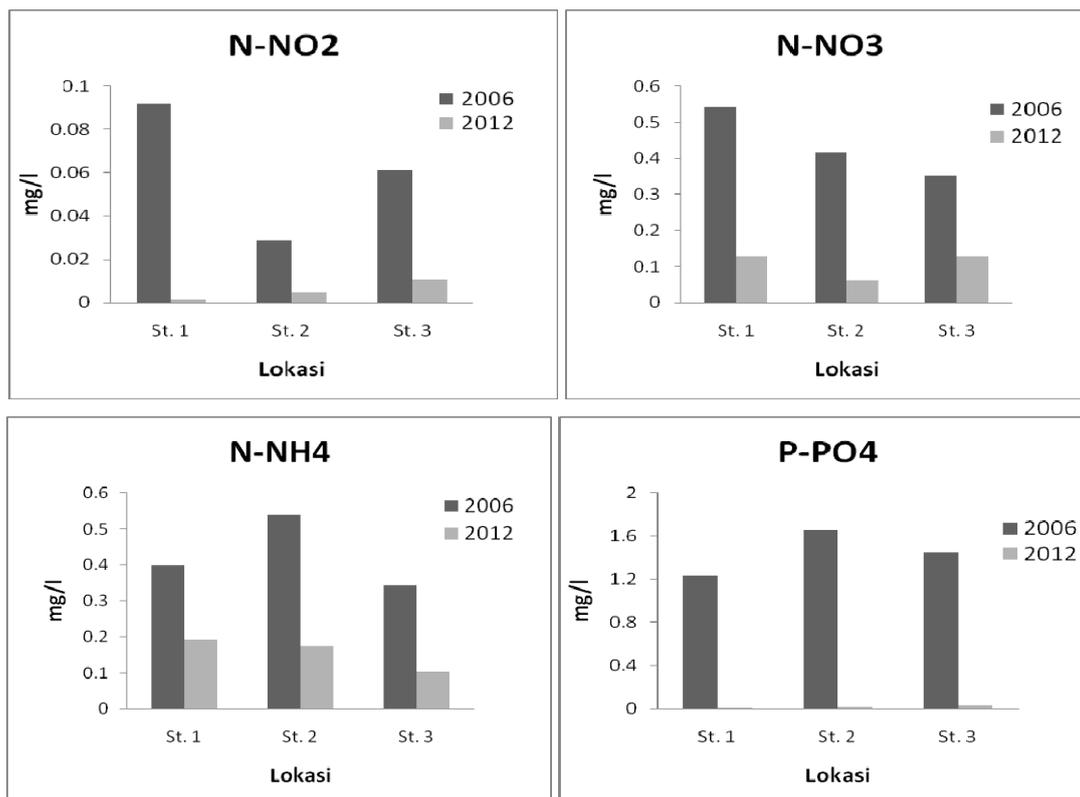
pH mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 – 8,5 (Novotny dan Olem, 1994). Nilai pH perairan D. Limboto pada penelitian berkisar antara 7,09 – 7,67. Pemeliharaan ikan di karamba dapat mempengaruhi nilai pH. Semakin banyak jumlah keramba ikan akan meningkatkan jumlah bahan organik yang terlarut dan menyebabkan nilai pH menurun (Alabaster dan Lloyd, 1982), karena konsentrasi CO₂ semakin meningkat akibat aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik. Dengan demikian berarti perairan ini aman bagi budi daya perikanan. Nilai tersebut tidak berbeda nyata dengan nilai hasil pengukuran sebelumnya.

Oksigen terlarut (DO)

Tidak kalah pentingnya dari pH, konsentrasi kelarutan oksigen juga sangat penting bagi kehidupan biota perairan. Ikan dan organisme akuatik lainnya membutuhkan oksigen terlarut dengan jumlah yang cukup. Konsentrasi oksigen pada penelitian ini berkisar antara 3,15 – 3,75 mg/l. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, nilai ini masih memenuhi persyaratan mutu air bagi peruntukan perikanan yaitu 3 mg/l (Anonimus, 2001). Kisaran nilai konsentrasi oksigen ini tergolong cukup rendah bagi perairan umum. Rendahnya konsentrasi oksigen di perairan D. Limboto disebabkan adanya proses dekomposisi bahan organik dari tumbuhan air yang telah mati dan sisa pakan yang jatuh ke kolom air. Nilai ini tidak berbeda nyata dengan hasil pengukuran sebelumnya.

Senyawa nitrogen, fosfor dan Klorofil a

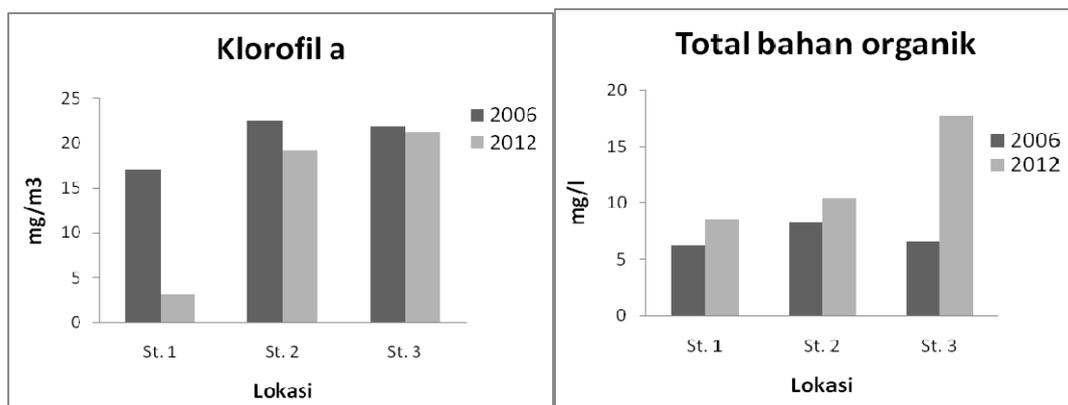
Menurut Ryding & Rast (1989) dan Wetzel (2001), parameter nitrogen dan fosfor serta klorofil a merupakan komponen penentu status trofik selain kecerahan. Amonia bersifat racun bagi ikan. Ketiga parameter tersebut pada penelitian ini mengalami penurunan dari penelitian yang dilakukan tahun 2006. Nutrien nitrogen dan fosfor di perairan D. Limboto berasal dari limbah domestik, limbah pakan ikan budidaya dalam hampang, erosi dari perbukitan sekitarnya, limbah pertanian serta hasil dekomposisi tumbuhan air yang telah mati.



Gambar 3. Konsentrasi senyawa nitrogen dan fosfor

Menurut Goldman & Horne (1983) dan Sastrawijaya (2000), fosfor dan nitrogen merupakan unsur pembatas dalam proses eutrofikasi. Kadar nitrogen yang tinggi dalam perairan dapat merangsang pertumbuhan algae secara tak terkendali (*blooming*). Amonia dihasilkan dari sekresi/ kotoran ikan. Kadar amonia optimum untuk budidaya ikan adalah dibawah 1,4 mg/l. Sementara ortofosfat merupakan bentuk fosfat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik.

Khlorofil a merupakan komponen penting yang dikandung fitoplankton dan tumbuhan air, yang mana keduanya merupakan sumber makanan alami bagi ikan. Nilai konsentrasi klorofil a pada penelitian ini berkisar antara 3,14 – 21,25 mg/m³. Ketersediaan klorofil a adalah faktor yang berpengaruh terhadap perbedaan kelimpahan ikan, sehubungan kadar klorofil a merupakan cerminan kelimpahan biomass fitoplankton yang merupakan salah satu sumber makanan ikan, terutama ikan-ikan herbivora. Secara umum nilai ini cukup tinggi. Ketersediaan kelimpahan klorofil-a di perairan merupakan sumber pakan untuk ikan-ikan herbivora.



Gambar 4. Konsentrasi Klorofil a dan TOM

Bahan organik di perairan D. Limboto terutama berasal dari limbah sisa pakan dan limbah pemukiman sepanjang DAS Limboto serta tanaman eceng gondok yang telah mati. Terjadi kenaikan konsentrasi total bahan organik pada penelitian ini dibandingkan sebelumnya. Konsentrasi bahan organik pada penelitian ini berkisar antara 8,59 – 17,75 mg/l. Nilai ini cukup tinggi untuk suatu perairan umum. Terjadi peningkatan dibandingkan penelitian sebelumnya. Hal ini kemungkinan disebabkan semakin meningkatnya masukan bahan-bahan pencemar yang berasal dari aktivitas masyarakat sekitar DAS dan aktivitas budidaya perikanan di D. Limboto.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada parameter suhu, pH, oksigen terlarut, nitrit, nitrat, dan fosfat maka kualitas air Danau Limboto mendukung untuk kegiatan perikanan. Kedalaman dan tingkat kecerahan nilainya sedikit mengalami peningkatan sementara konsentrasi senyawa nitrogen dan fosfat serta kandungan klorofil a mengalami penurunan. Kandungan TSS dan bahan organik di perairan Danau Limboto cukup tinggi. Berdasarkan konsentrasi kesadahan, Danau Limboto termasuk kriteria perairan lunak.

DAFTAR PUSTAKA

Alabaster, JS dan R Lloyd. 1982. *Water Quality Criteria for Freshwater Fish*. Second Edition. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Butterworths. London. Hal. 1-129.

- American Public Health Association (APHA), 2005, *Standard methods for the Examination of Water and Waste Water*, 21st ed. Amer, Publ. Health Association Inc, New York, 1296 p.
- Anonimus, 2001. Peraturan Pemerintah No. 21 Tahun 2001 Tentang Kriteria Kualitas Air. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Bhukaswan T., 1980, *Management of Asian Reservoir Fisheries FAO Fish*, Tech. Pap 207: 1-69.
- Goldman, C.R. and A.J. Horne, 1983. *Limnology*. McGraw Hill Book Company. New York, London, Sydney, Tokyo, Singapore. 464p.
- <http://bankdata.gorontalo.go.id/>
- Kartamihardja E.S., 2008, Perubahan Komposisi Komunitas Ikan dan Faktor-Faktor Penting yang Mempengaruhi selama 40 Tahun Umur Waduk Djuanda. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 8: 67-68.
- Krismono, Astuti L.P., & Sugianti Y., 2009, Karakteristik Kualitas Air Danau Limboto, Provinsi Gorontalo. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* 15(1) : 59-68.
- Lehmusluoto, P. 2000. Management of Lakes on tropics focus in Indonesia. Newsletter and Technical Publications Freshwater Management Series. No. 8. Proceeding of Workshop on Lake Management and Eutrophication Control of Doghu Lake
- Novotny, V. and H. Olem 1994. Water quality, prevention, identification, and management of diffuse pollution. Van Nostrans Reinhold, New York: 1054 pp.
- Ryding, S.O. and W. Rast 1989. The control of eutrophication of lakes and reservoirs. *Man and Biosphere Series*. Vol. I, The Parthenon Publishing Group: 314 pp.
- Sarnita, 1993, Laporan hasil penelitian usaha perikanan di Danau Limboto, Sulawesi Utara, Dalam: Kumpulan Hasil-Hasil Penelitian Perikanan Perairan Umum (Danau dan Waduk) Tahun 1992/1993, Sub Balai Penelitian Perikanan Air Tawar Jatiluhur, Badan Litbang Pertanian, .2: 2-23.

**KAJIAN GARIS SEMPADAN DANAU SEMAYANG-MELINTANG
UNTUK ANTISIPASI PENERAPAN
PP NO. 38 TAHUN 2011 TENTANG SUNGAI**

M. Fakhruddin, Tjandra Chrismadha dan Iwan Ridwansyah

Pusat Penelitian Limnologi LIPI

mfakhruddin@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Danau Semayang-Melintang di Kutai Kartanegara – Kaltim merupakan danau paparan banjir yang dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 38 tahun 2011 dikategorikan sebagai bagian dari sungai. Untuk upaya pengelolannya, yang mencakup aspek konservasi, pendayagunaan dan pengendalian daya rusak air, dalam PP ini ditetapkan garis sempadan danau paparan banjir mengelilingi danau berjarak paling sedikit 50 meter dari tepi muka air tertinggi yang pernah terjadi (Pasal 14). Berdasarkan hal tersebut, telah dilakukan kajian garis sempadan Danau Semayang-Melintang dengan menganalisa data-data hidroklimatologi selama 20 tahun terakhir dan analisa spasial (GIS) kondisi sekitar danau. Hasil kajian ini mencatat banjir tertinggi terjadi pada tahun 2007, yaitu tinggi muka air danau mencapai 14,54 meter dari permukaan air laut, yang berdasar interpretasi Citra Landsat tahun 2011 mencakup badan air 19.304 ha, rawa 36.265 ha, semak belukar 4.139 ha, dan pemukiman 135 ha. Areal pemukiman ini meliputi Desa Enggelam, Kahala, Semayang, Melintang, Pela, Tanjung Batug, dan Muara Siran, serta sebagian besar desa-desa yang berada di Kecamatan Kotabangun. Tujuh desa tersebut dihuni lebih dari 7.000 penduduk beserta berbagai infrastruktur, seperti sekolah (8 SD, 7 SM, dan 3 SMA), tempat ibadah (31 Masjid/Musholla), dan Puskesmas sebanyak 2 bangunan, serta infrastruktur yang lain. Hal ini memberikan gambaran implikasi yang luas, sehingga diperlukan kehati-hatian dalam penerapan garis sempadan danau sesuai dengan PP No. 38/2011 ini. Seperti juga diamanatkan dalam PP ini, penetapan garis sempadan Danau Semayang-Melintang memerlukan pertimbangan kondisi sosial budaya serta keterlibatan unsur masyarakat setempat.

Kata Kunci: *Sempadan, danau paparan banjir, Semayang-Melintang, peraturan pemerintah*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang mempunyai sekitar 500 danau besar dengan luas lebih dari 491.000 ha dengan berbagai tipe danau (danau tektonik, vulkanik, dan paparan banjir). Proses pembentukan danau ini dapat disebabkan oleh aktivitas vulkanik, tektonik, dan sungai, sehingga danau mempunyai karakteristik yang berbeda-beda.

Danau paparan banjir pada umumnya dangkal, terletak pada daerah dataran rendah yang mempunyai fluktuasi muka air yang dinamis, sehingga apabila musim penghujan luas genangannya meningkat sangat luas. Tapi ekosistem paparan banjir ini mempunyai produktivitas perikanan yang tinggi. Sedangkan pada danau vulkanik dan tektonik pada umumnya mempunyai kedalaman air yang tinggi dan fluktuasi airnya relatif kecil bila dibandingkan dengan danau paparan banjir. Selain itu, danau

volkanik/tektonik juga mempunyai waktu tinggal air dalam danau (*water retention time*) juga lama, sebagai contoh Danau Maninjau dapat mencapai 25 tahun dan konsekuensinya apabila ada pencemaran akan sukar dikendalikan (Fakhrudin, 2003). Karakteristik yang spesifik danau-danau inilah yang perlu mendapat perhatian dalam pengelolaan danau supaya hasilnya lebih optimum.

Danau Semayang-Melintang merupakan danau besar yang digolongkan ekosistem paparan banjir, dikenal memiliki produktivitas perikanan yang tinggi, sehingga berperan penting dalam kehidupan sosial ekonomi masyarakat sekitarnya. Produksi perikanan merupakan sumber utama pendapatan masyarakat di Kecamatan Muara Muntai yang berpenduduk pada tahun 2008 sebanyak 17.587 jiwa, Kecamatan Kenohan yang berpenduduk 11.893 jiwa, Kecamatan Kota Bangun dengan penduduk 29.240 jiwa, dan Kecamatan Muara Wis dengan penduduk 8.549 jiwa (Kabupaten Kutai Kartanegara Dalam Angka Tahun 2009)

Selain itu, Danau Semayang – Melintang yang terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara ini juga berfungsi sebagai pengendali banjir di daerah hilirnya, pengendali iklim mikro, habitat ikan pesut (mamalia ikan air tawar), dan tak kalah pentingnya sebagai pengendali tata air tanah sekitarnya.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2011 tentang Sungai mengamanatkan bahwa dalam pengelolaan danau khususnya danau yang bertipe paparan banjir mencakup tiga aspek, yaitu konservasi danau, pengembangan danau dan pengendalian daya rusak air danau. Langkah pertama yang perlu diidentifikasi adalah cakupan ruang danau (danau dan sempadan danau). Peraturan Pemerintah tersebut pada Pasal 14 menyatakan bahwa garis sempadan danau paparan banjir ditentukan mengelilingi danau paparan banjir paling sedikit berjarak 50 meter dari tepi muka air tertinggi yang pernah terjadi.

Garis sempadan danau ini dimaksudkan untuk berfungsi sebagai ruang penyangga antara daratan dengan danau, agar fungsi danau dan kegiatan manusia tidak saling terganggu. Menurut Peraturan Pemerintah tersebut, apabila pemerintah telah menetapkan garis sempadan suatu danau maka konsekuensinya adalah semua bangunan (kecuali bangunan prasarana sumber daya air, fasilitas jembatan/dermaga, dan jaringan pipa air, gas, listrik dan komunikasi) yang berada dalam sempadan danau maka

bangunan tersebut dinyatakan dalam status *quo* dan secara bertahap harus ditertibkan untuk mengembalikan fungsi sempadan danau.

Makalah ini merupakan bagian dari hasil kajian tentang pemanfaatan ekosistem Danau Semayang – Melintang secara terpadu. Makalah ini bertujuan untuk mengungkapkan karakteristik sempadan danau dalam kaitannya dengan implikasi PP No. 38/2011 khususnya batasan sempadan danau. Diharapkan makalah ini menjadi masukan sebelum peraturan ini diterapkan di lapangan, supaya tidak terjadi resiko social-ekonomi yang besar.

METODE

Pengumpulan Data dan Informasi

Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dengan melakukan pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan. Data sekunder didapatkan dari data yang telah dikumpulkan sebelumnya dan tersebar di beberapa instansi, antara lain: data seri curah hujan dan tinggi muka air danau didapatkan dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan III – Kaltim, Kementerian Pekerjaan Umum; peta rencana pemanfaat ruang kawasan danau berasal dari Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kaltim; data demografi dan fasilitas umum desa sekitar danau berasal dari Kabupaten Kutai Kartanegara Dalam Angka tahun 2009; dan data tutupan lahan sekitar danau berdasarkan interpretasi citra Landsat.

Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan data tinggi muka air Danau Semayang dan Danau Melintang dilakukan dengan deskripsi kuantitatif kecenderungan kejadian ekstrim (banjir dan kering). Begitu juga dilakukan untuk analisa pola hujan bulanan dan tahunan. Interpretasi citra Landsat dilakukan untuk mendapatkan informasi tutupan lahan yang ada di sekitar danau dan inventarisasi lokasi desa-desa yang ada disekitar danau. Inventarisasi desa-desa ini dimaksudkan untuk menggali lebih detail lagi mengenai aspek demografi dan fasilitas umum.

Penentuan garis sempadan danau yang mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2011 dilakukan dengan mentampalkan (*overlay*) peta genangan banjir yang terbesar sampai saat ini (tahun 2007) dan lebarnya ditambah 50 meter kearah darat dengan Peta kondisi tutupan lahan danau dan sekitarnya. Berdasarkan hasil penampalan

ini kemudian dilakukan inventarisasi jenis tutupan lahan dan desa-desa dengan segala fasilitas umumnya yang masuk dalam kawasan sempadan danau. Selain ditampalkan dengan Peta kondisi tutupan lahan danau dan sekitarnya, juga dilakukan penampalan dengan Peta rencana pemanfaatan ruang berdasarkan Rencana Tata Ruang Strategis Kawasan Danau Semayang, Melintang dan Jempang, Kaltim. Analisis spasial ini dilakukan dengan menggunakan software GIS.

KARAKTERISTIK DANAU SEMAYANG – MELINTANG

Lokasi

Secara geografis, Danau Semayang pada posisi antara $116^{\circ} 24'$ BT - $116^{\circ} 32'$ BT dan $0^{\circ} 10'$ LS - $0^{\circ} 17'$ LS, sedangkan Danau Melintang berada pada posisi antara $116^{\circ} 15'$ BT - $116^{\circ} 23'$ BT dan $0^{\circ} 10'$ LS - $0^{\circ} 20'$ LS. Area genangan Danau Semayang - Melintang secara administrasi pemerintahan membentang di lima desa dalam empat kecamatan, yaitu Desa Semayang - Kecamatan Kenohan, Desa Pela – Kecamatan Kotabangun, Desa Melintang dan Desa Enggelam Kecamatan Muara Wis dan Desa Tanjung Batuq - Kecamatan Muara Muntai. Wilayah danau tersebut seluruhnya berada di wilayah administratif Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur.

Hidrologi

Sungai Mahakam merupakan sungai yang terpanjang dan terbesar di Kalimantan Timur, dengan luas Daerah Aliran Sungai sebesar 77.700 km^2 , yang dibagi dalam 7 Sub DAS, yaitu : Sub DAS Mahakam Ulu 25.530 km^2 , Sub DAS Sungai Kedang Pahu 7.520 km^2 , Sub DAS Seberang Muara Pahu 4.980 km^2 , Sub DAS Danau Melintang dan Danau Semayang 2.430 km^2 , Sub DAS Sungai Belayan 10.350 km^2 , Sub DAS Sungai Kedang Kepala dan Sungai Kedang Rantau 20.190 km^2 dan Sub DAS Mahakam Ilir 6.910 km^2 .

Pada Sub DAS Danau Semayang dan Danau Melintang terdapat Danau Semayang, Danau Melintang, dan Danau Siran. Danau Semayang dan Danau Melintang mempunyai inlet yang mengalir sepanjang tahun, Sungai Kahala yang merupakan inlet Danau Semayang dan Sungai Enggelam merupakan inlet dari Danau Melintang, daerah tangkapan air danau dari kedua sungai ini mempunyai luas sekitar 2.247 km^2 . Pada musim penghujan inlet kedua Danau Semayang dan Danau Melintang juga berasal dari anak-anak Sungai Mahakam, sehingga secara hidrologis danau mempunyai sistem yang kompleks, yang dapat mencakup areal yang sangat luas, yaitu sekitar 48.777 km^2 . Oleh

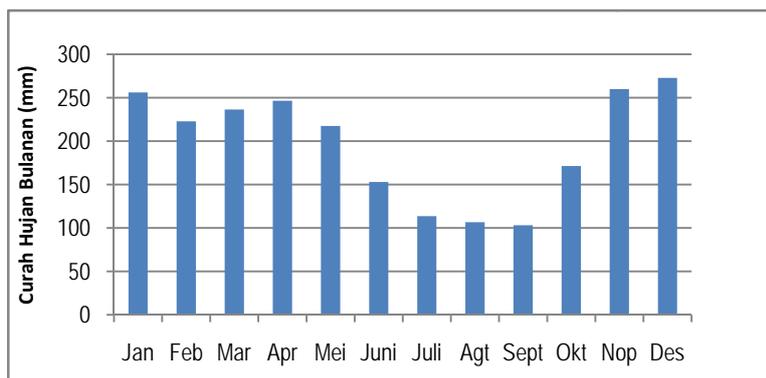
sebab itu dalam pengelolaan danau daerah cakupannya tidak dibatasi oleh batas-batas administrasi pemerintahan tapi yang menjadi pembatas wilayah adalah sistem hidrologi, yaitu mencakup seluruh daerah dimana dihubungkan oleh sistem sungai, yang ketika terjadi hujan alirannya dapat mencapai danau.

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Peta Rupa Bumi Bakosurtanal Skala 1 : 50.000 menunjukkan perairan Danau Semayang mempunyai luas permukaan air 9.132 ha, lebar maksimum 9 km, panjang maksimum 14 km. Sedangkan Danau Melintang mempunyai lebar maksimum 7 km, panjang maksimum 13 km, dan luas permukaan air 7.448 ha. Tetapi ketika musim hujan atau banjir kedua danau ini menyatu dan sangat sulit untuk dibedakan. Luasan kedua danau menjadi sangat besar bahkan dapat menyatu dengan Sungai Mahakam dan perairannya sampai ke wilayah Kotabangun bagian hulu/daratan.

Curah hujan

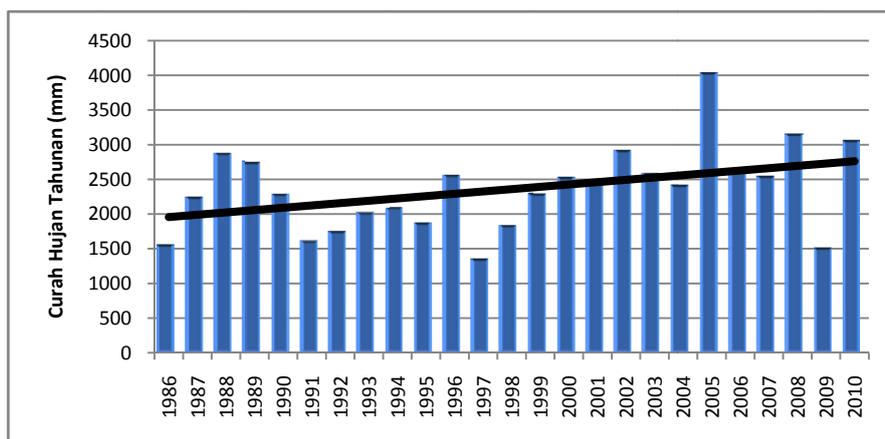
Curah hujan merupakan factor utama yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan sumber daya air, sebagai input dalam suatu system hidrologi DAS. Karakteristik curah hujan sangat menentukan respon hidrologi suatu danau, terutama pada danau-danau paparan banjir. Fluktuasi air danau sangat tergantung pada debit inlet atau curah hujan yang jatuh di daerah tangkapannya, karena pasokan air pada danau paparan banjir kontribusi air tanah relative kecil.

Berdasarkan data curah hujan yang terekam di Stasiun Kotabangun selama kurun waktu 25 tahun terakhir (tahun 1986 – 2010) yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan III – Kalimantan Timur, Kementerian Pekerjaan Umum menunjukkan bahwa curah hujan bulanan berkisar antara 103 mm sampai 273 mm. Selama setahun terjadi puncak hujan dua kali, pada bulan Desember merupakan puncak hujan yang besar yang dimulai kenaikan curah hujan yang relative besar mulai bulan Oktober dan Nopember serta naik sedikit ke bulan Desember. Bulan Januari sudah mulai turun terus sampai Maret dan bulan April meningkat, tapi bulan-bulan berikutnya turun terus sampai September (Gambar 1).



Gambar 1. Rata-rata curah hujan bulanan di Stasiun Kotabangun

Analisa data curah hujan tahunan menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi curah hujan tahunan yang cukup besar, curah hujan terendah sebesar 1.346 mm terjadi pada tahun 1997 dan tertinggi 4.036 mm terjadi pada tahun 2005. Tetapi secara keseluruhan menunjukkan bahwa curah hujan di Kotabangun terjadi kecenderungan yang semakin tinggi dari tahun ke tahun (Gambar 2.).



Gambar 2. Curah hujan tahunan pada Stasiun Kotabangun

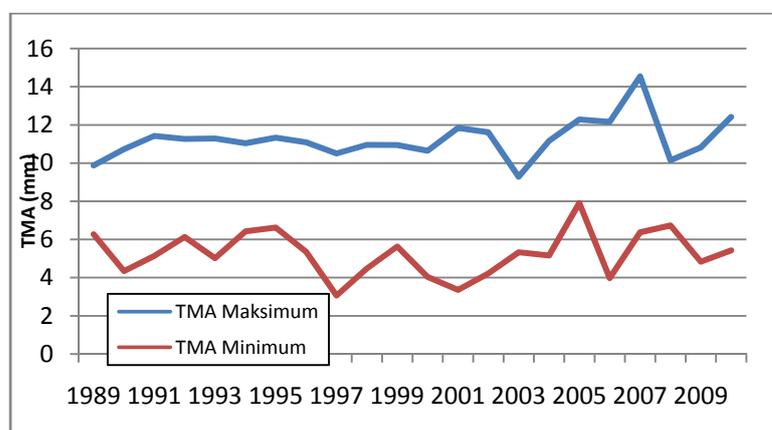
Kecenderungan curah hujan yang semakin meningkat dari tahun ke tahun ini dari satu sisi sangat menguntungkan terutama untuk menjaga ketersediaan air pada Danau Semayang dan Danau Melintang, tetapi pada sisi yang lain peningkatan curah hujan ini dapat meningkatkan sedimentasi yang terjadi di kedua danau tersebut.

KARAKTERISTIK FLUKTUASI TINGGI MUKA AIR DANAU SEMAYANG - MELINTANG

Faktor penting yang membentuk karakter danau paparan banjir adalah fluktuasi muka air danau, karena fluktuasi muka air inilah yang memegang peranan utama menstimulasi tingkat produktivitas biologi yang tinggi di perairan danau. Namun sejalan

dengan perubahan tata guna lahan di bagian hulu daerah tangkap air pola fluktuasi muka air tahunan berubah yang ditandai semakin ekstrimnya perbedaan debit maksimum dan minimum.

Hasil analisa data fluktuasi muka air danau selama kurun waktu 22 tahun terakhir (1989 – 2010) yang bersumber dari Balai Wilayah Sungai Kalimantan III – Kaltim, Kementerian Pekerjaan Umum menunjukkan bahwa tinggi muka air maksimum tahunan bervariasi terendah pada tahun 2003 sebesar 9,5 meter dan tertinggi tahun 2007 lebih dari 14 meter. Tinggi muka air maksimum relative stabil pada periode 1989 – 2002 dan periode selanjutnya fluktuasinya semakin tajam (Gambar 3). Pola fluktuasi yang lebih tajam ini juga terjadi untuk tinggi muka air minimum tahunan selama kurun waktu pencatatan data (1989 – 2010).



Gambar 3. Fluktuasi tinggi muka air Danau Semayang dan Danau Melintang

Hasil analisa data kondisi banjir-normal-surut menunjukkan bahwa durasi pada tinggi muka air surut ekstrim ($tma < 4,5$ m) terjadi pada tahun 1997 dan merupakan kondisi yang terpanjang yaitu selama 192 hari. Sedangkan kondisi banjir ekstrim ($tma > 11$ m) terpanjang terjadi pada tahun 2006, yaitu selama 63 hari (Tabel 2). Selain itu pada tahun 2006 juga merupakan tahun yang mempunyai kondisi normal tinggi muka air danau ($6 < tma < 9$ m) yang relative pendek (80 hari) dan merupakan jumlah terpendek setelah pada kondisi ekstrim kering 41 hari/tahun (tahun 1997). Atau dapat dikatakan bahwa kondisi tinggi muka air danau selama tahun 2006 mempunyai durasi yang panjang baik untuk kondisi banjir maupun surut.

Tabel 2. Karakteristik fluktuasi muka air Danau Semayang - Melintang

Tahun	Lama Hari Banjir Ekstrim	Lama Hari Banjir Sedang	Lama Hari Normal	Lama Hari Surut Sedang	Lama Hari Surut Ekstrim
	TMA > 11 m	9 < TMA < 11 m	6 < TMA < 9 m	4,5 < TMA < 6 m	TMA < 4,5 m
1989	0	57	308	0	0
1990	0	56	130	179	0
1991	29	61	243	32	0
1992	0	0	345	20	0
1993	0	44	303	18	0
1994	0	15	350	0	0
1995	11	103	262	0	0
1996	11	126	198	30	0
1997	0	55	41	77	192
1998	0	152	101	104	8
1999	0	160	186	19	0
2000	0	53	183	104	25
2001	23	158	93	65	26
2002	44	191	81	34	15
2003	0	12	284	69	0
2004	11	157	181	16	0
2005	38	94	233	0	0
2006	63	41	80	114	67
2007	58	137	170	0	0
2008	0	57	308	0	0
2009	0	78	233	54	0
2010	35	144	166	20	0

Sumber : BWS Kalimantan III - Kaltim

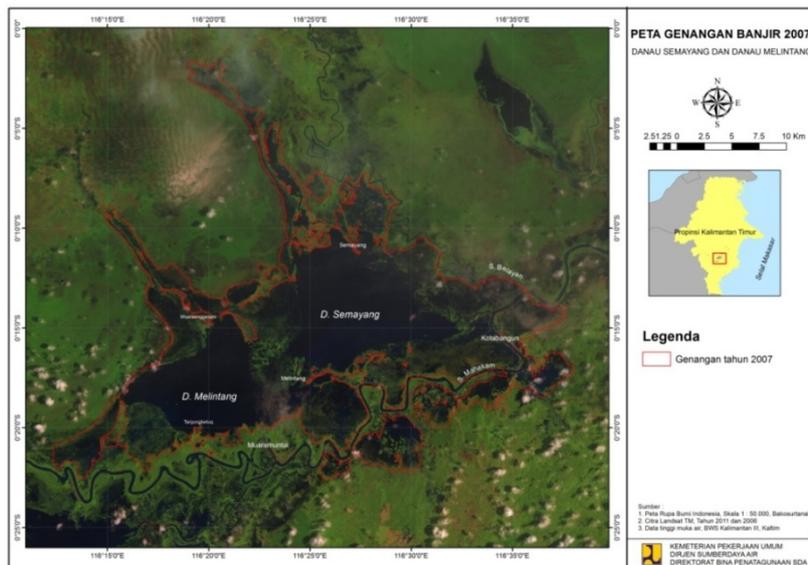
Kejadian banjir ekstrim (tinggi muka air danau lebih besar 11 meter) semakin sering terjadi, terutama setelah tahun 2000, hampir setiap tahun terjadi banjir ekstrim yang cukup lama dan pada tahun 2006 berlangsung selama 63 hari. Tetapi sebaliknya, kejadian surut ekstrim (tinggi muka air danau lebih kecil 4,5 meter) juga semakin sering dan dalam kurun waktu yang lama, pada tahun 2006 surut ekstrim berlangsung selama 67 hari. Jadi ketika banjir besar terjadi dalam kurun waktu yang lama (lebih dari dua bulan) dan sebaliknya ketika terjadi kekeringan juga berlangsung dalam waktu yang lama (lebih dari dua bulan).

Pola fluktuasi tinggi muka air danau yang ekstrim ini berdampak buruk terhadap fungsi perairan danau sebagai habitat, dimana bencana banjir kemungkinan besar menyapu bersih sumber daya habitat yang ada, sementara waktu surut yang cepat dengan periode kering yang lebih panjang tidak lagi sesuai dengan tatanan siklus hidup yang harus dijalani. Perubahan fluktuasi air juga diduga merubah struktur vegetasi yang tumbuh di perairan danau.

Perairan danau merupakan sistem yang tidak bisa dipisahkan dengan daerah tangkapan airnya, Sungai Kahala dan Sungai Enggelam serta Sungai Mahakam bagian hulu merupakan sungai yang memasok air ke perairan danau. Proses-proses hidrologi yang terjadi di daerah aliran sungai tersebut sangat mempengaruhi karakteristik debit yang dihasilkan, baik jumlah maupun distribusinya.

Hasil analisa *water yield* dari Daerah Aliran Sungai Kahala dan Daerah Aliran Sungai Enggelam menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pola debit, pada waktu musim hujan debit sungai menunjukkan angka yang besar, tapi pada musim kemarau terjadi penurunan debit. Rasio debit maksimum terhadap debit minimum yang dapat menjadi salah satu indikator kondisi DAS. Di DAS Enggelam perbandingan tersebut meningkat tajam dari 1,1 menjadi 5,6 (peningkatan rasio 4,5), selama kurun waktu tahun 1989 - 2004. Sedangkan di wilayah DAS Kahala juga terjadi peningkatan rasio debit maksimum terhadap debit minimum dari 5,9 menjadi 8,9 (peningkatan rasio 3,0) (Fakhrudin, dkk, 2006). Pada saat ini, peningkatan rasio debit maksimum terhadap debit minimum ini diduga semakin tinggi, hal ini karena sejalan dengan perubahan penggunaan lahan, khususnya berkurangnya hutan menjadi areal non hutan atau meningkatnya areal tanah terbuka yang disiapkan untuk areal perkebunan di DAS Kahala dan DAS Enggelam.

Demikian juga yang terjadi secara umum pada sungai Mahakam. Semakin menurunnya debit minimum pada inlet Danau Semayang dan Danau Melintang telah menyebabkan tinggi muka air danau yang sangat rendah dan periode tertentu tinggal menyisakan air pada alur-alurnya saja. Sebaliknya peningkatan debit maksimum menyebabkan tinggi muka air danau melampaui kapasitas maksimum cekungan danau dan meluas hingga bersatu dan bahkan melebihi batas sungai Mahakam seperti yang pernah terjadi pada tahun 2007 (Gambar 4).



Gambar 4. Kondisi Danau Semayang - Melintang saat banjir tahun 2007

Peningkatan rasio yang tinggi ini diduga sebagai akibat telah terjadi perubahan penggunaan lahan, yaitu berkurangnya areal hutan dan sebaliknya terjadi peningkatan areal semak belukar atau lahan terbuka. Perubahan ini mempunyai dampak terhadap daya intersepsi curah hujan, penguapan, dan daya serap air ke dalam lapisan tanah, sehingga bila terjadi hujan sebagian besar menjadi aliran permukaan, dan sedikit yang menyerap ke dalam permukaan tanah.

Selain itu, faktor meteorologi khususnya curah hujan juga telah berubah polanya. Hasil analisa curah hujan deras sela kurun waktu yang panjang (14 tahun) pada Stasiun curah hujan di Kotabangun dan Melak Ulu menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pola hujan deras, dari tahun ke tahun mempunyai kecenderungan semakin tinggi. Hal ini mempunyai arti bahwa intensitas hujan semakin tinggi dari tahun ke tahun sehingga meningkatkan jumlah aliran permukaan yang tidak mampu lagi diserap oleh permukaan tanah.

ANALISA SEMPADAN DANAU SEMAYANG MELINTANG DALAM KAITANNYA DENGAN PP NO. 38/20011 TENTANG SUNGAI

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2011 tentang Sungai mengamanatkan bahwa dalam pengelolaan danau diperlukan identifikasi cakupan ruang danau (danau dan sempadan danau). Peraturan tersebut pada Pasal 14 menyatakan bahwa garis sempadan danau paparan banjir ditentukan mengelilingi danau paparan banjir paling sedikit berjarak 50 meter dari tepi muka air tertinggi yang pernah terjadi.

Pada kasus Danau Semayang dan Danau Melintang maka batasan sempadan kedua danau ini adalah saat banjir besar seperti kejadian banjir tahun 2007 ditambah 50 meter. Berdasarkan interpretasi tersebut maka sempadan Danau Semayang - Melintang menjadi sangat luas (Gambar 4).

Hasil interpretasi Citra Landsat tahun 2011 menunjukkan penggunaan lahan di sekitar danau yang diperkirakan terendam pada saat banjir besar (tahun 2007), yang sebagian besar berupa rawa-rawa, kemudian semak belukar dan sebagian kecil berupa areal pemukiman. Ketinggian muka air danau tertinggi pada tahun 2007 sebesar 14,54 meter dijadikan acuan dalam penentuan sempadan danau maka konsekuensinya sangat luas baik cakupan areal maupun potensi permasalahan. Cakupan penggunaan lahan yang berada sampai level air tersebut, meliputi : badan air 19.304 ha, rawa 36.265 ha, semak belukar 4.139 ha, dan pemukiman 135 ha. Pada areal pemukiman ini terdiri dari Desa Enggelam, Kahala, Semayang, Melintang, Pela, Tanjung Batug, dan Muara Siran, serta sebagian besar desa-desa yang berada di Kecamatan Kotabangun.

Pada desa-desa tersebut (belum termasuk desa-desa yang berada di Kecamatan Kotabangun) penduduknya lebih dari 7.000 jiwa, terdapat SD 8 sekolah, SMP 7 sekolah, dan SMA sebanyak 3 sekolah, tempat ibadah 31 Masjid/Musholla, dan Puskesmas sebanyak 2 bangunan, serta infrastruktur yang lain. Sehingga pilihan sempadan Danau Semayang dan Danau Melintang yang mencakup areal tersebut sangat sulit untuk dilaksanakan. Tetapi dalam Peraturan tersebut disebutkan pula dalam penetapan garis sempadan kawasan danau, pemerintah daerah dalam hal ini gubernur harus mempertimbangkan karakteristik geomorfologi sungai, kondisi sosial budaya masyarakat setempat, serta memperhatikan jalan akses bagi untuk keperluan kegiatan operasi dan pemeliharannya. Sehingga dalam penetapan garis sempadan Danau Semayang dan Danau Melintang dimungkinkan mempertimbangkan kondisi saat ini, supaya tidak menimbulkan dampak sosial.

Analisa pola ruang kawasan Danau Semayang dan Danau Melintang berdasarkan Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Tiga Danau Provinsi Kalimantan Timur tahun 2010-2030 menunjukkan beberapa hal yang perlu dipertimbangkan lagi sebelum Pola Ruang ini ditetapkan menjadi Perda Provinsi Kaltim. Berdasarkan rancangan pola ruang ini areal yang berada antara Danau Semayang dan Danau Melintang dijadikan areal pemukiman, padahal areal ini akan terendam pada musim

penghujan dan kondisi ini tidak sejalan dengan PP No. 38 tahun 2011 khususnya mengenai sempadan danau. Selain itu, pengembangan pemukiman ditepi danau ini sangat berpotensi terhadap pencemaran rumah tangga. Oleh karena itu, sebaiknya pengembangan areal pemukiman dialihkan ke lokasi lain.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan dalam Rencana Tata Ruang tersebut adalah rencana penetapan pola ruang dalam kawasan/ sempadan danau untuk areal perkebunan. Apabila areal untuk perkebunan ini dilaksanakan maka dapat mengancam kelestarian danau, karena pertama, pada umumnya perkebunan Kelapa Sawit yang tanaman boros air, sehingga kondisi ini akan meningkatkan kondisi kekeringan ekstrim; kedua, dalam proses pengolahan tanah akan berpotensi meningkatkan sedimentasi di danau; ketiga, apabila dalam pengolahan tanaman menggunakan pupuk dan pembasmi hama maka dapat menimbulkan pencemaran di perairan danau. Oleh karena itu, perlu kajian yang komprehensif dan kehati-hatian apabila daerah sekitar Danau Semayang dan Danau Melintang akan diperuntukkan lahan perkebunan.

KESIMPULAN

Kondisi ekstrem tinggi muka air di Danau Semayang – Melintang semakin besar, ketika surut terjadi dalam jangka waktu lama dan ketika banjir semakin tinggi dengan durasi yang lama.

Penerapan batas garis sempadan danau sesuai dengan PP No. 38/2011 di Danau Semayang – Melintang akan menimbulkan resiko social ekonomi yang sangat luas, sehingga perlu kehati-hatian dan mempertimbangkan kondisi social budaya serta karakteristik fluktuasi air pada ekosistem paparan banjir.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Edisi-5. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 629 p.
- Badjoeri & Lukman. 1998. Pemanfaatan tumbuhan air kumpai dari Danau Semayang sebagai pakan sapi. Dalam: Anonimous, Rehabilitasi Lingkungan Danau Semayang. PEP-LIPI. Pp. 125-134.
- Dinas Pekerjaan Umum, Provinsi Kaltim, 2011. Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Tiga Danau Provinsi Kalimantan Timur

- Fakhrudin, 2003. Kajian Ekohidrologi Sebagai Dasar Untuk Pengelolaan Danau Maninjau Sumatera Barat. Prosiding Seminar Nasional Limnologi : Optimalisasi Fungsi danau Sebagai Mikrokosmos, Perhimpunan Biologi Indonesia – Fak. Biologi UGM, Yogyakarta.
- Fakhrudin, dkk, 2006. Kajian Water Balance Sebagai Dasar Pengelolaan Danau Semayang–Melintang Kutai Kartanegara. Prosiding Seminar Nasional Perubahan Iklim dan Lingkungan, LAPAN Bandung.
- Kosman Anwar, Lukman dan Gunawan. 1997. Pola Fluktuasi Muka Air Danau Semayang Sebagai Indikator Penetapan Pemanfaatan Lahan Surutan. Puslitbang Ekonomi dan Pembangunan LIPI Jakarta. Pp. 1-12.
- Lukman dan Gunawan, 1998. Lake Semayang and Melintang, east Kalimantan, as The Habit of Freshwater Dolphin Rehabilitasi Lingkungan Danau Semayang.
- Purnomo, K. H. Satria. Dan A. Azizi . 1994. Keragaan Perikanan Di Danau Semayang dan Melintang, Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Perikanan Air Tawar 1992/1993 Sukamandi, 24-26 Mei 1993. Balai Penelitian Perikanan Air Tawar, Puslitbang Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. hal 299-308
- Peraturan Pemerintah (PP) No. 38 tahun 2011 tentang Sungai
- Puslit Limnologi LIPI. 2005. Kajian Sedimentasi Danau Semayang dan Danau Melintang Kutai Kartanegara. Kerjasama antara Puslit Limnologi LIPI dengan Balitbangda Kutai Kartanegara Tenggarong. Cibinong-Bogor.
- Puslit Limnologi LIPI. 2006. Kajian Ekohidrologi Sebagai Dasar Penetapan Pola Pengelolaan Danau Limboto Secara Terpadu. Kerjasama antara Puslit Limnologi LIPI dengan SKNVT Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Gorontalo – Dep. PU.

**PRELIMINARY STUDY ON REMOTE SENSING TECHNIQUES
TO ESTIMATE WATER QUALITY PARAMETERS
AT LAKE MANINJAU AND SINGKARAK**

**Fajar Setiawan¹, Luki subehi¹, Hendro Wibowo¹, Bunkei Matsushita²,
Takehiko Fukushima²**

¹Research Centre for Limnology, Indonesian Institute of Sciences,
Cibinong, Bogor, 16911

²Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,
Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan
fajar@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Danau sebagai komponen dari sumberdaya air mempunyai peranan yang penting untuk mendukung kegiatan pertanian, perikanan, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pemenuhan kebutuhan air bersih domestik serta pariwisata. Pemantauan kualitas air dalam rangka pengelolaan danau sangat diperlukan karena kondisi danau yang sangat dinamis akibat perubahan iklim maupun kegiatan antropogenik. Akan tetapi kegiatan pemantauan tersebut menghadapi kendala berupa lokasi danau yang jauh, keterbatasan sumberdaya manusia, serta dukungan pembiayaan, sehingga perlu dikembangkan metode/teknik untuk menduga nilai parameter kualitas air danau yang lebih cepat, akurat dan murah. Dalam studi ini, data penginderaan jauh (MERIS) dan metode SAMO-LUT (semi-analytical model-optimizing and look-up-table) digunakan untuk menduga kandungan klorofil a (Chl-a), konsentrasi tripton (TR), koefisien absorpsi CDOM (colored dissolved organic matter) pada panjang gelombang 440 nm dan kedalaman Secchi (SD). Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Chl-a di danau maninjau dan singkarak berkisar antara 35 s.d 45 mg m⁻³ dan 2.5 s.d 10 mg m⁻³. Konsentrasi tripton berkisar antara 2.5 s.d 5.5 g m⁻³ dan dari 0 s.d 6.5 g m⁻³. Koefisien absorpsi dari CDOM untuk panjang gelombang 440 nm di danau maninjau berkisar antara 0.05 s.d 0.7 m⁻¹, sedangkan di danau Singkarak berkisar dari 0.3 s.d 1 m⁻¹. Meskipun hasil ini belum di validasi dengan pengukuran lapangan, terlihat bahwa algoritma yang dibangun mampu memberikan hasil yang meyakinkan. Sedangkan algoritma untuk pendugaan kedalaman secchi (SD) menunjukkan korelasi yang tinggi antara pendugaan dan pengukuran lapangan (r²=0.985). Hasil ini menunjukkan bahwa tehnik penginderaan jauh merupakan metode pemantauan kualitas air danau yang lebih cepat, akurat, meyakinkan serta dengan biaya yang lebih murah.

Kata kunci : penginderaan jauh, kualitas air, SAMO-LUT, danau, maninjau, singkarak

ABSTRACT

Lake as a component of water resources plays an important role to support agriculture, fisheries, hydropower, domestic and tourism activities. The high dynamic changes in climatic and anthropogenic require the monitoring of water quality parameters for lake management. To the contrary, the remote locations, limitations in human resources and financial support are the problems in lake management. Therefore, it is necessary to develop faster, accurate and less expensive methods/techniques to estimate water quality parameters in lakes. In this study, remote sensing data with a SAMO-LUT (semi-analytical model-optimizing and look-up-table) method were proposed to estimate chlorophyll a (Chl-a) concentration, tripton concentration (TR), absorption coefficient at 440 nm of CDOM (colored dissolved organic matter) and Secchi Depth (SD) at lakes Maninjau and Singkarak. The results shows that the Chl-a concentrations at lakes Maninjau and Singkarak ranged from 35 to 45 mg m⁻³ and from 2.5 to 10 mg m⁻³, respectively. At the same time, the tripton concentrations at lakes Maninjau and Singkarak ranged from 2.5 to 5.5 g m⁻³ and from 0 to 6.5 g m⁻³, respectively. The absorption coefficient of CDOM for 440 nm at Lake Maninjau ranged from 0.05 to 0.7 m⁻¹, while at Lake Singkarak ranged from 0.3 to 1 m⁻¹. Although these results havenot yet been validated with the in situ measurements, it seems that the

algorithm could give the reasonable results. In addition, the SD algorithm showed high correlation between estimation and measurement ($r^2=0.985$). These results suggest that remote sensing techniques can provide a faster, reasonable as well as low cost method to monitor water quality in lakes.

Keywords: remote sensing, water quality, SAMO-LUT, lake, maninjau, singkarak,

INTRODUCTION

Lake as a component of water resources plays an important role to support agriculture, fisheries, hydropower, domestic and tourism activities. Lake Maninjau and Singkarak in Indonesia have a multifunction for hydropower, fisheries, irrigation and also tourism. Those functions cause many peoples rely their life on the lake. Integrated lake management becomes important to optimize and sustain the existing lake functions. Information about the lake is a key in determining the form of management that should be done.

Accelerated eutrophication of inland water is becoming a significant environmental issue all over the world (Ayres *et al.*, 1996). The sustainable management of freshwater ecosystems requires the routine monitoring of water quality. However, the coupled spatial and temporal heterogeneity of water bodies have an inadequate monitoring and characterization of water quality using conventional sampling methods (Khorram *et al.*, 1991; Liu *et al.*, 2003). Consequently a combined approach utilizing the spatial and temporal coverage of remote sensing with conventional water sampling provides a potentially effective solution for monitoring freshwater ecosystems. From the remote sensing perspective, aquatic environments can be classified as either case I or case II waters (Morel & Prieur, 1977). Case I waters are those dominated by phytoplankton (e.g. open ocean), while case II waters contain tripton, dissolved organic matter in addition to phytoplankton. It has been shown that concentrations of total suspended solids (TSS) and organic matter are not correlated with chlorophyll a concentration in both coastal and inland case II waters (Gin *et al.*, 2003; Nichol, 1993).

Lake Maninjau and Singkarak as the study site are source of hydropowers with 4 x 17 MWatt (68 MWatt) and 4 x 43,75 MWatt (175 MW) capacity, respectively, they are about 14.2% of total hydropower plant in whole of Sumatera Island. The high dynamic changes in climatic and anthropogenic are highly affect the fresh water condition, especially in lake Maninjau and Singkarak. It requires the monitoring of water quality parameters for lake management. Continuous long-term observations of those large

lake, is most important for regional climate impact studies and environmental lake monitoring. To the contrary, the remote locations, limitations in human resources and financial support are the problems in lake management. Therefore, it is necessary to develop a faster, accurate and less expensive methods/techniques for estimating water quality parameters in the lakes.

The major water constituents, which determine the lake and surrounding ecology and the bio-geochemical budget and those concentration and distribution can be determined by optical remote sensing are suspended matter, phytoplankton and Gelbstoff. Suspended matter is defined as a combination of inorganic particles and detritus, present due to re-sedimentation and advection processes, atmospheric inputs, and dead material of plankton. Gelbstoff consists of various polymerised dissolved organic molecules which are formed by the degradation products of organisms. All these constituents have different optical properties, but there are similarities in their spectral scattering and absorption coefficients, as seen in Fig. 1.

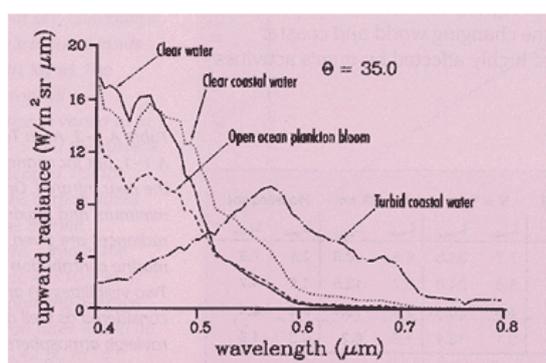


Fig. 1. Simulated multispectral radiances for a spectral resolution of 5 nm just above the water surface (<https://earth.esa.int>)

The upward radiance at any visible wavelength is composed of contributions from all suspended matter substances. The graph above shows simulated multispectral radiances for different ocean waters. Suspended matter usually enhances the upward radiances through reflection within the visible spectrum, while Gelbstoff reduces these radiances mainly in the blue.

This radiative model can be used to convert the optical properties of the water constituents into the pigment or suspended matter concentration units while robust algorithms have been developed with global applicability. The accuracy of the results strongly depends on the precision of the atmospheric correction procedure. SAMO-LUT

(semi-analytical model-optimizing and look-up-table) method was proposed to address these two challenges. The SAMO-LUT method is based on three previous semi-analytical models to estimate chlorophyll a, tripton and CDOM.

Remote sensing is an acquisition of information about an object or phenomenon without making physical contact with the object, one of remote sensing satellite is MERIS (**M**edium **R**esolution **I**maging **S**pectrometer). MERIS is a programmable, medium-spectral resolution, imaging spectrometer operating in the solar reflective spectral range. Fifteen spectral bands can be selected by ground command. The waveband range from Visible to Near Infrared (VIS-NIR) consist of 15 bands selectable across range: 390 nm to 1040 nm (bandwidth programmable between 2.5 and 30 nm). MERIS has 3 days temporal resolution and the spatial resolution is 300 m at the lowest.

METHODS

Remote sensing data with a SAMO-LUT method were proposed to estimate chlorophyll a (Chl-a), tripton concentration (TR), absorption coefficient at 440 nm of CDOM (colored dissolved organic matter) and Secchi Depth (SD) at lakes Maninjau and Singkarak. The spectral total absorption coefficient, $a(\lambda)$, is usually expressed as the sum of the constituents' absorption coefficients, as follows:

$$a(\lambda) = a_w(\lambda) + [Chl-a]a^*_{ph}(\lambda) + [TR]a^*_{tr}(\lambda) + [CDOM]a^*_{CDOM}(\lambda) \dots\dots\dots(1)$$

where [Chl-a] and [TR] denote concentrations of chlorophyll a and tripton, respectively; [CDOM] denotes the absorption of CDOM at 440 nm; $a_w(\lambda)$ is the absorption coefficient of pure water; and $a^*_{ph}(\lambda)$, $a^*_{tr}(\lambda)$ and $a^*_{CDOM}(\lambda)$ are specific absorption coefficients for phytoplankton, tripton and CDOM, respectively. The spectral total backscattering coefficient is expressed as the sum of the backscattering coefficients for each constituent in water except for CDOM, as follows:

$$b_b(\lambda) = b_{b,w}(\lambda) + [Chl-a]b^*_{b,ph}(\lambda) + [TR]b^*_{b,tr}(\lambda) \dots\dots\dots(2)$$

where $b_{b,w}(\lambda)$ is the backscattering coefficient of pure water, and $b^*_{b,ph}(\lambda)$ and $b^*_{b,tr}(\lambda)$ are the backscattering coefficients for phytoplankton and tripton, respectively (Yang *et al.*, 2011).

SD was estimated from in situ remote-sensing reflectance using the Meylins Model developed in Japan (Meylins, 2012) with the equations :

For clear waters (i.e., SD larger than 1 m):

$$SD-1= 0.455(B5/B3)+1.212B5+0.677(B1/B2)-1.032..... (3)$$

For turbid waters (i.e., SD less than 1 m):

$$SD-1=0.316(B9/B7)-15.256B9+4.153(B7/B5)-0.881 (4)$$

where B1, B2, B3, B5, B7 and B9 denote the MERIS band 1 (412 nm), band 2 (443 nm), band 3 (490 nm), band 5 (560 nm), band 7 (665 nm), and band 9 (705 nm), respectively.

Three MERIS image was collected at both location (Maninjau and Singkarak) with the cloud noise condition mentioned in Table.1 and Figure 2.

Table.1. MERIS Image cloud condition

date	Lake Maninjau	Lake Singkarak
July 18, 2011	totally clear;	totally clear;
July 20, 2011	10% cloud;	totally clear;
July 23, 2011	totally cloudy.	5% cloud.

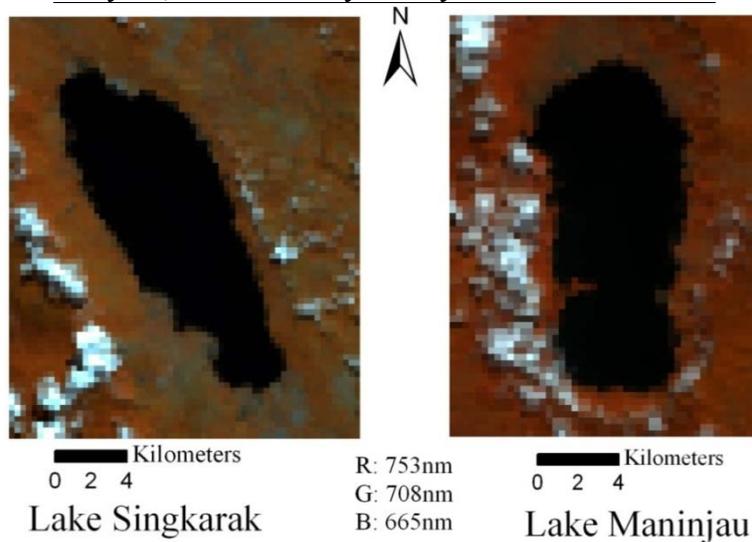


Fig 2. MERIS data for Lakes Singkarak and Maninjau (July, 18, 2011)

Field survey for spectral reflectance measurement was conducted on July 2011 with 3 and 4 stations for lake Maninjau and Singkarak, respectively, as seen in Figure 3. The physical dimension of both lakes can be seen in Table 2.

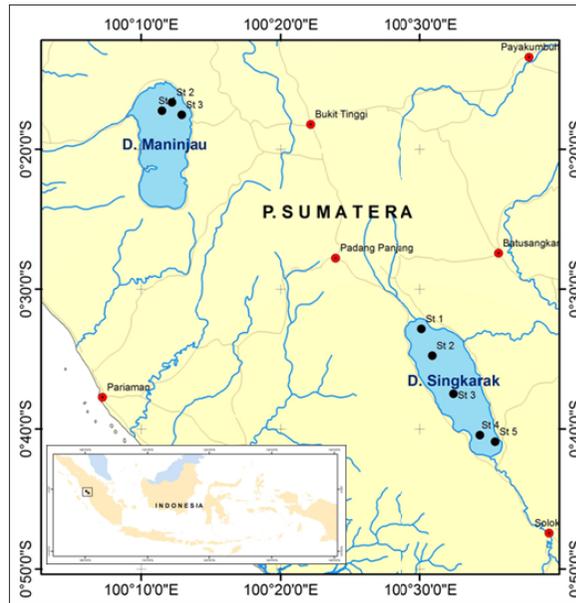


Fig.3. Distribution of sampling sites

Table.2 . Physical Dimension

Physical Dimension		
	Maninjau	Singkarak
Longitude	100,15 E to 100,23 E	100,48 E to 100,60 E
Latitude	-0,25 S to -0,40 S	-0,53 S to -0,70 S
type	tectono volcanic	tectonic
surface area (km ²)	97,4	107,8
maximum depth (m)	168	268
length (km)	16,46	21
width (km)	7,5	7
mean depth (m)	105	136
bottom (msl)	295,1	94
water level (msl)	463,1	362
length of shore line (km)	52,7	61
volume (km ³)	10,33	16.1
residence time (years)	25	n.a
water use	hydropower 68 MW, fishery, irrigation, domestic, tourism	hydropower 175 MW, fishery, irrigation, domestic, tourism

RESULT AND DISCUSSION

Spectral observation survey

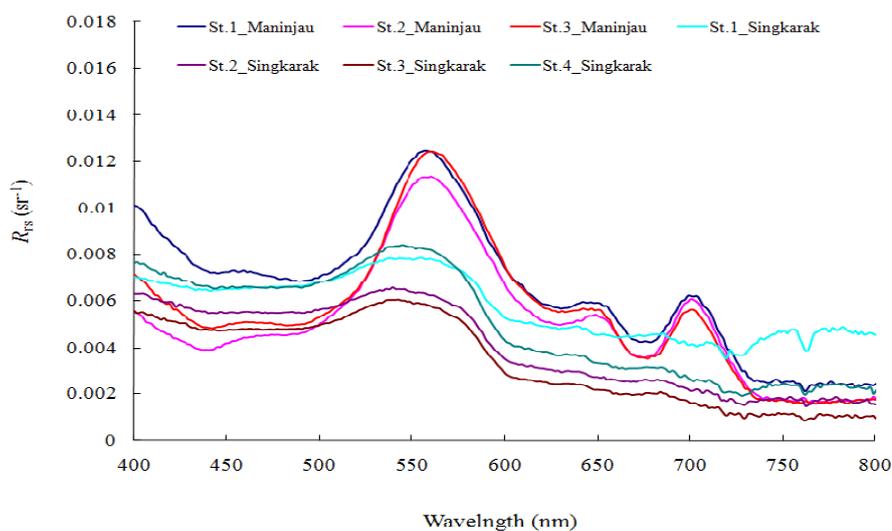


Fig. 3. Remote-sensing reflectance at seven observation sites

From Figure 3 can be seen that remote-sensing reflectance in Lake Maninjau is larger than that in Lake Singkarak. This indicates that there are more suspended solids in Lake Maninjau than in Lake Singkarak. In lake Maninjau, a reflectance trough near the wavelength of 630 nm and a small reflectance peak near 650 nm, indicates that phytoplankton species are dominated by cyanobacteria. This is because the absorption features caused by phycocyanin, which present primarily in cyanobacteria (Figure 4a). In lake Singkarak, the reflectance is dramatically increased due to the existence of submerged macrophyte, as shown in photo in Figure 4b.



(4a)



(4b)

Fig. 4a. Cyanobacteria in Lake Maninjau, Fig 4b. Lake Singkarak with macrophyte

The preliminary studies results showed that the Chl-a concentrations at lakes Maninjau and Singkarak ranged from 35 to 45 mg m⁻³ and from 2.5 to 10 mg m⁻³, respectively, as seen in Figure 5.

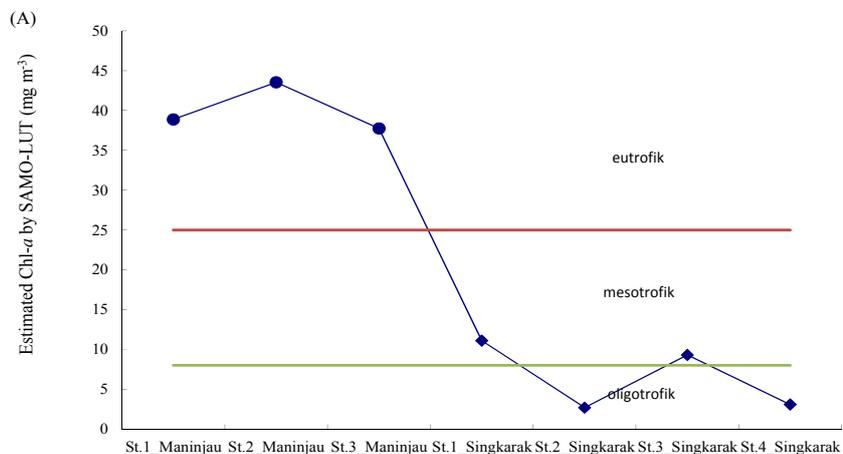


Fig. 5. Estimated Chl-a by SAMO-LUT

The tripton concentrations at lakes Maninjau and Singkarak ranged from 2.5 to 5.5 g m⁻³ and from 0 to 6.5 g m⁻³, respectively, as seen in Figure 6.

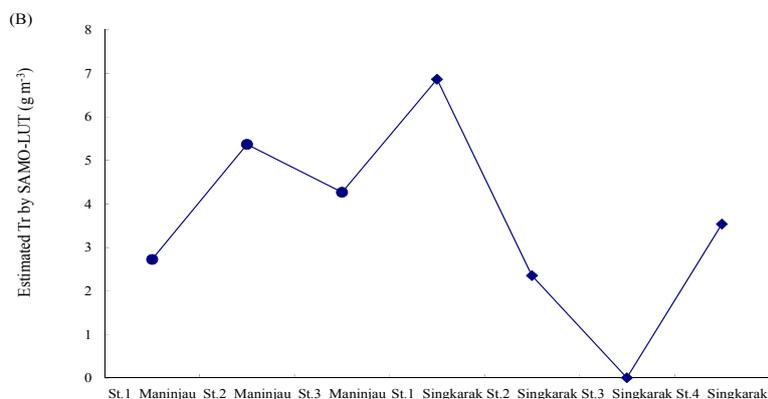


Fig. 6. Estimated Tripton by SAMO-LUT

The absorption coefficient of CDOM for 440 nm at Lake Maninjau ranged from 0.05 to 0.7 m⁻¹, while at Lake Singkarak ranged from 0.3 to 1 m⁻¹, as seen in Figure 7.

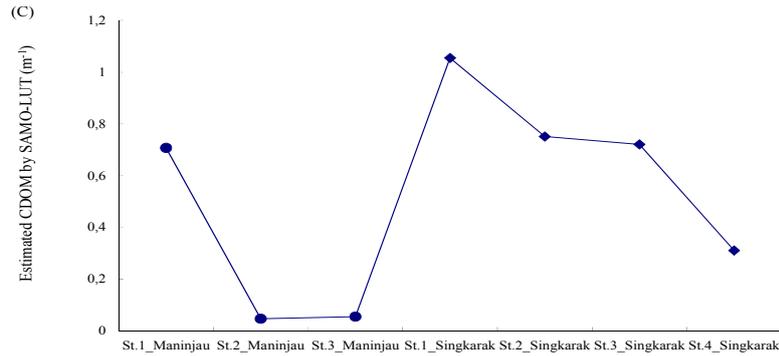


Fig. 7. Estimated CDOM by SAMO-LUT

The algorithm of water quality parameters estimation (Chl-a, TR and CDOM), then will be used to estimate the water quality parameters of all water bodies at both lakes. This step were use to map the spatial distribution of water quality condition, so that a more detailed spatial analysis can be performed, not only point by point but also in whole water bodies. The Distribution map of water quality parameters can be seen in Figure 8.

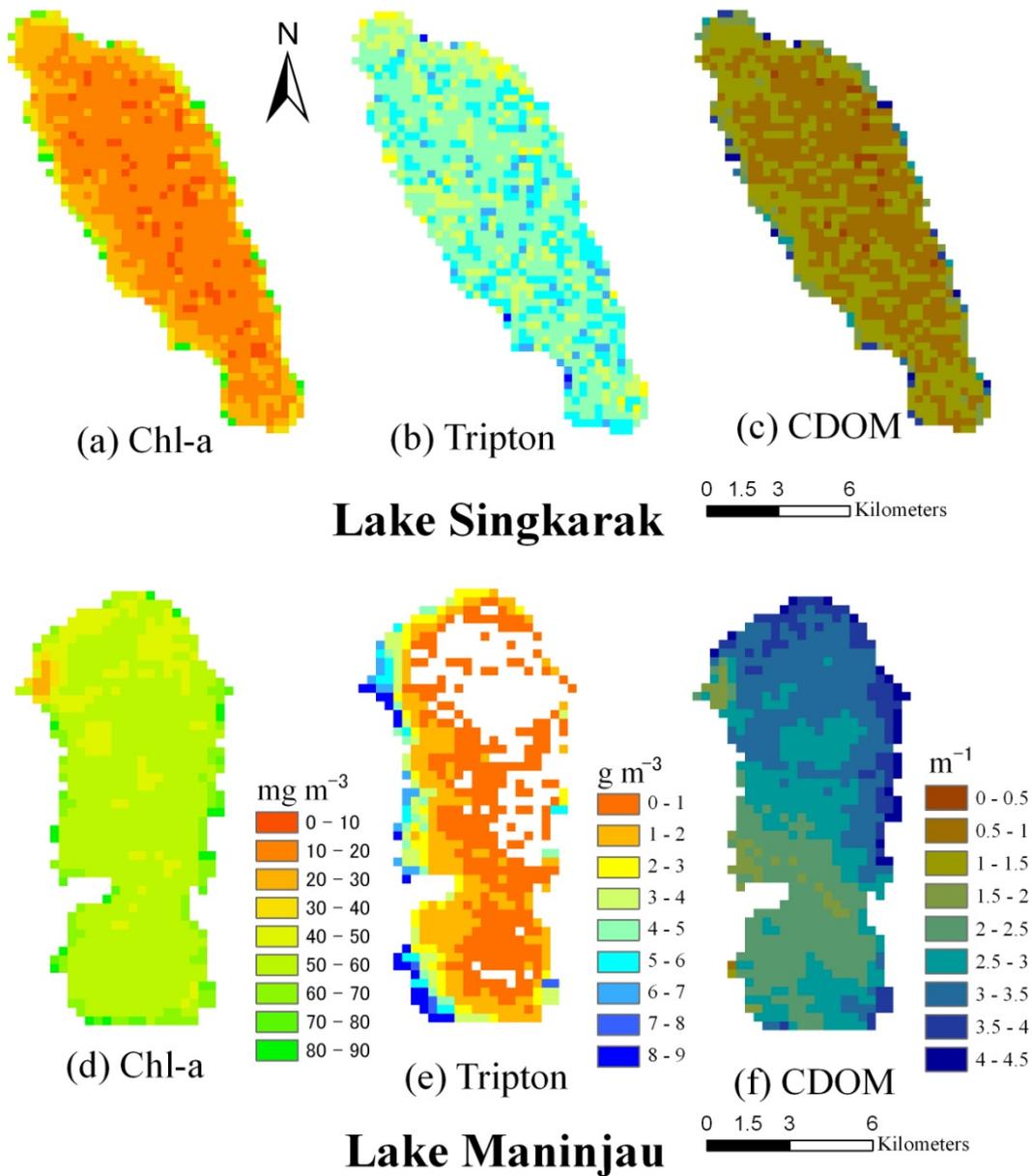


Fig.8. Distribution map of water quality parameters for Lakes Singkarak and Maninjau

The distribution of each value of water quality parameter, in which area some parameter were in high or low level is shown in Figure 8. As an example in Figure 8 (d), In north-west site area, which is the lake outlet, the Chl-a and CDOM were at the lowest level, but with the highest Tripton concentration. Although these results were not validated with the in situ measurements, but it seems that the algorithm could give the reasonable results.

Water clarity, the clearness or transparency of water, is one of the most noticeable attributes of a waterbody. It is important information for peoples, especially surround the lake. The public judges water quality by what they can see, and so their evaluation is often based on this standard. For example, lakes with very clear water may be perceived as good, unpolluted, or pristine, while lakes with limited transparency may be described as undesirable, polluted, or degraded.

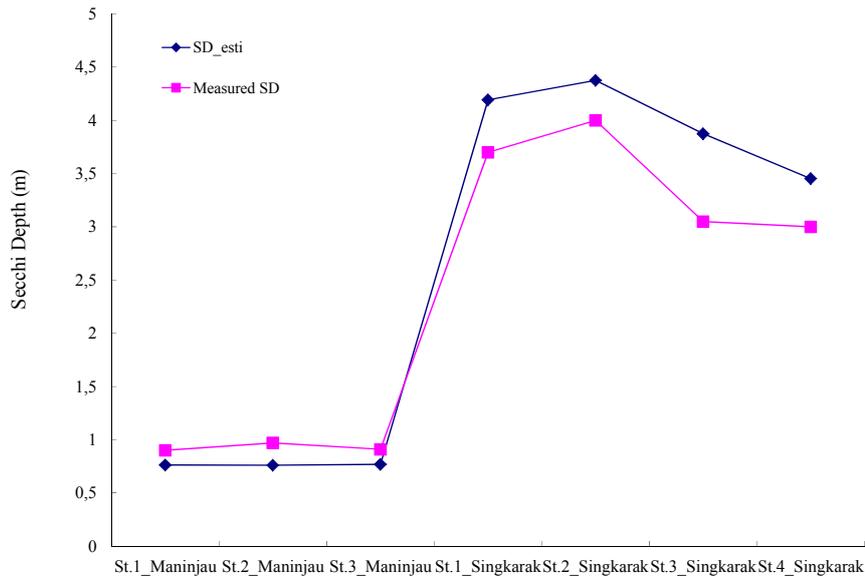


Fig. 9. Estimated and measured Sechi Depth

In this reseach, To estimate SD for Lake Singkarak, the Eq. 3 was used, while the Eq. 4 was used for Lake Maninjau. We can see that the model worked well with 12% overestimation, especially in Lake Singkarak as seen in Figure 9. The RMSE is 0.45. The Estimated SD ranged from 0,76 m to 3,45 m and the measured SD ranges from 0,90 m to 3,00 m. In addition, the SD algorithm showed high correlation between estimation and measurement ($r^2=0.985$).

CONCLUSIONS

1. Remote sensing techniques can provide a faster, reasonable as well as low cost method to monitor water quality in lakes.
2. Although water quality parameter (Chl-a, Tripton and CDOM) estimation results were not validated with the in situ measurements, it seems that the algorithm could give the reasonable results.
3. SD algorithm showed high correlation between estimation and measurement ($r^2=0.985$).
4. Remote sensing techniques can provide the spatial distribution of water quality condition, so that a more detailed analysis can be performed, not only point by point but in whole water bodies.
- 5.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was a collaboration between Research Centre for Limnology- Indonesian Institute of Sciences (LIPI) and Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Japan.

REFERENCES

- Ayres, W., Busia, A., Dinar, A., Hirji, R., Lintner, S., McCalla, A., et al. (1996). *Integrated lake and reservoir management: World bank approach and experience*. Washington, DC: World Bank.
- Gin, K. Y. H., Koh, S. T., & Lin, I. I. (2003). Spectral irradiance profile of suspended marine clay for the estimation of suspended sediment concentration in tropical waters. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 3235–3245.
- Kadek Fendy Sutrisna,. (2011). Edisi Persebaran Pembangkit Listrik Tenaga Air di Indonesia 1, <http://indone5ia.wordpress.com/2011/09/06/pembangkit-listrik-tenaga-air-di-indonesia/>. Accessed in 19 June 2012 at 10:50 am
- Khorram, S., Cheshire, H., Geraci, A., & Rosa, G. (1991). Water quality mapping of Augusta Bay, Italy from Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 803–808.
- Morel, A., & Prieur, L. (1977). Analysis of variations in ocean color. *Limnology and Oceanography*, 22, 709–722.

Meylin, M., Fukushima, T., Matsushita, B., Yoshimura K., (2012). Longterm light environment variability in Lake Biwa and Lake Kasumigaura, Japan: modeling approach. *Limnology*, 12-2 , 237-252

Yang, W., Matsushita, B. & Fukushima, T., (2011). Estimating constituent concentrations in case II Waters from MERIS satellite data by semi-analytical model optimizing and look-up tables. Science Direct. *Remote Sensing of Environment*, 115, 1247-1259

www.limnologi.lipi.go.id/danau/danau_prio.html, Access 1 August 2012 at 9:10 am

<https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat/instruments/meris/applications>, Access 2 August 2012 at 10:20 am

FRAKSINASI FOSFORUS PADA SEDIMEN DI BAGIAN LITORAL DANAU MATANO, SULAWESI SELATAN

Sulung Nomosatryo¹, Cinthya Henny¹, Eti Rohaeti², dan Irmanida Batubara²

¹Puslit Limnologi LIPI

²Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK

Senyawaan Fosforus di sedimen dapat berperan sebagai pemasok internal terhadap badan air danau itu sendiri. Salah satu analisis untuk mengetahui bentuk senyawa fosforus yang akan terlepas atau tetap terikat yaitu dengan melakukan analisis fraksinasi senyawaan fosforus. Tujuan penelitian ini yaitu mengkararakteristik fraksinasi fosforus di sedimen bagian litoral Danau Matano dan diharapkan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan pengelolaan danau secara holistik. Sedimen diambil dilima lokasi Stasiun pengambilan pada bagian litoral Danau Matano dengan sediment core dan membagi sedimen menjadi beberapa bagian dengan interval 5 cm. Penelitian dilakukan pada bulan Mei-November 2010. Fraksinasi Fosforus dilakukan dengan menganalisis ortofosfat yang terekstrak menjadi 4 fraksi yaitu Total Fosforus (TP), fraksi terekstrak dengan HCl 0,5 N (HCl-P), fraksi yang terekstrak dengan NaOH 0,1 M (NaOH-P) dan fraksi yang terekstrak dengan NH₄Cl 1M (NH₄Cl-P). Secara keseluruhan terlihat bahwa prosentase senyawaan fosforus anorganik lebih tinggi bila dibandingkan dengan senyawaan fosforus organik. Fraksinasi senyawaan fosforus anorganik lebih di dominasi oleh fraksi fosforus yang terikat dengan Fe atau Al (NaOH-P, 0,0147-0,1792 mg/g) dan yang terikat dengan Ca (HCl-P, 0,0098-0,1577 mg/g). Fraksi yang mencerminkan fosforus terjerap bebas (NH₄Cl-P) memiliki konsentrasi yang lebih rendah (<0,0001-0,0005 mg/g) bila dibandingkan dengan HCl-P dan NaOH-P. Peranan besi dalam mengikat senyawaan fosfor di kuatkan dengan adanya korelasi positif antara Besi dan fraksi NaOH-P (p=0.666). Hasil Fraksinasi fosfor ini menunjukkan bahwa sedimen bagian litoral danau Matano memiliki senyawaan fosfor yang tidak mudah untuk terlepas kedalam perairan, hal ini dikarenakan kecilnya fraksi NH₄Cl-P. Oleh karena itu, salah satu masukan yang perlu diwaspadai adalah yang berasal dari bagian eksternal badan air danau tersebut.

Kata Kunci: Danau Purba (Ancient Lake), Danau Oligotrofik, Bioavailabilitas Fosforus, Siklus Nutrien.

PENDAHULUAN

Senyawaan fosforus, khususnya ortofosfat (fosfat) adalah merupakan salah satu penyusun unsur hara yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan perairan. Masukan senyawaan ini ke badan air dapat menyebabkan tingginya biomassa fitoplankton yang berhubungan erat dengan tingkat kesuburan suatu perairan (Goldman & Horne 1983). Fitoplankton dan tumbuhan air lainnya akan memanfaatkan fosfat dalam proses fotosintesis. Adanya pertumbuhan fitoplankton yang tinggi di badan air alami seperti di perairan danau menunjukkan terjadi proses eutrofikasi akibat adanya pengkayaan unsur hara kedalam danau tersebut. Eutrofikasi akan menyebabkan terjadi penurunan kualitas air di perairan danau tersebut.

Salah satu bentuk fosforus yang sangat penting adalah ion fosfat (PO₄³⁻). Ketersediaan fosfat di perairan alami sangat dipengaruhi oleh sifat fosfat yang mudah

terjerap dan terlepas oleh partikulat/sedimen. Siklus biogeokimia fosforus di antarmuka sedimen-air menjadi penting karena proses kesetimbangan penyangga ketersediaan fosfat akan terjadi. Bentuk anion fosfat ini mudah sekali mengalami imobilisasi oleh tanah dengan membentuk senyawaan yang tidak mudah larut (Canfield *et al.* 2005). Fosfat yang terikat dalam partikulat ini berada dalam bentuk sedimen dan sewaktu-waktu dapat dilepaskan kembali ke perairan dan dapat berperan dalam proses eutrofikasi di perairan bila kondisinya memungkinkan (Smith *et al.* 2006).

Bila perairan bersifat anaerobik, maka akan terjadi proses pelepasan fosfat yang terjerap menjadi fosfat terlarut melalui proses kimiawi dan biologis (Stumm & Morgan 1996). Tidak semua fraksi fosforus dapat dilepaskan dari sedimen ke air yang berada di atasnya. Fraksi fosforus dari suatu sedimen danau dapat dibagi menjadi sejumlah fraksi yaitu fosforus yang terjerap bebas (*Loosely adsorbed Phosphorus*, *Exch-P*, $\text{NH}_4\text{Cl-P}$), fosforus yang terikat dengan Al & Fe Oksida (*Fe/Al-P*, *NaOH-P*), fosforus anorganik (*Inorganic Phosphorus*, *IP*), dan fosforus Organik (*organic Phosphorus*, *OP*) (Canfield *et al.* 2005).

Danau Matano adalah danau yang unik dan sering disebut sebagai danau purba. Danau ini berada di pulau Sulawesi yang berada dalam garis Wallace maka peneliti lebih banyak berkonsentrasi pada organisme endemiknya yaitu fito dan zooplankton (Haffner *et al.* 2001, Sabo *et al.* 2008), protozoa (Fernandez-Leborans *et al.* 2006), *sponges* air tawar (Meixner *et al.* 2007), dan ikan *telmatherimidae* (Schwarzer *et al.* 2008). Crowe (2008) dan Katsev *et al.* (2010) ternyata melihat bahwa endemisitas organisme ini tidak terlepas dari kondisi kualitas air danau tersebut oleh karena itu mereka melakukan penelitian mengenai proses geokimia perairan di badan danau tersebut.

Dominansi laterit di sekitar daerah tangkapan danau, menyebabkan besi (hidroksida) oksida memegang peranan penting dalam proses geokimia di sistem danau (Crowe 2008). Senyawaan besi ini dapat menjerap senyawaan fosforus ketika kondisi badan air bersifat aerobik dan menyebabkan rendahnya konsentrasi fosfat di badan air Danau Matano. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fraksinasi senyawaan fosforus yang terekam di sedimen yang dikaitkan dengan sifat fisikokimia sedimen dan kondisi lingkungan di perairan litoral danau. Informasi mengenai fraksinasi senyawaan fosforus di sedimen, diharapkan dapat dijadikan salah

satu masukan dalam menentukan kebijakan dalam mengelola Danau secara holistik. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi situs acuan (*reference site*) mengenai fraksi fosforus di sedimen yang mewakili danau yang bersifat oligotrofik.

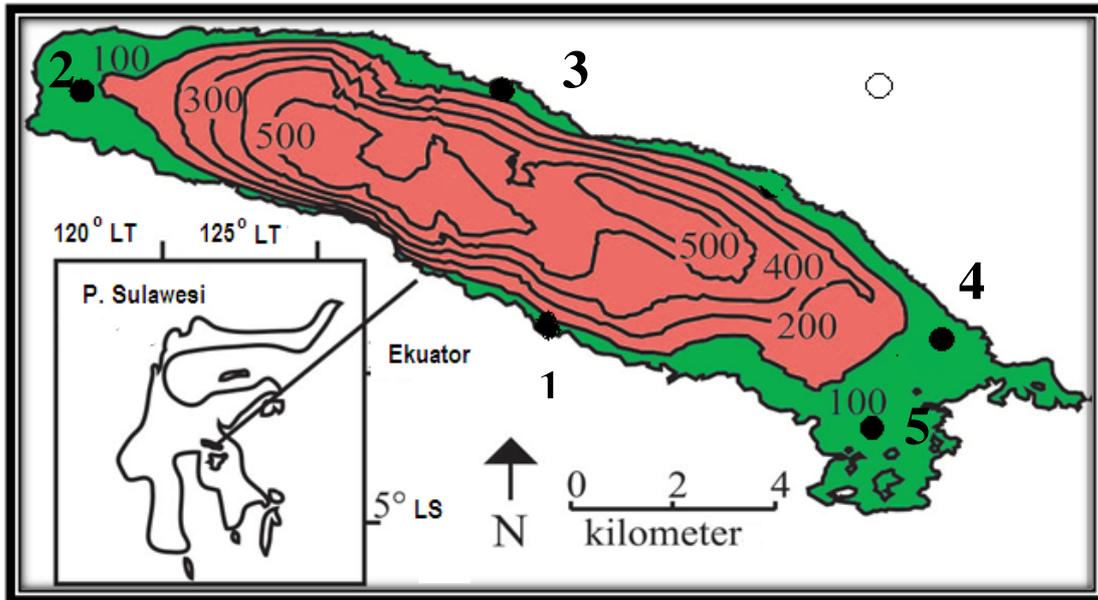
METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Contoh sedimen diambil di Danau Matano, Sulawesi Selatan, pada bulan Mei 2010. Contoh sedimen tersebut kemudian dianalisis di laboratorium Hidrokimia, Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Cibinong, Kabupaten Bogor. Pengolahan dan analisa data dilakukan dari bulan Juni sampai November 2010.

Deskripsi Danau Matano dan Titik Sampling

Danau Matano terletak pada 2°28'90" Lintang Selatan, dan 121°17'90" Lintang Utara. Kedalaman maksimum 590 m, dan terletak pada ketinggian 380 m di atas permukaan laut. Berdasarkan peta batimetri (Gambar 1), terlihat bahwa setelah kedalaman 100 m, kondisi danau sudah bersifat anaerobik (merah), sedangkan pada kedalaman 100 meter ke permukaan, masih ber sifat aerobik (hijau) (Crowe *et al.* 2008). Kondisi inilah yang menjadi dasar pengambilan sedimen. Sedimen diambil dibagian danau yang masih bersifat aerobik dikarenakan pada kondisi inilah fosfat akan terendapkan. Sedangkan posisi geografis dan kedalaman sedimen yang diambil dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Peta batimetri Danau Matano (Crowe *et al.* 2008) dan titik pengambilan contoh sedimen

Tabel 1 Posisi geografis pengambilan sedimen di Danau Matano

Lokasi	Posisi	Kedalaman sedimen (meter)	Keterangan
Stasiun 1	LS 02°31,010" LT 121°21,487"	49,5	Depan desa Sorowako
Stasiun 2	LS 02°26,559" LT 121°13,514"	70,0	Depan desa Matano
Stasiun 3	LS 02°28,243" LT 121°23,763"	22,0	Dasar danau berbatu, hanya didapat sedimen dengan ketebalan 5 cm
Stasiun 4	LS 02°31,100" LT 121°26,635"	73,0	Merupakan <i>out let</i> danau
Stasiun 5	LS 02°32,068" LT 121°24,478"	50,0	Berpasir

Pengambilan dan Karakterisasi Fisika Kimia Sedimen

Sedimen diambil di titik-titik seperti pada Gambar 1. Sedimen diambil dengan menggunakan *sediment core*, penggunaan alat ini dimaksudkan untuk mengambil sedimen utuh sampai kedalaman sepanjang kolom *sediment core*. Sedimen diambil dengan hati-hati dan air yang ada diatas permukaan sedimen tidak tercampur di dalam kolom *sediment core*. Air yang berada di kolom air tersebut kemudian diukur pH, suhu, turbiditas dan oksigen terlarut dengan menggunakan *Water Quality Checker*

Horiba U-10, Sementara, fosfat terlarut (hasil penyaringan dengan kertas saring Millipore 0,45 μM), diukur dengan menggunakan spektrofotometer HACH 2800 dengan waktu pengukuran tidak lebih dari 24 jam (APHA AWWA, 1998).

Sebelum sedimen diambil, air yang berada di atas sedimen terlebih dahulu dibuang dengan menggunakan selang berdiameter 0,5 cm. Sedimen kemudian dibagi menjadi beberapa bagian dengan interval 5 cm. Penentuan pembagian dengan interval 5 cm memang tidak mencerminkan sejarah diagenensis sedimen tetapi menurut Mudroch & McKnight (1994), sedimen dengan ketebalan kurang lebih 5 cm dari permukaan adalah merupakan sedimen permukaan.

Sediment tersebut kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik berklip dan disimpan dalam kondisi dingin untuk menjaga proses lebih lanjut (menggunakan *Cooling box* atau disimpan di lemari pendingin). Sedimen kering didapat dengan mengeringkannya dalam inkubator pada suhu tidak lebih dari 40 °C selama 2 hari, dan kemudian dihaluskan dan diayak dengan ayakan 2 mm.

Komposisi logam makro besi (Fe), mangan (Mn), aluminium (Al) dan kalsium (Ca) dari sedimen kering ditetapkan dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom setelah dilakukan pendekstrusian secara basah. Kontrol akurasi pengukuran Fe dan Mn dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sedimen dengan material referensi bersertifikat (*Certified Reference Material, CRM*) untuk sedimen sungai dengan nomor CRM LGC6187. Temu balik hasil pengukuran Fe dan Mn di sedimen dengan material sedimen sungai bersertifikat adalah 95,1-100,2% untuk Fe dan 101-124% untuk Mn.

Fraksinasi Fosforus

Fraksinasi fosforus ditetapkan menggunakan metode yang dilakukan oleh Kapanen (2008) yang merupakan modifikasi dari Hieltjes & Lijklema (1980). Penentuan total fosforus (TP) di sedimen dilakukan dengan menimbang 0,2 g sedimen kering pada cawan porslen dan diabukan pada suhu 550 °C selama 180 menit, didinginkan, setelah itu ditambahkan 5 mL HCl 0,5 M dan dikocok menggunakan alat pengocok Gyrorotary pada suhu ruangan selama 48 jam, kemudian dipisahkan dengan menggunakan sentrifuga (disentrifugasi) pada 1370 g selama 15 menit, dan disaring menggunakan kertas saring berpori (0,45 μM) dan kemudian hasil saringan ini dianalisis fosfatnya. Fraksi fosforus yang terikat oleh kalsium (HCl-P) dilakukan

dengan menimbang 200 mg contoh sedimen kering lainnya kemudian ditambahkan 5 mL HCl 0,5 M dan dikocok pada suhu ruangan selama 24 jam dan kemudian dilakukan pemisahan dengan sentrifuga dan disaring dengan kertas saring 0,45 μ M. Hasil saringan tersebut kemudian dianalisis ortofosfatnya.

Untuk mendapatkan fraksi NH_4Cl yang merupakan fraksi fosforus yang terjerap bebas ($\text{NH}_4\text{Cl-P}$), sebanyak 2 g sedimen kering ditambahkan 15 mL NH_4Cl 1M dan dikocok selama 2 jam pada suhu ruangan, disentrifugasi dan disaring, dan filtrat tersebut kemudian dianalisis ortofosfatnya. Fraksi Fe/Al-P (NaOH-P) didapat dengan mengocok 10 mL NaOH 0,1 M dan 100 mg contoh sedimen selama 24 jam pada suhu ruangan. Kemudian dipisahkan dengan sentrifuga dan dilanjutkan dengan penyaringan. Hasil filtratnya kemudian dianalisis ortofosfatnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisikokimia di Kolom Air Permukaan Danau Matano

Hasil pengukuran parameter fisikokimia di Danau Matano dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil ini menunjukkan bahwa, nilai pH air permukaan Danau Matano sedikit bersifat basa yaitu berkisar antara 8,31-8,38, suhu berkisar antara 27,3-28,7 $^{\circ}\text{C}$, kekeruhan masih terbilang jernih karena nilainya berkisar antara 0-1 NTU dan konsentrasi fosfat (SRP) sangat rendah yaitu $<0,001$ mg/L.

Tabel 2. Hasil analisis pengukuran fisikokimia di air permukaan Danau Matano

Lokasi	pH	Suhu $^{\circ}\text{C}$	DO mg/L	Kekeruhan NTU	PO_4^{3-} mg/L
Stasiun 1	8,32	27,7	4,05	1	$<0,001$
Stasiun 2	8,31	27,6	3,44	0	$<0,001$
Stasiun 3	8,34	28,7	6,71	0	$<0,001$
Stasiun 4	8,38	28,1	5,98	0	$<0,001$
Stasiun 5	8,36	27,3	4,01	0	$<0,001$

Keadaan aerobik di air permukaan Danau Matano ditunjukkan dengan kandungan oksigen terlarut yang masih tinggi, berkisar antara 3,44-6,70 mg/L. Hasil ini sesuai yang dilaporkan Crowe (2008), dimana kondisi aerobik ditemukan di kolom air Danau Matano sampai kedalaman 100 m. Oleh karena itu, sedimen yang diambil adalah

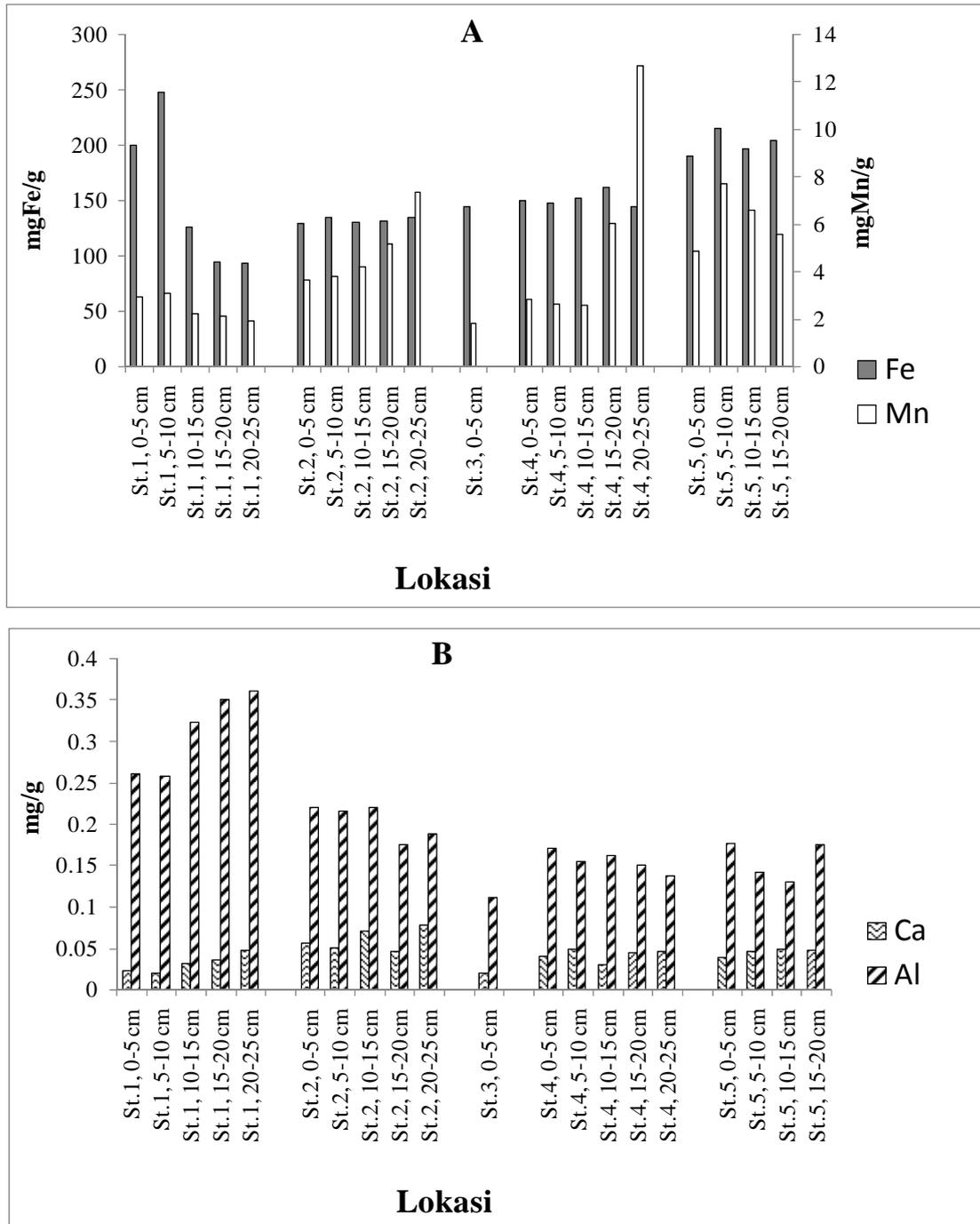
sedimen yang masih berada dalam kontur aerobik. Pada kondisi aerobik maka fosfat akan cenderung terikat dengan logam-logam seperti besi (Fe), mangan (Mn) dan aluminium (Al) (Reddy & Delaune 2008).

Konsentrasi fosfat terlarut (SRP) relatif rendah ($<0,001$ mg/L). Rendahnya konsentrasi SRP ($<0,001$ mg/L) pada zona aerobik di Danau Matano juga dilaporkan oleh Crowe (2008). Kondisi ini merupakan ciri dari danau-danau yang oligotrofik (miskin unsur hara). Pada keadaan aerobik fosfat akan cenderung terikat pada partikulat dan akan terdeposit ke dasar danau.

Karakteristik Sedimen

Distribusi Logam Makro (Total Fe, Mn, Al, dan Ca)

Dari hasil analisis terlihat bahwa logam Fe adalah logam yang paling tinggi konsentrasinya bila dibandingkan dengan logam lainnya. Konsentrasi logam Fe rata-rata 100 kali lebih besar bila dibandingkan dengan logam Mn yang berkisar antara 93,831-248,301 mgFe/g sedimen kering. Konsentrasi logam Fe paling tinggi ditemukan di Stasiun 1 pada kedalaman sedimen antara 5-10 cm, sedangkan terendah di stasiun 1 pada kedalaman 20-25 cm. Pola distribusi logam Fe di stasiun 1 terlihat berpola menurun dengan bertambahnya kedalaman sedimen, sedangkan di stasiun lainnya, tidak menunjukkan pola menurun atau menaik dengan bertambahnya kedalaman.



Gambar 2 Distribusi logam makro pada sedimen di Danau Matano; A. Logam Fe dan Mn; B. Logam Ca dan Al.

Tingginya Konsentrasi Fe di Danau Matano yang oligotrofik ini, dikarenakan adanya pengaruh tanah leterit yang mengelilingi danau yang didominasi oleh *nickelliferrous* (mengandung sekitar 60% besi oksida). Tingginya besi di daerah

tangkapan ini menyebabkan Danau Matano menerima masukan alogenik besi (hidroksida) oksida yang besar dan mempunyai peran penting dalam proses geokimia di Danau Matano (Crowe 2008).

Sedangkan konsentrasi logam Mn tertinggi ditemukan di Stasiun 4 pada kedalaman 20-25 cm yaitu 12,672 mgMn/g sedimen kering, sedangkan terendah di stasiun di stasiun 3 yaitu 1,801 mgMn/g sedimen kering. Konsentrasi logam Al 800 kali lebih rendah bila dibandingkan dengan logam Fe. Konsentrasi logam Al berkisar antara 0,112-0,361 mgAl/g sedimen kering. Rata-rata konsentrasi logam Al di stasiun 1 ternyata lebih tinggi bila dibandingkan dengan stasiun lainnya, dan berpola menaik dengan bertambahnya kedalaman.

Pola yang menaik berdasarkan kedalaman terlihat pula pada konsentrasi Ca di Stasiun 1. Konsentrasi Ca berkisar antara 0,020-0,078 mgCa/g sedimen kering. Logam Ca adalah logam yang konsentrasinya terendah bila dibandingkan dengan logam makro Fe, Mn dan Al. Logam Ca dapat berikatan dengan senyawaan fosforus membentuk suatu endapan mineral apatit. Senyawaan fosforus yang berikatan dengan logam Ca akan lebih teroklusi dan akan larut ketika kondisi pH perairan bersifat lebih asam.

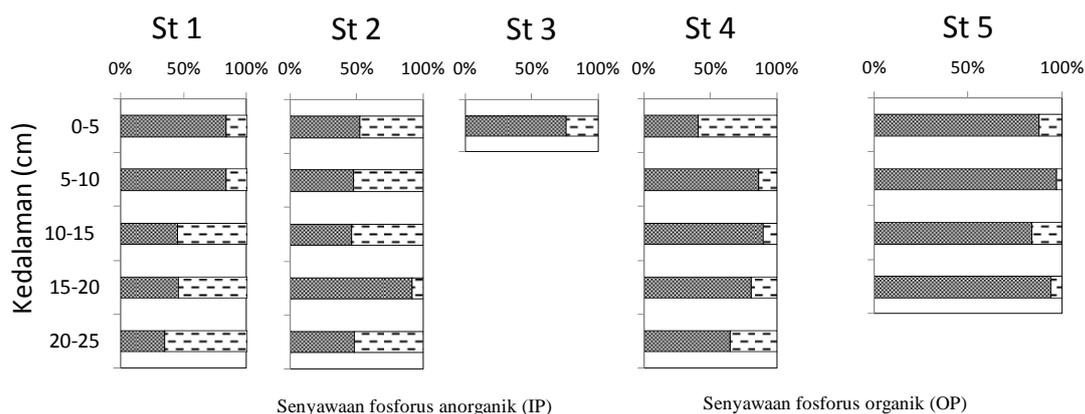
Fraksinasi Senyawaan Fosforus di Sedimen

Konsentrasi total fosforus (TP) di sedimen tergantung dari komposisi sedimen, laju proses sedimentasi, dan kondisi sifat fisiko-kimia. Total konsentrasi fosforus di sedimen tidak dapat menentukan apakah sedimen ini akan membahayakan atau tidak secara ekologi. Oleh karena itu, fraksinasi senyawaan fosforus di sedimen adalah parameter yang sangat penting untuk memperkirakan masukan internal senyawaan fosforus ke badan air. Faktor-faktor yang mempengaruhi pelepasan senyawaan fosforus terdiri dari reaksi redoks, penjerapan, kelarutan fase mineral dan mineralisasi dari senyawaan organik (Kaiserli *et al.* 2002).

Fraksinasi senyawaan fosforus di sedimen Danau Matano dilakukan dengan metode ekstraksi menggunakan larutan NH_4Cl , NaOH , dan HCl . Fraksi fosforus yang terekstraksi dengan larutan NH_4Cl adalah fraksi fosforus yang mudah lepas/dapat tukar ($\text{NH}_4\text{Cl-P}$). Fraksi fosforus yang terekstraksi dengan larutan NaOH adalah fraksi senyawaan fosforus yang terikat dengan Fe dan Al (NaOH-P), sedangkan fraksi fosforus yang terikat dengan logam kalsium diekstrak dengan menggunakan larutan HCl (HCl-

P). Total fosforus (TP) didapat dari hasil ekstraksi dengan pelarut HCl yang terlebih dahulu sedimen tersebut dilakukan pemanasan pada suhu 550 °C dalam tanur. Fraksi senyawaan fosforus anorganik (IP) adalah senyawaan fosforus hasil jumlah dari NaOH-P, HCl-P dan NH₄Cl-P dan senyawaan fosforus organik (OP) adalah selisih antara konsentrasi TP dan IP (Kappanen 2008).

Hasil fraksinasi senyawaan fosforus anorganik (IP) dan organik (OP) dapat dilihat pada Gambar 3. Secara keseluruhan kecuali stasiun 1, terlihat bahwa senyawaan fosforus anorganik lebih mendominasi bila dibandingkan senyawaan fosforus organik di setiap stasiun. Prosentasi senyawaan IP di stasiun 1, ternyata akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Lebih tingginya prosentase senyawaan IP bila dibandingkan dengan senyawaan OP mencirikan bahwa Danau Matano adalah danau yang masih bersifat oligotrofik. Masukan senyawaan organik sangat kecil sehingga ketersediaan senyawaan P di sedimen Danau Matano mempunyai prosentase yang rendah.

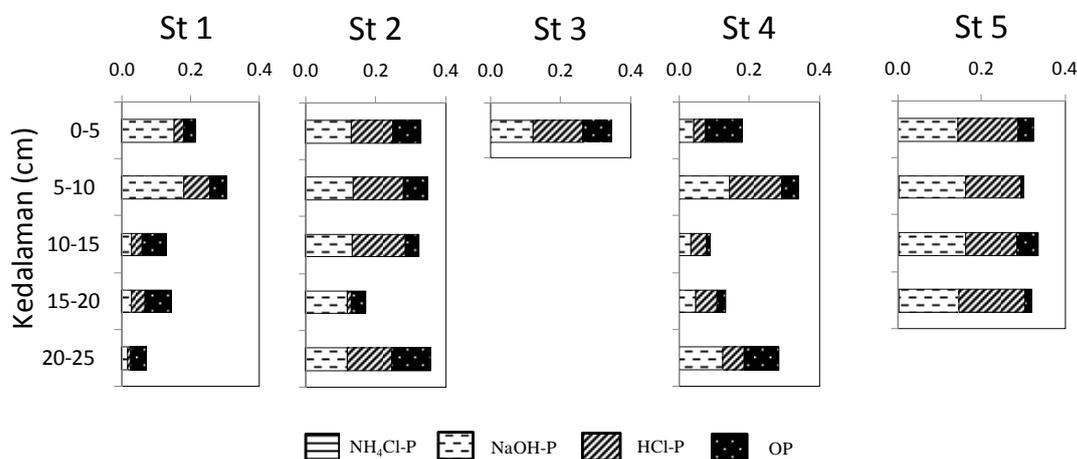


Gambar 3 Prosentasi fraksi senyawaan fosforus anorganik dan organik di sedimen.

Senyawaan Fosforus Yang Mudah Terlepaskan (NH₄Cl-P)

Fraksi NH₄Cl-P adalah senyawaan P yang mudah terlepas walaupun kondisi kolom air bersifat aerobik. Fraksi ini berada dalam air pori (*porewater*) yang berasal dari lepasnya senyawaan fosforus yang berikatan CaCO₃ dan juga dapat berasal dari perombakan senyawaan organik dari detritus (*bahan organik* dari organisme telah mati yang didekomposisi oleh mikroorganisme) (Kaiserli *et al.* 2002). Parameter ini sangat penting untuk mengetahui bioavailabilitas dari P di sedimen danau karena sifatnya yang terlarut di air dan dengan mudah tersedia untuk pertumbuhan alga atau tanaman air (Zhou *et al.* 2001).

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa fraksi $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ merupakan fraksi dengan prosentase yang rendah (<0,5% dari TP) bila dibandingkan dengan fraksi lain yang menyusun senyawaan fosforus anorganik. Kisaran konsentrasinya relatif rendah (<0,0001-0,0005 mgP/g).



Gambar 4 Distribusi fraksinasi senyawaan Fosforus (mg/g).

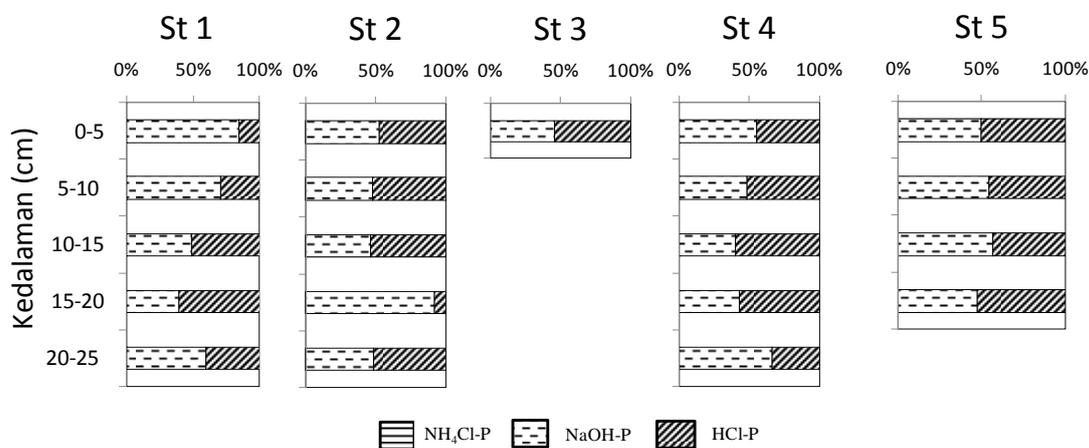
Senyawaan Fosforus yang Terikat dengan Logam Fe dan Al (NaOH-P).

NaOH-P adalah senyawaan fosforus yang terikat dengan logam Fe dan Al. Fraksi ini digunakan untuk memperkirakan ketersediaan P di sedimen baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang yang merupakan ukuran dari ketersediaan P untuk pertumbuhan alga di perairan (Zhou *et al.* 2001). Dapat tukarnya fraksi ini ke perairan sangat dipengaruhi oleh kondisi oksigen terlarut, dimana bila kondisi perairan bersifat anaerobik maka senyawaan fosforus ini akan terlepas (Kaiserli *et al.* 2002).

Dari Gambar 4, terlihat bahwa konsentrasi senyawaan NaOH-P di setiap stasiun menunjukkan pola yang berbeda berdasarkan kedalaman. Di stasiun 1, dengan bertambahnya kedalaman, konsentrasi NaOH-P menurun, sedangkan di stasiun 4 tidak dijumpai pola menaik/menurun berdasarkan kedalaman. Konsentrasi di stasiun 2 dan 5 terlihat tidak berubah bila dilihat berdasarkan kedalaman. Konsentrasi terendah ditemukan di stasiun 1 pada kedalaman sedimen 20-25 cm, sedangkan ter tinggi di stasiun 1 pada kedalaman sedimen 5-10 cm yaitu dengan konsentrasi berturut-turut adalah 0,0147 dan 0,1792 mgP/g sedimen kering.

Senyawaan Fosforus yang Terikat dengan Logam Ca (HCl-P).

Fraksi HCl-P ini adalah senyawaan fosforus yang keberadaan di sedimen terutama dikarenakan keterikatannya dengan logam Ca. Senyawaan ini biasanya ditemukan dalam bentuk mineral apatit. Fraksi ini sangat sensitif terhadap kondisi pH di perairan, bila pH perairan lebih bersifat asam maka P yang dalam mineral apatit tersebut akan terdisolusi menjadi senyawaan P yang larut. Senyawaan P yang terikat dengan logam Ca ini adalah senyawaan yang relatif stabil dan akan menjadi endapan permanen di suatu sedimen (Kaiserli *et al.* 2002).



Gambar 5 Prosentase fraksinasi senyawaan fosforus anorganik.

Distribusi fraksi HCl-P di Danau Matano, relatif mirip dengan pola fraksi NaOH-P. Di stasiun 1, distribusi menurut kedalaman sedimen cenderung menurun sedangkan di stasiun 2 menunjukkan kecenderungan pola yang sebaliknya. Distribusi di stasiun 2 dan 5, cenderung hampir sama antara konsentrasi di lapisan permukaan sampai pada sedimen yang terdalam. Konsentrasi yang terendah ditemukan di Stasiun 1, pada kedalaman 20-25 cm, sedangkan yang tertinggi ditemukan di Stasiun 5 pada kedalaman 20-25 cm, berturut-turut konsentrasinya adalah 0,0098 dan 0,1577 mgP/g sedimen kering.

Rata-rata prosentase penyusun fraksi fosforus anorganik ini berkisar antara 30-45% dan ini menunjukkan kecenderungan senyawaan P terendapkan secara permanen cukup besar di Danau Matano. Bila dibandingkan dengan danau oligotrofik Stechlin,

Jerman, konsentrasi fraksi HCl-P di danau ini relatif sedikit lebih rendah, konsentrasi di danau Stechlin adalah 0,200 mgP/g (Kaiserli *et al.* 2002).

Total Fosforus (TP) di Danau Matano

Distribusi TP di Danau Matano dapat dilihat pada Gambar 10. Total fosforus adalah penjumlahan dari konsentrasi IP dan OP. Konsentrasi TP distribusinya bervariasi berdasarkan stasiun dan pada kedalaman. Pola distribusi terlihat jelas di stasiun 1, dimana berdasarkan kedalaman pola konsentrasinya cenderung menurun, sedangkan di Stasiun 4, walaupun konsentrasi di lapisan sedimen bagian 5-10 cm relatif tinggi tetapi di lapisan 10-15 cm konsentrasinya turun drastis dan setelah itu cenderung menaik dengan bertambahnya kedalaman sedimen. Konsentrasi TP di ketiga stasiun lainnya cenderung hampir seragam antara sedimen di lapisan permukaan dengan yang berada di bawahnya.

Konsentrasi terendah ditemukan di Stasiun 1, yaitu pada lapisan kedalaman sedimen 20-25 cm, sedangkan konsentrasi tertinggi ditemukan di stasiun 2 pada kedalaman lapisan sedimen 5-10 cm, konsentrasi TP berturut turut adalah 0,0701 dan 0,3552 mg/g sedimen kering. Bila dibandingkan dengan konsentrasi TP di danau lainnya seperti danau oligotrofik Stechlin, konsentrasi Danau Matano hampir 8 kali lebih kecil, bahkan hampir 1000 kali lebih rendah bila dibandingkan dengan danau eutrofik Taihu di Cina. Konsentrasi di Danau Stechlin adalah 2.389 mg/g (Gonsiorczyk *et al.* 1998) dan Danau Taihu adalah 451,3 mg/g (Jin *et al.* 2005).

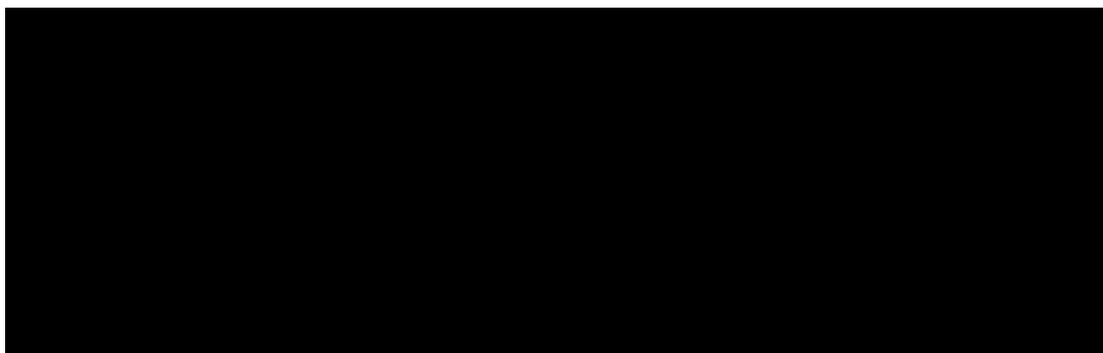
Diskusi

Keberadaan senyawaan fosforus tidak terlepas dari kondisi dari perairan litoral danau tersebut. Kondisi kolom air di litoral Danau Oligotrofik Matano masih bersifat aerobik sampai kedalaman 100 m. Kondisi ini membuat konsentrasi ortofosfat di permukaan Danau Matano akan terjerap dan mengendap ke dasar danau. Jatuhnya partikulat senyawaan fosfat ke dasar danau dapat terjerap secara fisik maupun kimia. Ketika ortofosfat terjerap secara fisik, maka walaupun kondisi kolom air bersifat aerobik, maka ortofosfat akan dapat terlepas kembali ke kolom air bila kondisi konsentrasi di kolom air lebih kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi kesetimbangan ortofosfat yang terjerap bebas di sedimen.

Terlepasnya senyawaan fosfat ke kolom badan air dari sedimen di bagian litoral danau Matano, nampaknya kecil kemungkinan terjadi, hal ini disebabkan kecilnya konsentrasi fraksi yang terjerap bebas ($\text{NH}_4\text{Cl-P}$) di danau oligotrofik ini. Rendahnya konsentrasi fraksi fosforus $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ menunjukkan bahwa fosforus yang terjerap kurang tersedia bagi pertumbuhan alga. Rendahnya konsentrasi $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ di sedimen yang merupakan ciri danau yang bersifat oligotropik juga ditemukan di danau oligotrofik di Jerman yaitu Danau Stechlin yaitu dengan konsentrasi $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ berkisar antara 0,001-0,003 mgP/g (Gonsiorczyk *et al.* 1998). Konsentrasi fraksi ini di Danau Matano terlihat lebih kecil 10 kali bila dibandingkan dengan danau lain seperti Danau Volvi yang mesotropik di Yunani (Kaiserli *et al.* 2002), dan bahkan hampir 200 kali lebih kecil bila dibandingkan dengan konsentrasi $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ di danau vulkanik Azore di Portugal (Ribeiro *et al.* 2008).

Senyawaan ortofosfat yang terikat secara kimiawi, dapat dilihat dari fraksi yang terikat oleh senyawaan Fe/Mn (NaOH-P) dan Ca (HCl-P). Di sedimen Danau Matano, keberadaan fraksi NaOH-P di Danau Matano terlihat sangat berhubungan erat dengan konsentrasi logam Fe dan Al (Tabel 4). Walaupun koefisien korelasi Pearson tidak terlalu kuat yaitu hanya 0,667 dan 0,456 ($p < 0,05$), tetapi keberadaan kedua logam ini sangat mempengaruhi konsentrasi fraksi NaOH-P di Danau Matano. Sedangkan terikatnya senyawaan P dengan logam Ca sedikit berhubungan dengan distribusi konsentrasi logam Ca di sedimen Danau Matano, hal ini dikuatkan dengan kecilnya koefisien korelasi antara fraksi HCl-P dengan konsentrasi logam Ca yaitu 0,494 ($p < 0,05$) (Tabel 3).

Tabel 3 Hasil korelasi antara fraksinasi fosforus dengan logam makro di sedimen Danau Matano.



Keberadaan senyawaan NaOH-P di sedimen Danau Matano adalah parameter penting yang berhubungan dengan eutrofikasi di Danau Matano. Senyawaan ini adalah cadangan senyawaan P yang tersimpan di sedimen Danau Matano. Sedimen yang diambil dalam penelitian ini adalah sedimen yang berada dalam kontur perairan yang masih bersifat aerobik, sehingga bentuk dari senyawaan ini cenderung terikat di sedimen Danau Matano. Bila kondisi kolom air Danau Matano berubah menjadi anaerobik maka senyawaan ini akan terlepas dan memicu pertumbuhan alga sehingga danau tersebut akan berubah menjadi danau yang subur.

Walaupun fraksi NaOH-P di Danau Matano ini rata-rata prosentasenya hampir 50% dari komposisi senyawaan fosforus anorganik (IP) (Gambar 5), tetapi konsentrasi senyawaan ini masih lebih rendah bila dibandingkan dengan konsentrasi senyawaan NaOH-P di danau oligotrofik lainnya seperti Danau Stechlin, Jerman (0,200 mgP/g) (Gonsiorczyk *et al.* 1998).

Rendahnya konsentrasi TP sedimen Danau Matano bila dibandingkan dengan danau lain, menunjukkan bahwa Danau Matano, secara jangka panjang memiliki masukan internal yang kecil sehingga masukan eksternal dari Danau Matano dapat menjadi parameter kunci distribusi senyawaan P di kolom badan air Danau Matano. Fenomena inipun dikuatkan dengan adanya korelasi TP dengan fraksi senyawaan P di sedimen yang tidak terjerap bebas (IP, NaOH-P, dan HCl-P), dikarenakan kondisi kolom air Danau Matano yang aerobik dan sedikit basa maka kecenderungan P tertahan di sedimen akan lebih kuat. Dari Tabel 3 terlihat bahwa koefisien korelasi menunjukkan pola hubungan yang kuat antara TP dan IP ($R=0,907$, $p<0,05$), TP dengan NaOH-P ($R=0.851$, $p<0,05$) dan TP dengan HCl-P ($R=0.872$, pada $p<0,05$).

Tidak adanya korelasi antara TP dengan $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ menunjukkan bahwa secara jangka pendek, masukan internal tidak dipengaruhi oleh tingginya konsentrasi TP di sedimen Danau Matano dan keberadaan fraksi $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ diduga dapat dipengaruhi oleh konsentrasi fosfat di kolom badan air Danau Matano.

KESIMPULAN

Karakteristik sedimen Danau Matano didominasi oleh logam besi, dan fraksi NaOH-P dan HCl-P. Konsentrasi $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ sangat rendah ($<0,0001-0,0005$ mgP/g)

sehingga sedimen Danau Matano tidak berpotensi sebagai faktor internal bagi kolom air Danau Matano, hal ini menyebabkan resuspensi dari fosfat yang tersedia terlihat dibatasi dengan nilai konsentrasi $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Canfield DE, Kristensen E, Thamdrup BO. 2005. *Aquatic Geomicrobiology, Advance in Marine Biology*. Volume ke-48. Oxford: Elsevier Academic Press.
- Crowe SA. 2008. Biogeochemical cycling in iron-rich Lake Matano, Indonesia: An early ocean analogue [disertasi]. Montreal: McGill Univ.
- Fernandez-Leborans G, Zitzler K, Gabilondo R. 2006. Epibiont protozoan communities on *Caridina lanceolata* (Crustacea, Decapoda) from the Malili lakes of Sulawesi (Indonesia). *Zoologischer Anzeiger* 245:167–19.
- Goldman RC, Horne AJ. 1983. *Limnology*. Tokyo: Mc-Graw Hill International Book Company.
- Gonsiorczyk T, Casper P, Koschel R. 1998. Phosphorus binding forms in the sediment of an oligotrophic and an eutrophic hardwater lake of the Baltic district (Germany). *Water Sci. Technol* 37(3):51–58
- Haffner GD, Hehanussa PE, Hartoto DI. 2001. The biology and physical processes of large lakes of Indonesia. Di dalam: Munawar M, Hecky RE, editor. *The Great Lakes of the World: Food-web, Health, and Integrity*. Leiden: Backhuys Publishers. hlm 183–194.
- Hieltjes AHM, Lijklema L. 1980. Fractionation of inorganic phosphates in calcareous sediments. *J. Environ Qual* 9:405–407.
- Jin X, Wang S, Pang Y, Zhao HX, Zhou. 2005. The adsorption of phosphate on different trophic lake sediments. *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng Aspect* 254:241–248.
- Kaiserli AD, Voutsas, Samara C. 2002. Phosphorus fractionation in lake sediments – Lakes Volvi and Koronia, N. Greece. *Chemosphere* 46:1147–1155.
- Kapanen G. 2008. Phosphorus fractionation in lake sediments. *Estonian Journal of Ecology* 57(4):244-255.
- Katsev S, *et al.* 2010. Mixing and its effects on biogeochemistry in the persistently stratified, deep, tropical Lake Matano, Indonesia. *Limnol Oceanogr* 55(2):763–776.
- Meixner MJ *et al.* 2007. Phylogenetic analysis of freshwater sponges provide evidence for endemism and radiation in ancient lakes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 45:875–886.
- Mudroch, MacKnight. 1994. *Handbook of Techniques for Aquatic Sediment Sampling*. Boca Raton: Lewis Publisher.
- Reddy R, DeLaune RD. 2008. *Biogeochemistry Of Wetlands: Science And Applications*. London: CRC Press.

- Ribeiro DC, Martins G, Nogueira R, Cruz JV, Brito G. 2008. Phosphorus fractionation in volcanic lake sediments (Azores – Portugal). *Chemosphere* 70:1256–1263.
- Sabo EDR, Hamilton PB, Hehanussa PE, McNeely R, Haffner GD. 2008. The plankton community of Lake Matano: factors regulating plankton composition and relative abundance in an ancient, tropical lake of Indonesia. *Hydrobiologia* 615:225–235.
- Smith DR, Warnemuende EA, Haggard BE, Huang C. 2006. Changes in sediment-water column phosphorus interactions following sediment disturbance. *Ecological Engineering* 27:71–78.
- Schwarzer J, Herder F, Miso B, Hadiaty RK, Schliewen UK. 2008. Gene flow at the margin of Lake Matano's adaptive sailfin silverside radiation: *Telmatherinidae* of River Petea in Sulawesi. *Hydrobiologia* 615:201–213.
- Stumm W, Morgan JJ. 1996. *Aquatic Chemistry: an Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Water*. Ed ke-8. Ontario: John Willey & Sons. Inc.
- Zhou Y, *et al.* 2008. Phosphorus Fraction and Alkaline phosphatase activity in sedimen of a large eutrofik Chinese Lake (Lake Taihu). *Hidrobiologia* 599:119-125.

VIABILITAS *AEROMONAS HYDROPHILA* DALAM MEDIUM AIR DANAU MANINJAU PADA SUHU INKUBASI YANG BERBEDA

Nina H.Sadi, Tri Widiyanto, Miratul Maghfiroh, Livia R. Tanjung,
Djamhuriyah S.Said

Puslit Limnologi – LIPI

E-mail: nina@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian secara *ex-situ* mengenai pengaruh suhu inkubasi terhadap viabilitas bakteri *Aeromonas hydrophila* yang ditumbuhkan dalam medium air Danau Maninjau. Sampel air D. Maninjau yang digunakan dalam penelitian ini diambil pada bulan Mei 2011 dari air permukaan di dua lokasi danau yaitu Bayur dan DM5. Perlakuan suhu yang digunakan adalah 20°C, 25°C, 28°C, 30°C, dan 35°C dengan lama inkubasi 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Aeromonas hydrophila* mampu tumbuh dengan baik dalam medium air Danau Maninjau karena kandungan nutrisi yang cukup tinggi (bahan organik 7,134 mg/L sebagai angka permanganat dan total nitrogen 0,8004 mg/L). Inkubasi pada suhu 28°C memberikan hasil pertumbuhan jumlah sel tertinggi, yaitu sebesar $8,38 \times 10^7$ CFU/mL, dibandingkan inkubasi pada suhu 20°C, 25°C, 30°C, dan 35°C. Walau demikian secara statistik hasilnya tidak berbeda nyata (nilai $p = 0,966$ pada tingkat kepercayaan 95%). Suhu air permukaan rata-rata di kedua lokasi sampling yaitu Bayur dan DM5 adalah 28,7°C, sehingga disimpulkan bahwa kondisi suhu Danau Maninjau pada bulan Mei 2011 dapat memberikan pertumbuhan yang optimum bagi bakteri *A. hydrophila* indigenus. Hal ini patut diwaspadai oleh para petani karamba jaring apung (KJA) di sekitar D. Maninjau karena bakteri *A. hydrophila* merupakan bakteri patogen yang serangannya pada ikan dapat menyebabkan kematian.

Kata kunci : *Aeromonas hydrophila*, danau maninjau, suhu

ABSTRACT

The effect of incubation temperature on the viability of *Aeromonas hydrophila* grown in Lake Maninjau water as growth medium had been done by *ex-situ* study. The D. Maninjau water used in this study was taken in May 2011 from the lake's surface area at two locations namely Bayur and DM5. Treatment temperature used was 20°C, 25°C, 28°C, 30°C, and 35°C with incubation time of 24 hours. The result showed that *Aeromonas hydrophila* can grow well in the Lake Maninjau surface water due to its high nutrient content (total organic matter 7.134 mg / L as permanganate numbers and total nitrogen 0.8004 mg / L). Incubation at 28°C gave the highest growth in the number of cells, that was equal to 8.38×10^7 CFU / mL, compared to incubation at 20°C, 25°C, 30°C, and 35°C. However the results were not statistically significantly different (p value = 0.966 at 95% confidence level). The average of surface water temperatures at the two sampling locations was 28.7 ° C, so it was concluded that the temperature conditions of Lake Maninjau in May 2011 could provide an optimum growth of *A. hydrophila* indigenus. The floating net (KJA) farmers around Maninjau Lake should be aware of this because *A. hydrophila* is a pathogenic bacteria that its attacks to fish can cause death.

Keywords : *Aeromonas hydrophila*, danau maninjau, temperature

PENDAHULUAN

Danau Maninjau yang terletak di kabupaten Agam, Sumatera Barat, berperan sebagai sumber perikanan tangkap dan perikanan keramba apung bagi masyarakat sekitar (Fakhrudin *et al.*, 2010). Penelitian yang dilakukan oleh Puslit Limnologi dari

tahun 2006 – 2008 terhadap status trofik Danau Maninjau mengindikasikan bahwa danau ini telah masuk dalam kriteria eutrofik ringan (Triyanto, et.al, 2006; Trisuryono, 2007; Sulawesty, 2008). Eutrofikasi di danau Maninjau terutama disebabkan oleh adanya kelimpahan massa organik yang bersumber dari pembuangan limbah rumah tangga, pertanian, dan penumpukan sisa pakan ikan di daerah keramba jaring apung (KJA) (Triyanto *et al.*, 2005). Hal ini memberikan peluang yang besar bagi penurunan kesehatan ikan budidaya di sistem KJA sehingga lebih rentan terinfeksi bakteri patogen seperti kelompok bakteri aeromonad yang telah terdeteksi keberadaannya di Danau Maninjau (Badjoeri, 2008). Menurut Shotts, *et.al.* (1972) infeksi oleh bakteri *Aeromonas hydrophila* and *Aeromonas shigelloides* pada berbagai spesies ikan dan reptil di perairan danau dipengaruhi oleh eutrofikasi dan penurunan jumlah oksigen terlarut.

Aeromonas hydrophila adalah salah satu spesies dari kelompok bakteri aeromonad yang umum terdapat di perairan dan merupakan komponen dari mikroflora usus ikan yang normal. Bakteri *A. hydrophila* merupakan patogen oportunistik atau merupakan bakteri penginvansi sekunder pada ikan yang telah terserang penyakit infeksi oleh bakteri lain atau penyakit non-infeksi (IRRB, 2007). Serangan *A. hydrophila* pada ikan ditunjukkan oleh gejala-gejala seperti perdarahan pada kulit (*hemorrhagic septicemia*) atau diare bila menyerang organ pencernaan (Swarzt, 2004; Khemis, *et.al.*, 2008). Patogenitas *A. hydrophila* disebabkan oleh produksi toksin berupa molekul monomerik yang dinamakan aerolisin. Aerolisin merupakan kelompok toksin yang pengikatannya pada sel inang (*host cell*) menyebabkan pembentukan pori pada membran sel sehingga komponen sitoplasma keluar dari sel inang (Swarzt, 2004).



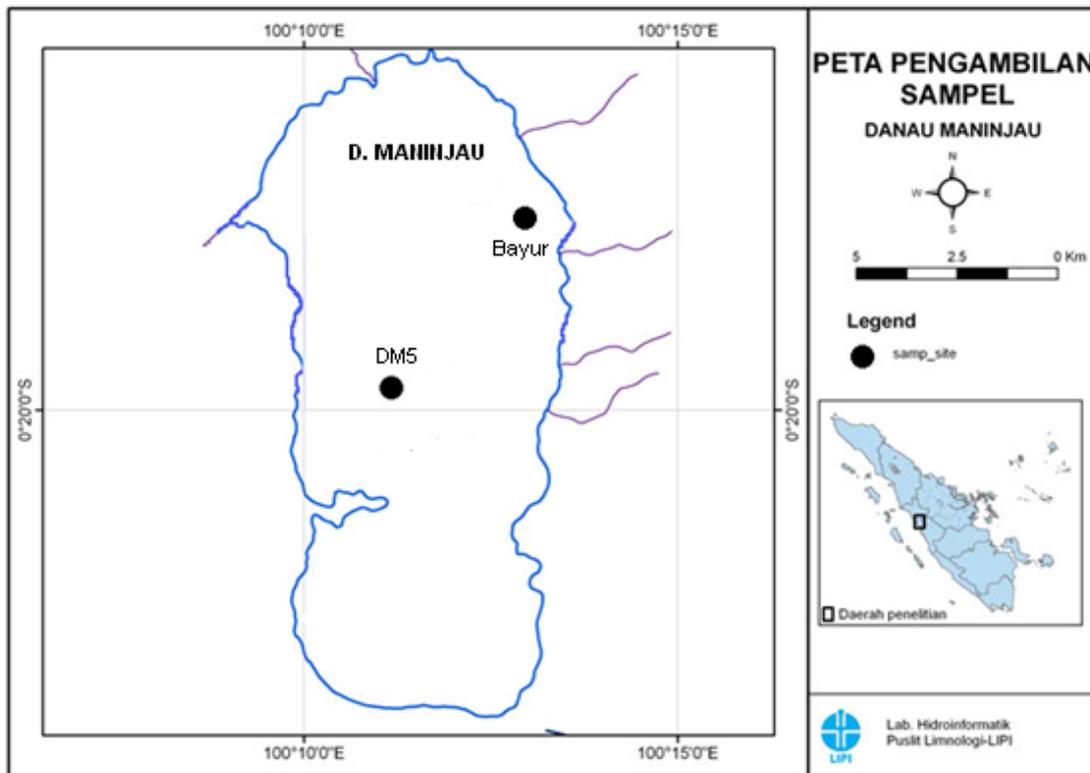
Gambar 1. Serangan *Aeromonas hydrophila* pada ikan dapat menyebabkan perdarahan pada kulit (*hemorrhagic septicemia*).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan *A. hydrophila* dipengaruhi oleh suhu. Hasil penelitian Hagen (1979) mendapatkan bahwa kepadatan *A. hydrophila* tertinggi ditemukan di area yang bersuhu lebih tinggi dibandingkan dengan area lainnya. Selain itu, di area yang sama, tingkat keparahan infeksi ikan “largemouth bass” lebih tinggi dibandingkan area lain. Sementara itu menurut Marcogliese (2001) parasit dalam sistem perairan akan memberikan respon secara langsung terhadap perubahan suhu perairan.

Hasil pemantauan terhadap suhu air permukaan Danau Maninjau selama tahun 2006-2008 menunjukkan suhu berkisar antara 28,5°C – 29,5°C (Triyanto, et.al, 2006; Suryono, 2007; Sulawesty, 2008). Suhu permukaan Danau Maninjau pada tahun-tahun tersebut sedikit mengalami peningkatan dibandingkan suhu tahun 2002 yang berkisar antara 27,62°C – 28,29°C (Nomosatryo, et.al., 2002). Perubahan ini diduga berhubungan dengan efek pemanasan global yang menyebabkan peningkatan suhu lingkungan. Peningkatan suhu air sebagai akibat perubahan iklim di lingkungan D. Maninjau diduga akan dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri *Aeromonas sp.* Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh suhu terhadap pertumbuhan salah satu spesies bakteri aeromonad, yaitu *Aeromonas hydrophila*, pada air Danau Maninjau. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengelolaan sumber daya perikanan budidaya di Danau Maninjau

BAHAN DAN METODA

Pengujian pengaruh suhu terhadap viabilitas bakteri *A. hydrophila* dilakukan secara *ex-situ* di Laboratorium Mikrobiota Puslit Limnologi LIPI. Medium uji yang digunakan adalah air permukaan dari dua lokasi D. Maninjau yaitu DM5 dan Bayur (Gambar 1). Pengambilan sampel medium uji dilakukan pada bulan Mei 2011 dengan menggunakan water sampler. Sebanyak 3 L sampel air dari tiap lokasi dimasukkan ke dalam botol polietilen steril dan didinginkan dalam refrigador.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Air Danau Maninjau

Pengujian dilakukan dengan menyiapkan 50 mL air permukaan D. Maninjau sebagai medium uji masing-masing ke dalam 5 buah erlenmeyer steril (volume 125 mL). Selanjutnya ke dalam tiap labu erlemeyer diinokulasikan 50 uL isolat *A. hydrophila* (10^5 CFU/mL) yang berumur 24 jam. Masing-masing biakan kemudian diinkubasikan pada suhu 20°C, 25°C, 28°C, 30°C, dan 35°C selama 24 jam sambil diaduk pada kecepatan 100 rpm. Pengujian dilakukan dalam tiga ulangan. Sebagai kontrol negatif digunakan sampel air danau tanpa penambahan bakteri yang diinkubasikan pada kondisi yang sama dengan medium uji.

Jumlah sel *A. hydrophila* setelah inkubasi 24 jam dianalisis dengan metoda cawan sebar menggunakan medium *tryptic soy agar* (TSA) yang telah diberi antibiotik ampicilin sebanyak 30 mg/L medium. Medium tersebut merupakan modifikasi dari medium pertumbuhan untuk *A. hydrophila* yang digunakan oleh Hanfield, *et.al.* (1996). Sebanyak 50 uL sampel dengan tingkat pengenceran 10^{-4} – 10^{-6} disebarkan dalam medium TSA berampicilin dan diinkubasikan selama 24 jam pada suhu ruang. Sebagai pembanding bentuk koloni digunakan preparat isolat murni *A. hydrophila* yang ditumbuhkan dalam medium serupa.

Analisis kualitas air Danau Maninjau meliputi beberapa parameter kimia yaitu *total organic matter* (TOM), ammonium, nitrit, nitrat, total N, dan total P. Metoda titrasi permanganatometri digunakan untuk menganalisis nilai TOM, sedangkan kadar ammonium, nitrit, nitrat, total N, dan total P menggunakan metoda spektrofotometri (Tabel 1). Pengukuran parameter DO, pH, suhu, konduktivitas medium uji dilakukan secara *in-situ* pada saat pengambilan sampel menggunakan alat DO-meter YSI dan *water quality checker* Horiba U-10.

Tabel 1. Metoda Analisis Kimia Air

Parameter Kimia	Metoda Analisis	Referensi
1. <i>Total organic matter</i> (TOM)	Titrasi permanganatometri	Uchida, 1997.
2. Amonium (N-NH ₄)	Metoda fenat (spektrofotometri)	APHA, 2005.
3. Nitrat (N-NO ₃) dan total N	Metoda brusin (spektrofotometri)	Jenkins and Medsken, 1964
4. Nitrit (N-NO ₂)	Metoda sulfanilamide (spektrofotometri)	APHA, 2005.
5. Total P	Metoda ammonium molibdat (spektrofotometri)	APHA, 2005.

Analisis statistik pertumbuhan sel bakteri pada tiap kondisi suhu dilakukan dengan menggunakan uji *One Way ANOVA* untuk mengetahui pengaruh jenis medium uji (DM5 dan Bayur) dan pengaruh suhu inkubasi terhadap viabilitas isolat uji. Program yang digunakan untuk melakukan uji *One Way ANOVA* adalah MINITAB 14.

HSIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan oleh Puslit Limnologi dari tahun 2006 – 2008 terhadap status trofik Danau Maninjau mengindikasikan bahwa danau ini telah masuk dalam kriteria eutrofik ringan (Triyanto, et.al, 2006; Trisuryono, 2007; Sulawesty, 2008). Hasil analisis terhadap sampel air Danau Maninjau yang diambil pada bulan Mei 2011 (Tabel 2) memberikan hasil dengan kisaran yang sama dengan tahun 2006 – 2008.

Tabel 2. Kualitas Air di Lokasi DM5 dan Bayur, Danau Maninjau, pada bulan Mei 2011.

Parameter	Satuan	Lokasi		Rata-rata
		DM5	Bayur	
Suhu	oC	29,1	28,3	28,7
DO	mg/L	8,44	7,25	7,845
Turbiditas	NTU	10,67	10,5	10,585
Konduktivitas	mS/cm	0,129	0,125	0,127
N-NH ₄	mg/L	0,3244	0,2794	0,3019
N-NO ₂	mg/L	0,0021	0,0015	0,0018
N-NO ₃	mg/L	0,1896	0,1933	0,1915
Total N	mg/L	0,8138	0,7870	0,8004
Total P	mg/L	0,0767	0,0380	0,0574
TOM	mg/L	8,706	5,562	7,134
Klorofi-a	mg/m ³	21,8560	21,6160	21,7360

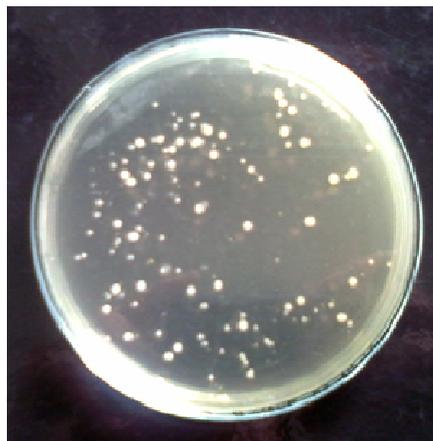
Tingginya kandungan bahan organik (7,134 mg/L sebagai angka permanganat) dan total nitrogen (0,8004 mg/L) merupakan kondisi yang mendukung bagi pertumbuhan berbagai jenis bakteri, termasuk diantaranya bakteri patogen *Aeromonas sp.* Hasil penelitian Badjoeri (2008) menunjukkan bahwa bakteri *Aeromonas sp.* dan *Aeromonas salmonicida* terdeteksi keberadaannya di beberapa lokasi karamba jaring apung (KJA) di Danau Maninjau.

Kesesuaian air Danau Maninjau bagi pertumbuhan bakteri *Aeromonas hydrophila* juga didapati dalam penelitian ini. Medium uji yang digunakan pada penelitian ini adalah air Danau Maninjau tanpa adanya penambahan nutrisi lain. Bakteri *A. hydrophila* yang konsentrasi awalnya $6,11 \times 10^5$ CFU/mL secara rata-rata naik menjadi $7,371 \times 10^7$ CFU/mL (atau 120 kali lipat) setelah inkubasi selama 24 jam (Tabel 3).

Tabel 3. Jumlah bakteri *Aeromonas hydrophila* yang tumbuh dalam medium air Danau Maninjau pada kondisi suhu pengujian setelah 24 jam inkubasi

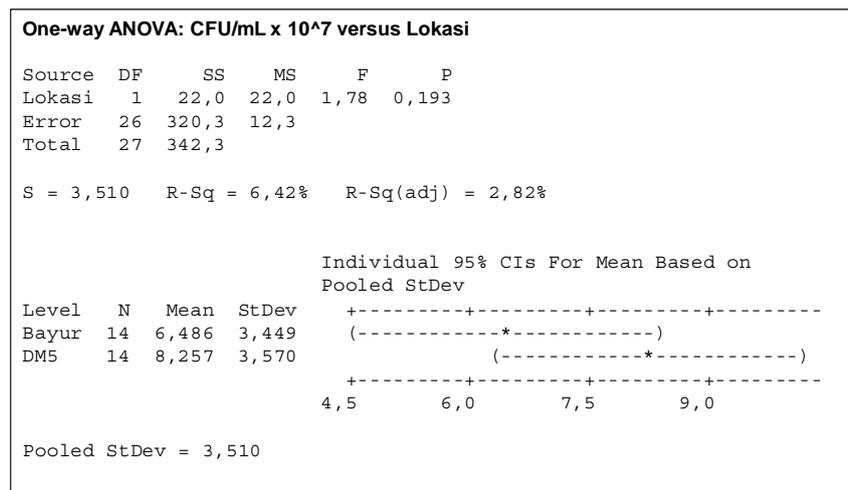
suhu	Jumlah Bakteri (CFU/mL) x 10 ⁷							Rata-rata	St. Dev
	Bayur1	Bayur2	Bayur3	DM5-1	DM5-2	DM-5			
20	1,9	6,7	8	13,8	5,6	5,7	6,950	3,92	
25	0,6	7,1	10	-	6,2	14	7,580	4,95	
28	-	8	13,4	9,7	2,8	8	8,380	3,82	
30	4,2	10,6	4,3	9,5	2,3	10,2	6,850	3,65	
35	5,2	6,6	4,2	7,8	11,6	8,4	7,300	2,63	

Pada pengujian pengaruh suhu inkubasi terhadap pertumbuhan *A. hydrophila*, medium uji yang digunakan tidak disterilisasi terlebih dahulu. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari perubahan karakteristik sampel air Danau Maninjau akibat sterilisasi, sehingga hasil yang diharapkan dapat mendekati keadaan sebenarnya di lapangan. Oleh sebab itu dalam pengujian disertakan kontrol negatif, yaitu medium uji tanpa penambahan isolat *A. hydrophila*, yang diinkubasi dalam kondisi yang sama dengan kultur uji. Koloni bakteri yang muncul dari biakan kontrol adalah bakteri indigenus asal Danau Maninjau yang bersifat tahan terhadap antibiotik ampisilin (Gambar 3). Jumlah bakteri indigenus tahan ampisilin dalam medium kontrol jauh lebih kecil (0,032 % atau $2,4 \times 10^4$ CFU/mL) dibandingkan jumlah bakteri *A. hydrophila* yang diinokulasikan, sehingga pada penelitian ini diasumsikan keberadaan bakteri indigenus tahan ampisilin dalam medium uji dapat diabaikan.



Gambar 3. Koloni bakteri indigenus Danau Maninjau dalam medium TSA yang mengandung ampisilin 30 mg/L.

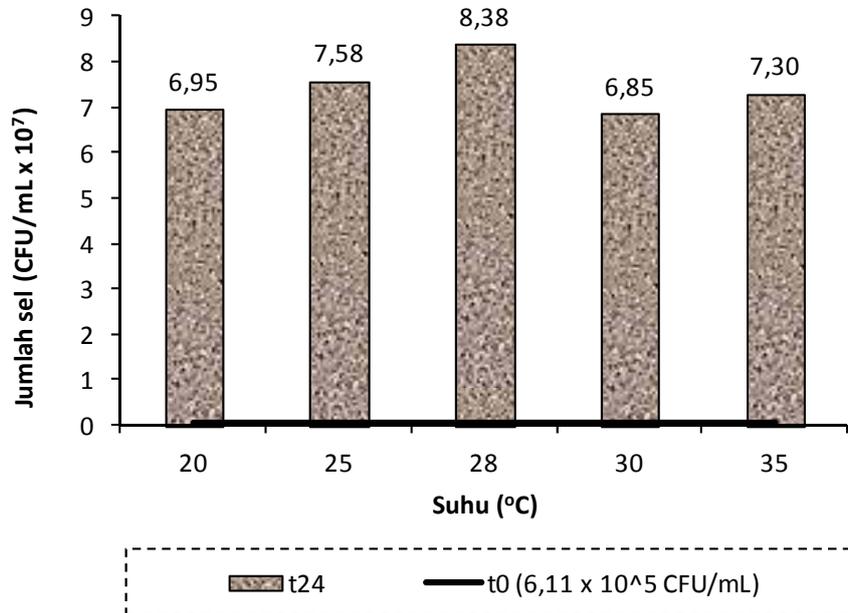
Jumlah bakteri *A. hydrophila* yang tumbuh dalam sampel DM5 relatif lebih tinggi ($8,257 \times 10^7$ CFU/mL) dibandingkan dalam sampel Bayur ($6,486 \times 10^7$ CFU/mL). Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan nutrisi N, P, dan bahan organik (TOM) dalam sampel DM5 yang lebih tinggi dibandingkan sampel Bayur sehingga lebih mendukung bagi pertumbuhan *A. hydrophila* (Tabel 2). Tingginya kandungan nutrisi di bagian tengah Danau Maninjau juga ditemukan pada penelitian sebelumnya (Triyanto, et.al, 2006; Suryono, 2007; Sulawesty, 2008). Menurut Suryono (2007) tingginya kandungan nutrisi di bagian tengah danau disebabkan akumulasi bahan organik yang berasal di bagian pinggiran seperti daerah KJA. Walau demikian, secara statistik pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* di medium DM5 tidak berbeda nyata dengan pertumbuhan di medium Bayur yang ditunjukkan dengan nilai $p = 0,193$ pada α -level 0,05 (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil uji *One Way ANOVA* jumlah bakteri *A. hydrophila* terhadap jenis medium uji.

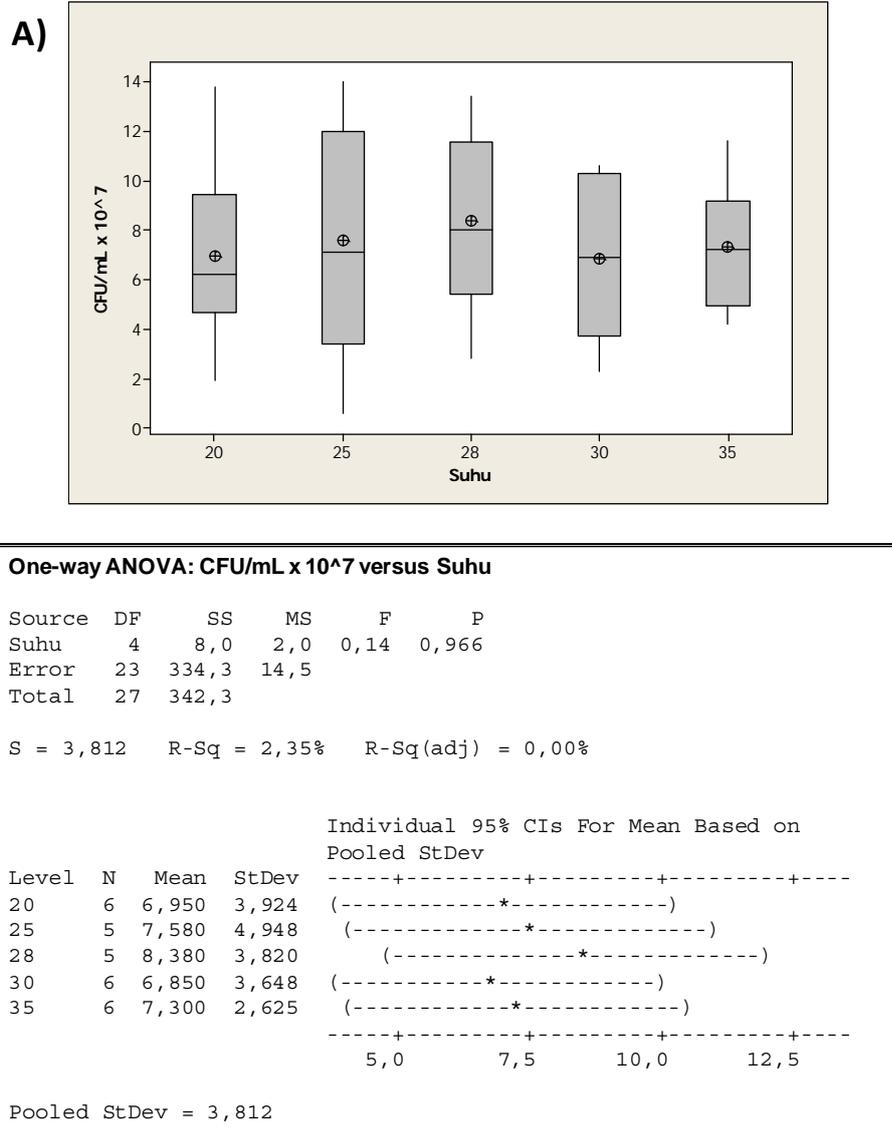
Jumlah rata-rata bakteri *A. hydrophila* yang tumbuh dalam kedua medium uji pada berbagai suhu inkubasi dapat dilihat dalam Gambar 5. Pada gambar tersebut terlihat bahwa inkubasi pada suhu 28°C menghasilkan jumlah bakteri yang lebih besar ($8,38 \times 10^7$ CFU/mL) dibandingkan inkubasi pada suhu lainnya. Kenaikan suhu inkubasi dari 20°C - 28°C disertai dengan peningkatan jumlah bakteri *A. hydrophila* setelah inkubasi 24 jam, sedangkan peningkatan suhu lebih lanjut yaitu 30-35°C menyebabkan penurunan jumlah bakteri. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa suhu

inkubasi 28°C merupakan suhu optimum pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* dalam medium air Danau Maninjau.



Gambar 5. Jumlah sel bakteri *Aeromonas hydrophila* dalam medium air Danau Maninjau pada suhu inkubasi yang berbeda

Grafik boxplot dari pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* pada berbagai suhu inkubasi disajikan dalam Gambar 6A. Dalam grafik tersebut terlihat bahwa data jumlah bakteri yang tumbuh dari tiap suhu inkubasi memiliki rentang yang cukup lebar terutama pada suhu 25°C. Walau demikian, tidak ditemukan adanya *outlier* dari data tiap pengujian suhu. Rentang data yang saling berimpit ditemukan di setiap suhu uji. Hal ini mengindikasikan pengujian kelima suhu inkubasi tidak memberikan hasil yang berbeda nyata. Hasil uji statistik *one way* ANOVA yang dilakukan menguatkan dugaan tersebut. Secara statistik perbedaan suhu inkubasi pada rentang 20°C – 35°C tidak memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* dengan nilai $p = 0,966$ (Gambar 6B) pada tingkat kepercayaan 95%. Pertumbuhan bakteri *A. hydrophila* yang tidak berbeda nyata pada rentang suhu 20°C – 35°C diduga karena rentang suhu tersebut berada dalam kisaran suhu inkubasi yang disukai bakteri ini yaitu antara 25 – 30°C (IRRB, 2007).



Gambar 6. Grafik boxplot (A) dan hasil analisis *one way* ANOVA (B) jumlah sel *Aeromonas hydrophila* terhadap suhu inkubasi

KESIMPULAN DAN SARAN

Bakteri *Aeromonas hydrophila* mampu tumbuh dengan baik dalam medium air Danau Maninjau karena kandungan nutriennya yang cukup tinggi. Inkubasi pada suhu 28°C memberikan hasil pertumbuhan yang optimum dibandingkan suhu 20°C, 25°C, 30°C, dan 35°C, walau secara statistik hasilnya tidak berbeda nyata (nilai p = 0,966 pada selang kepercayaan 95%).

Kisaran suhu yang sama didapati juga pada saat pengambilan sampel air Danau Maninjau di bulan Mei 2011. Suhu air permukaan rata-rata di kedua lokasi yaitu Bayur dan DM5 adalah 28,7°C (Tabel 2), sehingga disimpulkan bahwa kondisi suhu Danau

Maninjau pada bulan Mei 2011 dapat memberikan pertumbuhan yang optimum bagi bakteri *A. hydrophila* indigenus. Hal ini patut diwaspadai bagi para petani KJA karena bakteri *A. hydrophila* merupakan bakteri patogen yang serangannya pada ikan budidaya dapat menyebabkan kematian.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. American Public Health Association Inc., New York: 4-170 – 4-175, 4-186 – 4-189.
- Esch, G. W., and T. C. Hazen. 1980. Stress and body condition in a population of Largemouth bass: implications for red-sore disease. *Transac. Am. Fish. Soc.* **109** (5):532-536.
- Fakhrudin, Wibowo, H., Agita R, Hadiid, Ridwansyah, I., Daruati, D., dan Hamid, A. 2010. Kajian Hidroklimatologi Sebagai Dasar Pengembangan Sistem Peringatan Dini Bencana Kematian Massal Ikan di Danau Maninjau Sumbar. Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI. Puslit Limnologi – LIPI.
- Handfield, M., P. Simard, and R. Letarte. 1996. Differential Media for Quantitative Recovery of Waterborne *Aeromonas hydrophila*. *App. Environ. Microb.* **62** (9): 3544 – 3547.
- Hazen, T.C. 1979. Ecology of *Aeromonas hydrophila* in South Carolina Cooling Reservoir. *Microbial Ecology*. **5**: 179 – 195.
- IRRB. 2007. Parasites and Pathogens of Fish from Devils Lake, Sheyenne River, Red River and the Red River Delta in Report for the Fall 2006 Program. The International Red River Board, USA.
- Jenkins, D., and L. Medsken. 1964. A brucine method for the determination of nitrate in ocean, estuarine, and fresh waters. *Anal. Chem* **36**: 610.
- Khemis, F., R. Massoudi, S. Ahmadi, S. Ghouli-Mazgar, S. Safta, A.A. Moshtaghie, and D. Saidane. 2008. *Aeromonas hydrophila* disturbs water and electrolyte transport in *Mugil cephalus* L. intestine. *African J. Biotech.* **7** (4): 373 – 380.
- Marcogliese, D.J. 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Can.J.Zool.* **79**:1331–1352(2001).
- Nomosatryo, N., D.I. Hartoto, Sulastris, Sugiharti, I.Ridwansyah, dan M.Badjoeri. 2002. Kondisi Parameter Fisikokimia Limnologis Danau Maninjau. Laporan Teknis 2002. Puslit Limnologi LIPI. Hlm: 182-190.

- Rouf, M.A., and M.M. Rigney. 1971. Growth Temperatures and Temperature Characteristics of *Aeromonas*. *App. Microbiology*. **22**(4) : 503-506.
- Shotts, E.B., J.L. Gaines, L. Martin, and A.K. Prestwood. 1972. *Aeromonas*-induced deaths among fish and reptiles in an eutrophic inland lake. *Journal Am.Vet. Med. Association*. **161** (6) : 603-607.
- Suryono, T. 2007. Kajian Karakteristik Limnologi Danau Maninjau Pasca Program Penyehatan Danau Sebagai Dasar Penyusunan Kebijakan Pengelolaan Danau yang Berkelanjutan. Laporan Teknis DIPA 2007. Puslit Limnologi – LIPI.
- Sulawesty, F. 2008. Pengembangan Database, Stasiun Limnologi Danau Maninjau-Sumbar dan Laboratorium Alam Situ Cibuntu-Cibinong. Laporan Teknis DIPA 2008. Puslit Limnologi –LIPI.
- Swartz, M.N. 2004. Skin microbiology. *The Desk Encyclopedia of Microbiology* (ed. M. Schaechter). USA, Elsevier Academic Press. pp: 911, 434.
- Triyanto, Hartoto, D.I., Henny C.A., Badjoeri, M., Sulawesty, F., Yuniarti, I., Nomosatryo, S., Mardiaty, Y., Sugiarti dan Sutrisno. 2006. Kajian Karakteristik Limnologi Danau Maninjau Pasca Program Penyehatan Danau Sebagai Dasar Penyusunan Kebijakan Pengelolaan Danau yang Berkelanjutan. Laporan Teknis DIPA 2006. Puslit Limnologi – LIPI.

ANALISIS SEDIMENTASI DANAU RAWAPENING DENGAN MENGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Agus Wuryanta dan Paimin

*Peneliti pada Balai Penelitian Teknologi Kehutanan
Pengelolaan Daerah Aliran Sungai
Jl. A. Yani Pabelan. Kotak Pos 295. Solo.
Bpt.kpdas@gmail.com*

ABSTRAK

Danau Rawa Pening menjadi salah satu prioritas penanganan permasalahan lingkungan hidup terkait dengan tingginya sedimentasi, hal tersebut disebabkan karena tingginya erosi dari lahan di Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Rawa Pening. Daerah Tangkapan Air Danau Rawapening dibagi menjadi 9 (sembilan) sub Daerah Aliran Sungai (sub DAS). Tujuan kajian adalah melakukan analisis sedimentasi Danau Rawa Pening dengan menggunakan teknologi Penginderaan Jauh (PJ) dan analisis erosi lahan pada wilayah DTA dengan menggunakan perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG). Citra satelit yang digunakan untuk analisis sedimentasi Danau Rawa Pening adalah citra satelit Landsat Thematic Mapper/TM tahun perekaman 1992, 2003, 2006, dan 2009. Peta erosi potensial skala 1:100.000 tahun 1987 digunakan untuk mendapatkan informasi erosi di DTA. Informasi penutupan/penggunaan lahan diperoleh dari peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 yang diperbaharui dengan citra satelit SPOT perekaman tahun 2006. Berdasarkan hasil analisis spektral citra landsat TM pada tubuh air di Danau Rawapening menunjukkan telah terjadi peningkatan nilai spektral pada kanal biru ($0,52 \mu\text{m}$ – $0,60 \mu\text{m}$) yang mengindikasikan adanya peningkatan sedimentasi (terutama dari Sub DAS Rengas dan Sub DAS Panjang). Berdasarkan peta erosi potensial, wilayah Sub DAS Panjang didominasi oleh tipe erosi potensial sedang (200 – 500 ton/ha/tahun) yaitu seluas 1991,26 ha dengan penutupan lahan dominan tegalan/lahan sayur seluas 1.706,15 ha. Di wilayah Sub DAS Rengas didominasi jenis erosi potensial sedang (200 – 500 ton/ha/tahun) yaitu seluas 1669,79 ha, didominasi oleh penutupan lahan tegalan/lahan sayur seluas 537,95 ha. Peningkatan sedimentasi di Danau Rawa Pening berasal dari erosi lahan di wilayah Sub DAS Rengas dan Panjang.

Kata kunci : Sedimentasi, Citra Satelit, dan SIG

ABSTRACT

Lake Rawa Pening is one of the priority handling of environmental issues associated with high sedimentation, it is caused by high erosion of land in water catchment area. Water catchment area of Lake Rawapening can be divided into nine sub watersheds. Purposes of the study are to analyze sedimentation of Lake Rawapening by using remote sensing technology and to analyze soil erosion on the water catchment area using Geographic Information System (GIS) tool. Landsat Thematic Mapper multitemporal images (the year of 1992, 2003, 2006, and 2009) recording are used to analyze sedimentation of Lake Rawa Pening. Information of soil erosion vulnerability can be obtained from potential soil erosion map scaled 1:100.000, landuse information is obtained from Indonesian Topographic Map scale of 1:25.000 as updated by using SPOT image (2006 recorded). Based on spectral analysis of landsat TM images on the water body of Lake Rawa Pening shows that spectral value of blue channel ($0.52 \mu\text{m}$, $0.60 \mu\text{m}$) tends to increase (mainly from Rengas and Panjang sub watershed). While potential erosion map analysis results Rengas and Panjang Sub Watershed is dominated by moderate potential erosion type (200 – 500 ton/ha/year). The area is dominated by unirrigated agricultural field/vegetable land.

Keywords : sedimentation, Remote Sensing Technology, and GIS

PENDAHULUAN

Sedimentasi di Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang terus mengalami peningkatan dari 133,75 m³ pada tahun 1993 menjadi 149,22 m³ pada tahun 2003. Akibatnya daya tampung air Danau Rawa Pening menurun sekitar 16 juta m³ selama kurun waktu 28 tahun (1976 s/d 2004) yaitu dari 65 juta m³ menjadi 49 juta m³ (Kompas. 2009). Apabila tidak segera dilakukan upaya penyelamatan, eksistensi danau alami tersebut terancam dan diperkirakan pada tahun 2021 Rawapening akan berubah menjadi daratan. Salah satu penyebabnya adalah pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan (daya dukung) lahan di Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Rawa Pening sehingga berakibat tingginya erosi yang selanjutnya terendapkan (sedimen) di danau tersebut. Daerah Tangkapan Air (DTA) Danau Rawa Pening terletak di bagian hulu Daerah Aliaran Sungai (DAS) Tuntang.

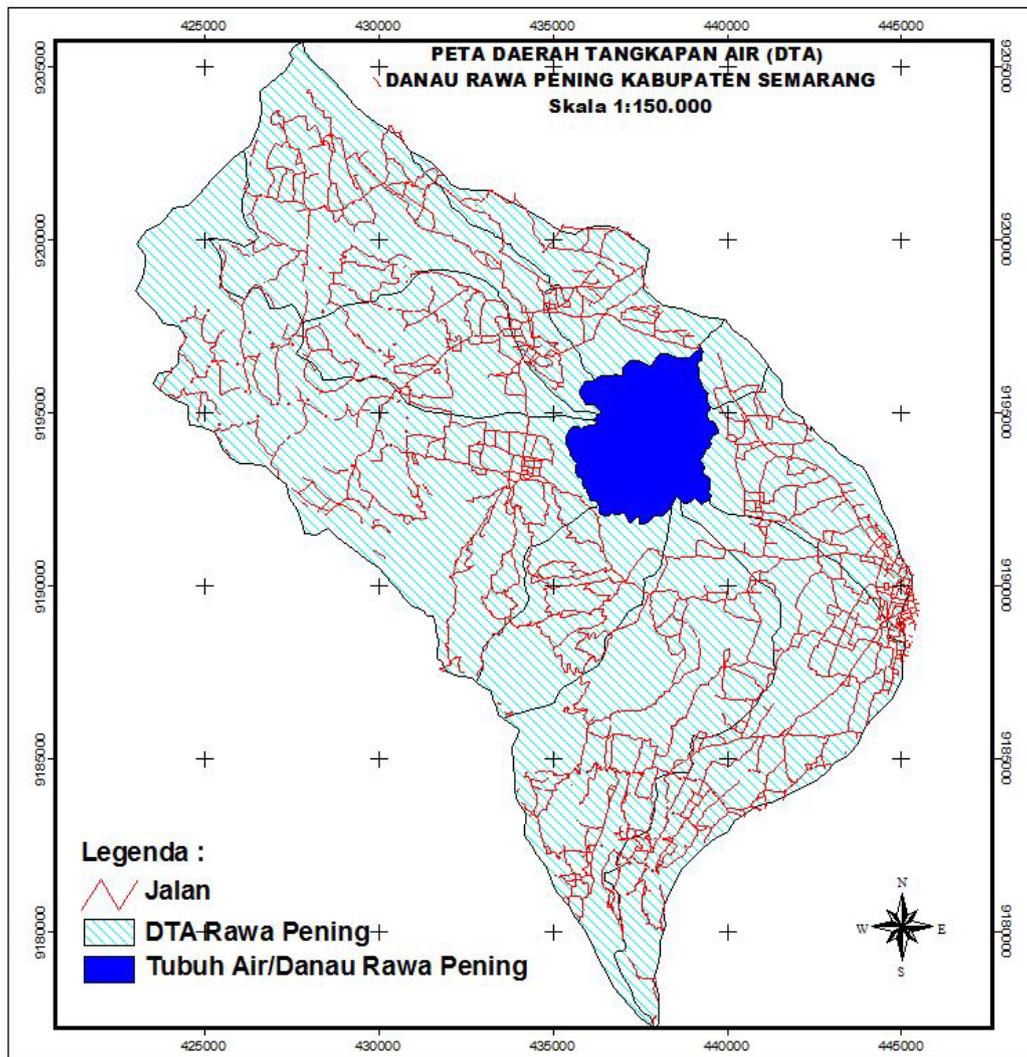
Ekosistem DAS bagian hulu merupakan bagian yang penting karena mempunyai fungsi perlindungan antarlain fungsi tata air terhadap seluruh bagian DAS (Asdak.1995). Aktivitas pemanfaatan lahan di wilayah DAS bagian hulu seperti konversi lahan hutan, pengolahan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung lahan mengakibatkan degradasi sumber daya lahan, meningkatnya erosi dan sedimentasi yang berdampak pada wilayah DAS di bawahnya dalam bentuk pendangkalan sungai, waduk, dan saluran irigasi (Wuryanta., 2011).

Tujuan kajian adalah untuk melakukan analisis peningkatan sedimentasi Danau Rawa Pening dengan pendekatan nilai spektral citra satelit dan melakukan identifikasi sumber erosi wilayah DTA Danau Rawa Pening.

BAHAN DAN METODE

A. Lokasi

Lokasi kajian terletak di DTA Rawapening. DTA Rawapening merupakan bagian hulu DAS Tuntang. Secara administratif Sebagian besar DTA Rawapening terletak di Kabupaten Semarang, dan secara geografis terletak pada koordinat 110°17' BT s/d 110°30' BT dan 7°5' LS s/d 7°25' LS. Lokasi kajian terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi kajian

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan untuk kegiatan kajian ini adalah

1. Peta – peta dasar, antara lain :
 - Peta RBI skala 1 : 25.000
 - Peta kontur, jaringan jalan dan jaringan sungai
 - Peta situasi dan administrasi.
 - Peta tanah
 - Peta erosi potensial skala 1:100.000
2. Citra satelit digital

- Citra satelit digital SPOT 2 perekaman 2006
 - Citra satelit Landsat Thematic Mapper (TM) tahun perekaman 1992, 2003, 2006, dan 2009
3. Alat tulis seperti pensil dan balpoint
 4. Kertas printer dan tinta warna (*cartridge*) untuk warna hitam, kuning, magenta dan cyan.

Sedangkan peralatan yang diperlukan antara lain :

1. Peralatan survei lapangan antara lain:
 - GPS (*Global Positioning System*)
2. Peralatan untuk pengolahan data digital dan SIG, antara lain
 - Perangkat keras (*hard ware*) berupa komputer
 - Perangkat lunak (*soft ware*) untuk analisis citra yaitu ErdasImagine versi 8.7, Ilwis 3.2, PC Arc/Info versi 3.4D plus dan ArcView 3.3 untuk analisa SIG. Untuk tabulasi diperlukan Exel, microsoft word dan DBASE IIIPlus.

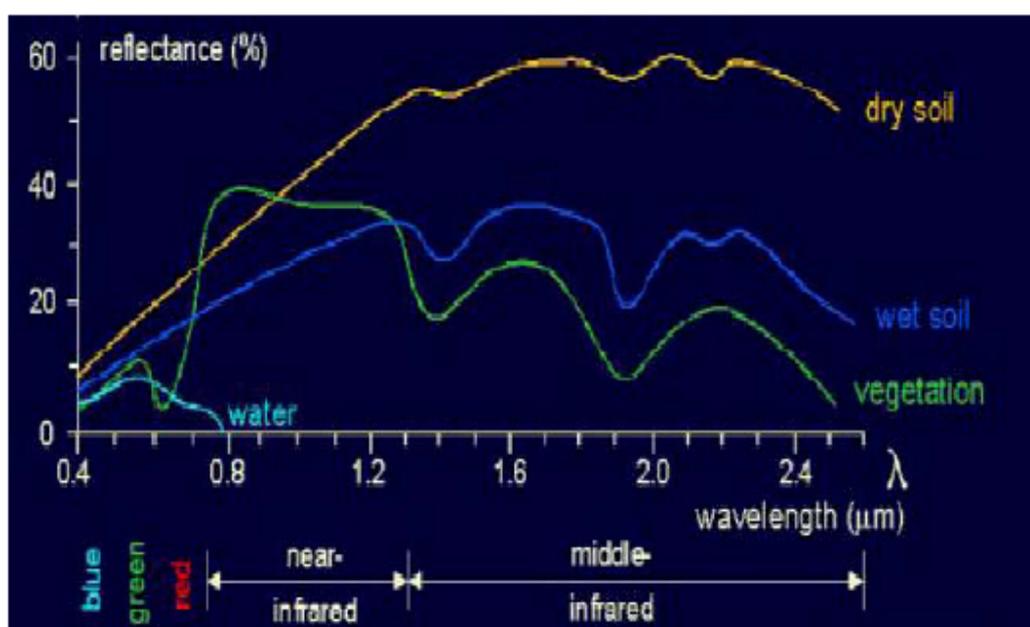
C. Metode

Citra satelit yang digunakan untuk analisis tingkat sedimentasi Rawapening adalah citra satelit Landsat 5 Thematic Mapper/TM (16 Juli 1992), citra landsat 7 Enhance Thematic Mapper Plus/ETM+ (perekaman 06 Mei 2003, 05 Agustus 2006, dan 06 Mei 2009). Citra Landsat 5 TM menggunakan 7 panjang gelombang, sedangkan citra Landsat 7 ETM+ menggunakan 8 panjang gelombang (Tabel 1).

Tabel 1. Nama dan Panjang Gelombang pada Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+

Citra Landsat 5 TM			Citra Landsat 7 ETM+		
Panjang gelombang (µm)	Spektral	Resolusi Spasial (m)	Panjang gelombang (µm)	Spektral	Resolusi Spasial (m)
0,45 – 0,52	biru	30	0.45 - 0.51	biru	30
0,52 – 0,60	hijau	30	0.52 - 0.60	hijau	30
0.63 - 0.69	merah	30	0.63 - 0.69	merah	30
0,76 – 0,90	inframerah dekat	30	0.76 - 0.90	inframerah dekat	30
1,55–1,75	inframerah tengah	30	1.55 - 1.75	inframerah sedang	30
10,40 – 12,50	inframerah termal	120	10.4 - 12.5	inframerah thermal	60
2,08–2,35	inframerah tengah	30	2.08 - 2.35	inframerah sedang	30
			0.52 - 0.90	pankromatik	15

Pengenalan obyek pada citra dilakukan dengan menyidik (*tracing*) karakteristik spektral obyek yang tergambar pada citra penginderaan jauh. Obyek yang banyak memantulkan dan memancarkan tenaga elektromagnetik ke sensor akan tampak cerah (nilai kecerahannya tinggi). Sedangkan obyek yang sedikit memantulkan tenaga dan banyak menyerap tenaga elektromagnetik akan tampak gelap pada citra (Sutanto, 1986). Respon spektral obyek (tanah/soil, vegetasi/vegetation, dan air/water) terhadap tenaga elektromagnetik diilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2. Kurva spektral obyek (Tubuh air, Tanah dan Vegetasi) (*University of Concepcion, 2003 dalam Berrios, 2004*)

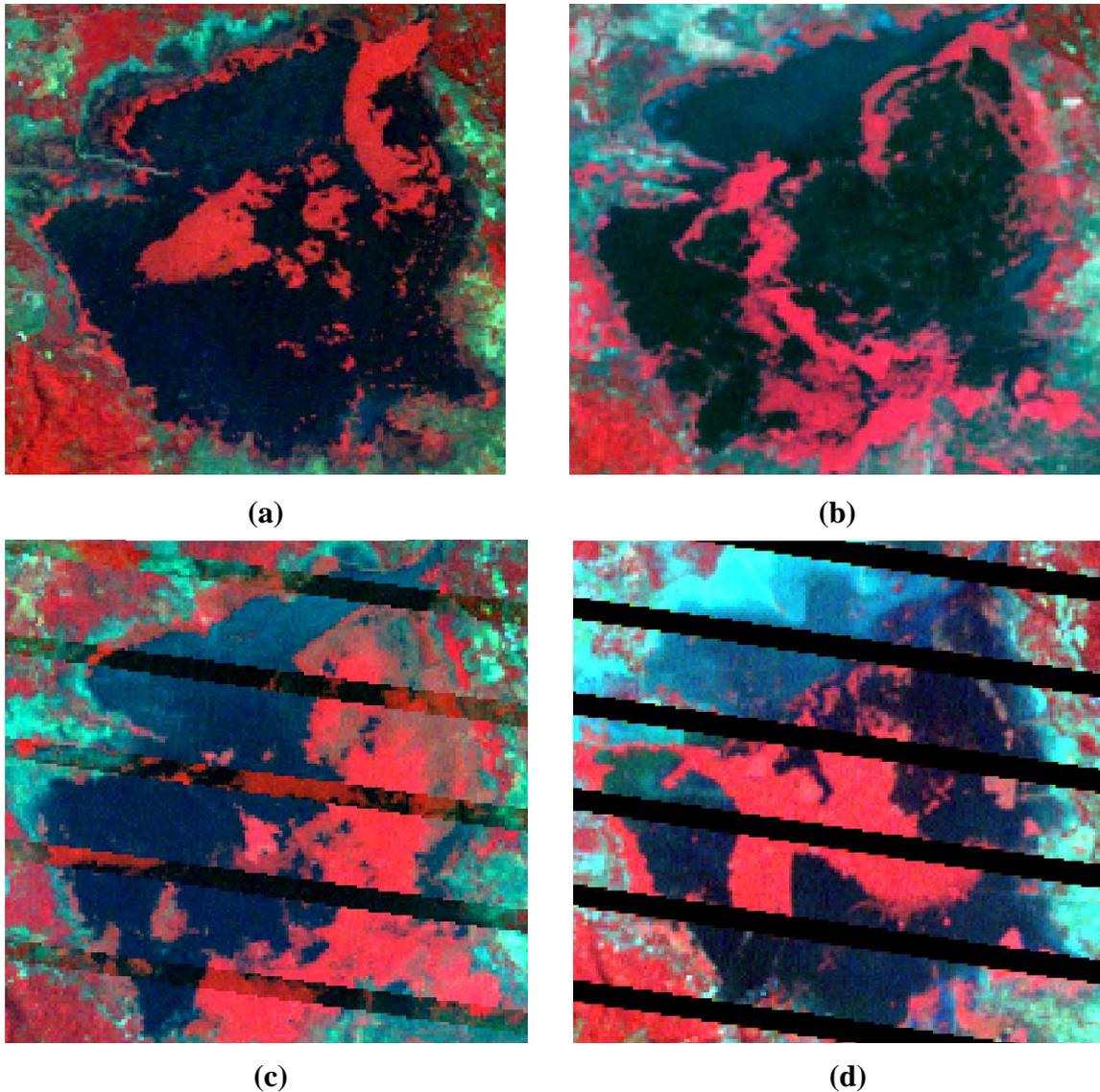
Berdasarkan gambar 2. Panjang gelombang 0,4 – 0,6 μm (spektral biru) memiliki kepekaan yang tinggi terhadap tubuh air yang berarti bahwa nilai spektralnya tinggi. Oleh karena itu analisis sedimentasi yang tercermin dari tingkat kekeruhan air didekati dengan perubahan nilai spektral pada panjang gelombang 0,4 – 0,6 μm (spektral biru)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Sedimen Melalui Spektral Citra Satelit

Untuk analisis tingkat sedimentasi di Rawa Pening digunakan 3 spektral (baik pada citra Landsat 5 TM maupun citra Landsat 7 ETM+) yaitu spektral biru, merah, dan inframerah dekat. Ketiga spektral tersebut digunakan untuk membuat citra komposit

warna semu (*false colour composite*) dengan komposisi spektral inframerah dekat pada kanal (band) merah, spektral merah pada kanal hijau, dan spektral hijau pada kanal biru (gambar 3).



Gambar 3. (a) Citra Landsat 5 TM (16 Juli 1992) – (b) Citra Landsat 7 ETM+ (06 Mei 2002) – (c) Citra Landsat 7 ETM+ (05 Agustus 2006) – (d) Citra Landsat 7 ETM+ (06 Mei 2009)

Berdasarkan hasil analisis nilai spektral pada koordinat sampel pada citra satelit landsat menunjukkan terjadinya peningkatan nilai spektral tubuh air di Danau Rawa Pening. Peningkatan nilai tersebut terutama berasal dari sungai Gajahbarong dan Durangrang (Sub DAS Rengas) serta sungai Panjang dan Torong (Sub DAS Panjang). Sungai – sungai tersebut bermuara di Danau Rawa Pening. Peningkatan nilai tersebut

mengindikasikan terjadinya peningkatan kekeruhan air oleh partikel tanah hasil erosi dari wilayah Sub DAS Panjang dan Sub DAS Rengas yang terbawa oleh keempat sungai tersebut dan diendapkan di Danau Rawa Pening. Koordinat – koordinat sampel dan nilai spektral pada masing – masing citra satelit landsat pada tabel 2.

Tabel 2. Koordinat – koordinat titik sampel dan nilai spektral

No	Koordinat		Nilai Spektral citra Landsat											
			1992			2003			2006			2009		
	x	y	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
Sub DAS Rengas (S.Gajahbarong dan S. Durangrang)														
1	438.136,42	9.196.298,40	0	24	17	0	69	80	0	100	133	16	147	191
2	437.349,95	9.196.060,98	0	34	27	0	64	80	0	80	133	13	85	60
5	438.255,13	9.196.209,37	0	24	17	0	59	64	0	111	33	42	69	127
Rerata			0,0	27,3	20,3	0,0	64,0	74,7	0,0	97,0	99,7	23,7	100,3	126,0
Sub DAS Panjang (S.Panjang dan S. Torong)														
3	436.103,46	9.195.497,09	0	17	54	0	41	49	0	58	115	26	113	160
4	437.068,00	9.195.393,22	0	34	54	0	59	80	0	46	106	13	85	111
6	436.993,81	9.195.333,86	0	24	54	0	36	64	0	46	83	16	85	127
Rerata			0,0	25,0	54,0	0,0	45,3	64,3	0,0	50,0	101,3	18,3	94,3	132,7
Sub DAS Galeh (S. Galeh dan S. Klegung)														
7	435.554,42	9.194.488,03	0	34	64	0	27	26	0	58	88	19	103	111
8	436.162,82	9.194.220,93	0	17	54	0	50	50	0	15	74	13	85	94
9	435.910,55	9.193.434,46	0	17	33	0	27	27	0	35	83	29	25	74
Rerata			0	22,67	50,333	0	34,67	34,33	0	36	81,67	20,3	71	93
Sub DAS Legi (S. Legi dan S.Jenggul)														
10	436.207,34	9.193.286,07	0	17	33	0	27	27	0	20	74	16	16	14
11	436.459,60	9.192.351,20	0	24	17	0	24	24	0	31	83	13	34	47
12	437.379,62	9.193.894,47	0	6	27	0	41	41	0	20	83	13	34	47
Rerata			0,0	15,7	25,7	0,0	30,7	30,7	0,0	23,7	80,0	14,0	28,0	36,0
Sub DAS Ringin (S. Tapen, Kali Tengah, dan S.Ngreco)														
13	439.264,19	9.193.894,47	0	24	0	0	59	59	70	85	115	16	42	80
14	439.442,26	9.194.102,22	0	17	33	36	83	83	0	80	83	19	42	80
15	438.952,57	9.195.957,10	0	17	6	0	36	36	12	107	115	36	51	80
Rerata			0	19	13	12	59	59	27	91	104	24	45	80

Keterangan :

R (Red) untuk spektral infra merah dekat (0,76 – 0,90 um).

G (Green) untuk spektral merah (0,63 – 0,69 um).

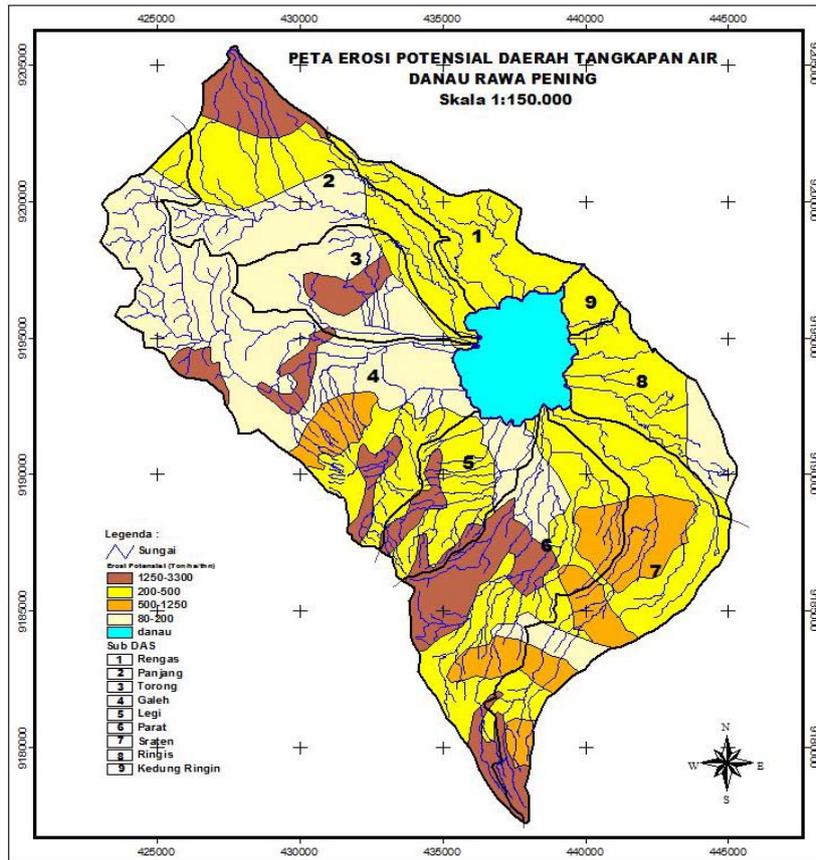
B (Blue) untuk spektral hijau (0,52 – 0,60 um).

B. Analisis Penggunaan Lahan dan Erosi Potensial

Informasi erosi potensial diperoleh dari peta erosi potensial DAS Tuntang skala 1:100.000 (gambar 4.). Berdasarkan pada peta tersebut, terdapat 4 (empat) jenis erosi potensial di DTA Danau Rawa Pening yaitu ringan – sedang (80 -200 ton/ha/th), sedang (200 – 500 ton/ha/th), sedang – berat (500 – 1250 ton/ha/th), dan berat (1250 – 3300 ton/ha/th). Di wilayah DTA Danau Rawa Pening jenis erosi potensial sedang (200 - 500 ton/ha/th) menempati areal paling luas yaitu 11.803,21 ha atau sekitar 41,57 % dari total luas DTA (28.388,41 ha). Jenis erosi potensial berat (1250 – 3300 ton/ha/th) yang menempati areal paling luas yaitu 1.372,73 ha terdapat di Sub DAS Parat (tabel 3).

Tabel 3. Erosi potensial masing – masing sub DAS di DTA Danau Rawa Pening

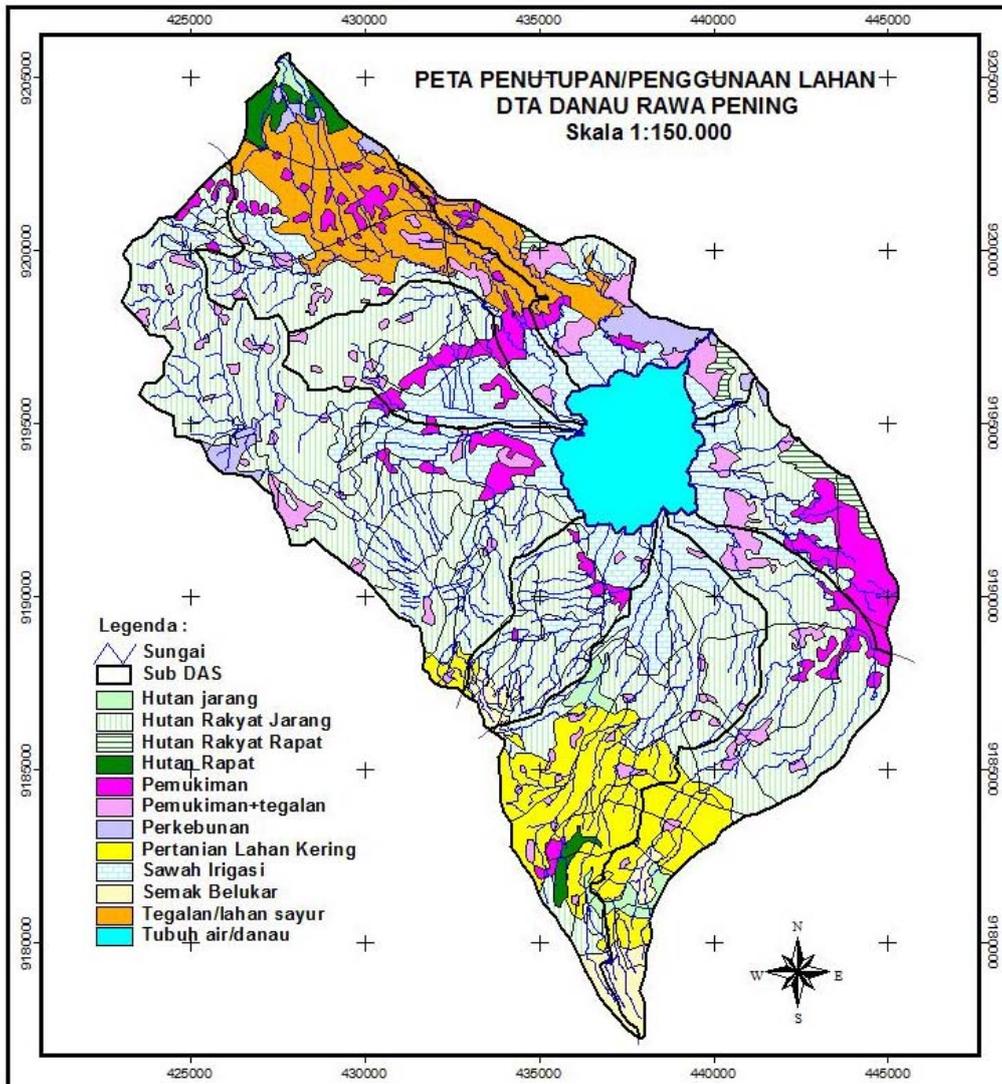
No.	Sub DAS	Erosi Potensial (ton/ha/th)				Tubuh Air	Total
		Berat	Ringan-sedang	Sedang	Sedang-Berat		
		1250 - 3300	80 - 200	200 - 500	500 - 1250		
1	Galeh	701,22	4.376,91	1.226,52	465,49	0,00	6.770,14
2	Legi	397,02	352,00	1.036,56	0,00	0,00	1.785,58
3	Panjang	694,70	1.351,02	1.991,26	0,00	0,00	4.036,98
4	Parat	1.372,73	532,66	1.865,68	744,23	0,00	4.515,29
5	Rengas	2,74	0,17	1.669,79	0,00	0,00	1.672,70
6	Sraten	226,70	255,84	2.052,61	1.319,75	0,00	3.854,89
7	Torong	349,77	1.467,57	186,51	0,00	0,00	2.003,85
8	Ringis Kedung	0,00	457,23	1.446,41	0,00	0,00	1.903,64
9	Ringin	0,00	0,00	327,87	0,00	0,00	327,87
10	Danau	0,00	0,00	0,00	0,00	1.517,46	1.517,46
Total		3.744,88	8.793,40	11.803,21	2.529,46	1.517,46	28.388,41



Gambar 4. Peta erosi potensial

Penutupan/penggunaan lahan merupakan salah satu faktor penting didalam perencanaan pengelolaan DAS. Oleh karena itu informasi yang akurat dan terkini (*up todate*) mengenai penutupan/penggunaan lahan sangat diperlukan. Informasi

penutupan/penggunaan lahan di DTA Danau Rawa Pening diperoleh dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 dan telah di up date dengan menggunakan citra satelit SPOT perekaman tahun 2006 serta pengecekan lapangan dilakukan pada tahun 2011. Peta penutupan/penggunaan lahan DTA Danau Rawa Pening disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Peta penutupan/penggunaan lahan

Penutupan/penggunaan lahan di DTA Danau Rawa Pening terdiri dari dua belas kelas yaitu hutan jarang, hutan rakyat jarang, hutan rakyat rapat, hutan rapat, pemukiman, pemukiman/tegalan, perkebunan, pertanian lahan kering, sawah irigasi, semak belukar, tegalan/lahan sayur, dan tubuh air/danau (tabel 4). Penutupan/penggunaan lahan di lokasi kajian didominasi oleh hutan rakyat jarang yaitu seluas 12.661,65 ha. Sedangkan tegalan/lahan sayur yang diduga sebagai sumber erosi

menempati areal seluas 2.247,17 ha yang sebagian besar terletak di Sub DAS Panjang (1.706,15 ha), Sub DAS Rengas (537,95 ha), dan Sub DAS Galeh (3,07 ha).

Tabel 4. Luas penutupan/penggunaan lahan di DTA Rawa Pening

No.	Penggunaan Lahan	Sub DAS (ha)									Danau	Total
		Galeh	Legi	Panjang	Parat	Rengas	Sraten	Torong	Ringis	Kedung Ringin		
1	Hutan jarang	0,00	0,16	69,34	147,73	0,00	107,58	0,00	0,00	0,00	0,00	324,81
2	Hutan Rakyat Jarang	4.912,82	1.127,99	958,76	1.825,86	162,19	2.018,97	1.108,43	491,58	55,05	0,00	12.661,65
3	Hutan Rakyat Rapat	0,00	0,00	0,00	0,00	34,40	0,00	0,00	180,07	67,52	0,00	281,98
4	Hutan Rapat	0,00	0,00	224,46	87,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	312,45
5	Pemukiman	281,27	78,19	343,04	47,14	101,71	210,92	216,57	574,03	0,00	0,00	1.852,87
6	Pemukiman+tegalan	323,47	16,11	198,32	138,55	239,88	235,21	68,14	133,38	99,82	0,00	1.452,87
7	Perkebunan	131,00	0,00	92,69	0,00	218,62	0,00	0,00	13,58	24,41	0,00	480,30
8	Pertanian Lahan Kering	99,70	22,58	0,00	1.549,57	0,00	745,72	0,00	0,00	0,00	0,00	2.417,58
9	Sawah Irigasi	1.018,81	421,00	444,22	604,58	377,95	240,38	610,71	511,00	81,09	0,00	4.309,73
10	Semak Belukar	0,00	119,54	0,00	113,88	0,00	296,13	0,00	0,00	0,00	0,00	529,55
11	Tegalan/lahan sayur	3,07	0,00	1.706,15	0,00	537,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2.247,17
12	Tubuh air/danau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.517,46	1.517,46
	Total	6.770,14	1.785,58	4.036,98	4.515,29	1.672,70	3.854,89	2.003,85	1.903,64	327,87	1.517,46	28.388,41

KESIMPULAN

1. Hasil analisis spektral citra Landsat, nilai spektral pada tubuh air Danau Rawa cenderung mengalami peningkatan (terutama muara sungai Gajahbarong dan Durangrang (Sub DAS Rengas) serta sungai Panjang dan Torong (Sub DAS Panjang) hal tersebut mengindikasikan terjadinya peningkatan sedimentasi.
2. Penutupan/penggunaan lahan di wilayah Sub DAS Panjang dan Rengas didominasi oleh tegalan/lahan sayur.

DAFTAR PUSTAKA

- _____.2009. *Rawa Pening. Kampung itu Berubah Menjadi Rawa*. Kompas, 10 Juni 2009.
- Adak, Chay. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press.Yogyakarta.
- Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wuryanta, Agus.2010. *Pemanfaatan Citra Landsat 7ETM+ dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Kerusakan Lahan Daerah Aliran Sungai Tuntang Hulu*. Prosiding Seminar Nasional dan Workshop Pengelolaan Sungai terpadu Menghadapi Perubahan Iklim. Center for River Basin Organizations and Management dan Balai Sungai, Puslitbang Sumber Daya Air. Surakarta, 24 – 25 November 2010.

KONDISI LIMNOLOGI DANAU TOLIRE, PULAU TERNATE

**Fajar Setiawan, Hendro Wibowo, Arianto Budi Santoso,
Sulung Nomosatryo, Ivana Yuniarti**
Pusat Penelitian Limnologi – LIPI
fajar@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Ternate adalah sebuah pulau vulkanik di Maluku Utara dengan gunung api aktif (G. Gamalama) berketinggian 1.715 mdpl. Di pulau ini terdapat tiga danau (Tolire Besar, Ngade dan Tolire Kecil) yang berdasarkan proses terbentuknya digolongkan sebagai danau vulkanik dengan type Maar. Pengukuran pada tahun 2011 menghasilkan informasi kondisi fisik danau Tolire dan daerah tangkapannya Danau Tolire dikelilingi oleh tebing curam setinggi 60-80m, tidak mempunyai outlet dan inlet hanya berupa alur air dari puncak Gunung. . . Luas DTA danau adalah 244,2 Ha dengan tanah ber-ordo Inceptisols dan Ultisols, dengan Iklim termasuk ke dalam tipe iklim B (Basah). Kedalaman maksimum danau 43,1 m, diameter 600 m, luas badan air 26,5 Ha, kecerahan danau 1,4 m, salinitas, DO serta profil pH dan ORP mempunyai pola yang hampir sama, yang mengindikasikan bahwa pada kedalaman antara 8 dan 9 m adalah lapisan chemocline atau oxycline. Lapisan permukaan cenderung bersifat oksidatif dan lapisan dasar reduktif. Tidak dijumpai adanya stratifikasi lapisan danau oleh perbedaan suhu, dengan suhu permukaan 30°C. Daya dukung danau terhadap biota ikan sangat rendah, karena lingkungan yang terisolir serta tingginya konsentrasi sulfida.

Kata kunci : Danau Tolire, limnologi, hidroklimatologi, morfometri

ABSTRACT

Ternate is a volcanic island in North Maluku, with Gamalama Mountain as an active volcano. The mountain has a height of 1.715 msl. There are three lakes lays on Ternate island (Tolire Besar, Ngade and Tolire Kecil), which categorized as volcanic lakes of Maar types. The field survey in 2011 resulted in an information about the physical condition of Lake Tolire and the catchment area. Lake Tolire were surrounded by steep cliffs with 60-80m height, it has no outlet and the inlet is just an intermitten gully. The catchment area is about 244,2 Ha, with the inceptisol and Ultisol soil order and the climate were categorized as type B (wet). The lake's diameter is 600 m, maximum depth is 43,1 m, water bodies is 26,5 Ha. Lake's transparancy reached 1,4 m. The DO, pH and ORP profiles have almost the same pattern, that indicate the chemocline or oxycline layer at the depth of 8 and 9 m. The surface layer tends to be oxidative and the bottom layer is reductive. There is no temperature layer stratification, the surface temperature is 30°C. The Lake's carrying capacity for fish biota is very low, because of the isolated environment, and high sulfide concentrations.

Keywords : Lake Tolire , limnology, hidroclimatology, morfometri

PENDAHULUAN

Ternate adalah nama sebuah pulau vulkanik yang secara geografik terletak pada 01°47' LU dan 127° 22' BT, Gunung berapi di pulau ini adalah Gunung Gamalama, dengan elevasi 1.715 m dpl merupakan gunung api berstrato A dengan catatan letusan sejak tahun 1538 (Pratomo dkk, 2011). Diameter pulau relatif kecil, hanya sekitar 11 km, dengan luas 76 km². Danau Tolire yang terletak di Pulau Ternate terbentuk akibat

aktivitas vulkanik dengan tipe danau maar. Biasanya danau maar dikembangkan oleh letusan freatik pada akhir aktivitas vulkanik. Danau maar umumnya berbentuk bulat, kadang-kadang dianggap sebagai kegiatan vulkanik akhir. Dalam kasus danau Tolire dan Tolire Kecil, ini mungkin berbeda karena Gunung Gamalama masih aktif hingga saat ini. Diameter danau maar dapat divariasikan antara ratusan meter hingga beberapa kilometer.

Terbentuknya danau Tolire tercatat sebagai peristiwa Maar 1775, tepatnya pada 5-7 September 1775, akibat erupsi *maar* pada lokasi di sekitar Desa Soela Takomi, (1,5 km disebelah barat-daya Desa Tokome). Erupsi didahului oleh beberapa kali gempa besar, kemudian terjadi letusan uap (*freatik*) hingga beberapa jam sebelum fajar, disertai dengan suara gemuruh dan sinar terang hingga pagi hari tanggal 7, proses erupsi *freato-magmatik* ini menysakan sebuah kawah besar dan melenyapkan (amblesnya) desa Soela Takomi yang berada di atasnya bersama penduduknya. Kawah-kawah *maar* ini kemudian terisi air dan saat ini disebut sebagai Danau Tolire Jaha dan Tolire Kecil (Bronto dkk. 1982). Tercatatnya waktu pembentukan danau dalam naskah sejarah merupakan fakta ilmiah yang menarik untuk dikaji.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data limnologi dasar danau berupa hidrometri, penggunaan lahan, tanah, hidroklimatologi, kualitas air baik secara kimia, fisika dan pengamatan parameter biotik.

BAHAN DAN METODE

Bahan

- data sekunder klimatologi lengkap stasiun Baabullah
- peta RBI Skala 1:50.000 lembar Ternate terbitan Bakosurtanal
- Citra resolusi tinggi dari Google Earth yang telah di rektifikasi

Peralatan Survey :

- | | |
|--|------------------------|
| • Echosounder, Garmin seri GPSmap 178C Sounder | • Jaring & Jala Lempar |
| • Handheld GPS | • Plankton Net |
| • Perahu Bercadik, mesin tempel | Software : |
| • Eckman Grab | • GPS Utility 5.11 |
| • Van Dorn Water Sampler | • Arcview 3.3 |
| • WQC | • Surfer 9.0 |
| | • Spreadsheet |

Survey penelitian dilakukan pada bulan juli 2011 dengan beberapa kegiatan utama berupa pemetaan batimetri danau, pemetaan batas daerah tangkapan air, jenis tanah, penggunaan lahan dan tipe vegetasi, pengukuran dan pengambilan contoh kualitas air serta pengukuran parameter biologi. Pengukuran kualitas air insitu menggunakan alat WQC sedangkan analisa laboratorium berdasarkan Standard Method (APPHA, 2005). Pengukuran dan pengambilan sampel air dilakukan secara gradual pada kolom air dengan tujuan untuk mengetahui stratifikasi lapisan air. Pengambilan sampel ikan dilakukan dengan pemasangan gill net dengan beberapa mata jaring berbeda.

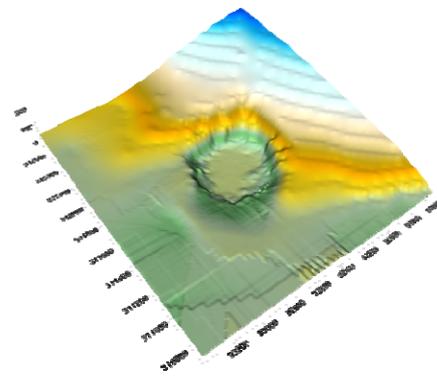
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik DTA Danau Tolire

Danau Tolire dikelilingi oleh tebing curam setinggi 60-80m tanpa tepian yang landai/pantai, sehingga seperti sebuah amblesan, tidak mempunyai outlet sedangkan inlet hanya berupa alur air dari puncak gunung, dapat dilihat pada Gambar 1. Warna air danau yang hijau menunjukkan tingkat produktivitas fitoplankton, pengukuran kecerahan danau menunjukkan nilai sebesar 140 cm.



(a)



(b)

Gambar. 1 (a) Foto Situasi Danau Tolire Besar dan Tolire Kecil
(b) View 3 dimensi daerah sekitar danau tolire, hasil pengolahan peta

DAS merupakan daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksud. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang ditetapkan berdasarkan aliran permukaan. Batas ini tidak ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian (Sriharto, 1993). Aliran permukaan tersebut menurut Linsley (1982) akan dialirkan oleh suatu sistem sungai yang saling berhubungan sedemikian rupa, sehingga aliran-aliran yang berasal dari kawasan tersebut keluar melalui suatu aliran tunggal.

Luas Daerah Tangkapan Air (DTA) danau mengacu pada definisi diatas adalah 244,2 Ha, dengan dominasi penggunaan lahan berupa perkebunan Kelapa, Pala dan semak. Gambar 2. menunjukkan kondisi penggunaan lahan DTA danau Tolire, alur air inlet dan tekstur remah tanah yang muda yang masih terus berkembang.



Gambar 2. Penggunaan Lahan dan Karakteristik Tanah di sekitar danau Tolire

Berdasarkan peta Sistem dan Kesesuaian Lahan wilayah Maluku (Puslittanak, 1988), daerah Ternate terbagi menjadi dua kompleks tanah yaitu kompleks Dystropepts, Dystrandeps dan Tropudults, serta kompleks Humitropepts dan Dystropepts. Tabel 1. menunjukkan jenis tanah, bahan induk dan fisiografi.

Tabel 1. Jenis tanah, bahan induk dan fisiografi tanah daerah Ternate

No	Jenis Tanah	Bahan Induk	Fisiografi
1.	Dystropepts, Dystrandeps, Tropudults	Aluvial, tuf deposit, koluvial	Moderately sloving volcanic alluvial fans
2.	Humitropepts, Dystropepts	Andesit, basalt, breccia, fine-grained tephra, coarse grained tephra	Stratovolcanoes on intermediete/basic volcanics

Secara umum, jenis tanah di daerah Ternate yang ditemukan termasuk ke dalam ordo Inceptisols dan Ultisols. Inceptisols yang ditemukan diantaranya adalah Dystropepts yaitu Inceptisols di daerah tropika, kejenuhan basa rendah kurang dari 50 persen, mempunyai rejim kelembaban isomesik atau iso yang lebih panas dan Dystrandpepts yaitu tanah hitam dengan kejenuhan basa rendah (tidak subur). Tanah lainnya adalah Humitropepts yaitu Inceptisols yang umumnya berpenampang dalam, tekstur halus sampai sedang, drainase baik serta kesuburan tanah rendah. Sedangkan Ultisols yang ditemukan di daerah kajian adalah jenis tanah Tropudults yaitu Ultisols yang terbentuk dari batuan asam, berkembang pada daerah datar hingga agak curam, memiliki solum dalam, mempunyai horizon argilik, tekstur agak kasar sampai halus serta drainase baik.

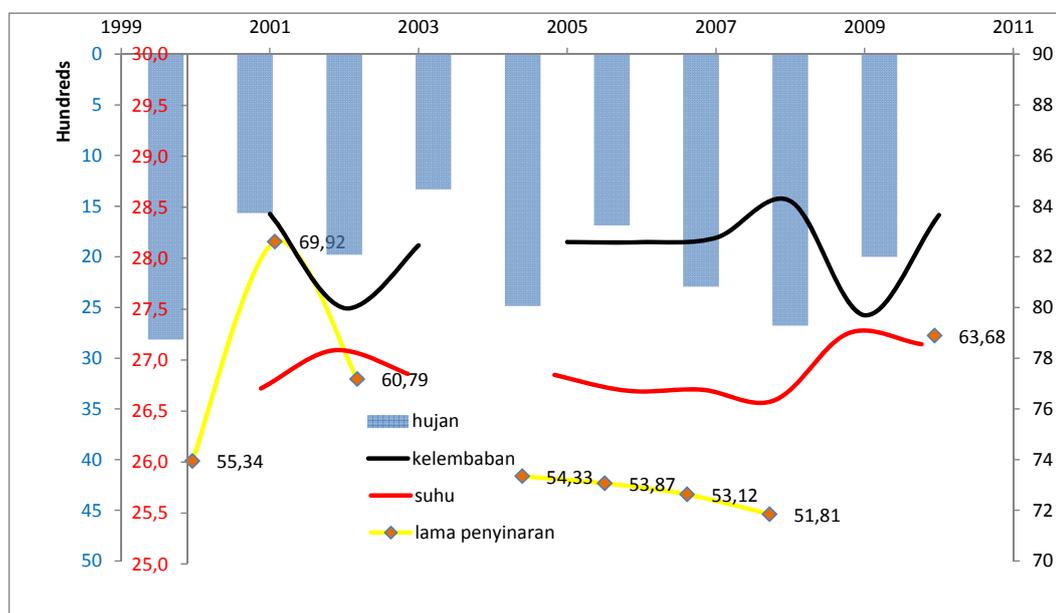
Tabel 2. Hasil analisis contoh tanah tolire

Parameter	Hasil Analisis
Tekstur	Liat berdebu
C-organik	2,385 g/100g
N-organik	0,165 g/100g
C/N	14,45
Bahan organik	4,11 %
Kadar air (% vol)	29,55 %
Ruang pori total	60,75 %
pF 2,54 (Kapasitas lapang)	43,6 %
pF 4,2 (Titik layu permanen)	29,75 %
Air tersedia	13,85 %
Permeabilitas	5,57 cm/jam

Tabel 2 merupakan hasil analisa laboratorium contoh tanah di DTA Danau Tolire. Menurut penilaian kesuburan tanah (Lembaga Penelitian Tanah, 1980) kandungan C-organik sebesar 2,385 gr/100gr termasuk ke dalam kelas kesuburan tanah sedang dan N-organik tanah sebesar 0,165 gr/100gr termasuk rendah dengan nisbah CN termasuk sedang. Porositas tanah yang merupakan suatu indeks volume relatif termasuk besar yaitu 60,75%, hal ini dipengaruhi oleh tekstur tanah liat berdebu yang termasuk halus. Nilai pF merupakan nilai yang berhubungan dengan kemampuan tanah melepaskan air, nilai ini akan menentukan nilai air yang tersedia bagi tanaman, hasil analisis nilai air tersedia di daerah kajian sekitar 13,85%. Permeabilitas tanah 5,57 cm/jam termasuk ke dalam kelas sedang, permeabilitas berhubungan dengan kemampuan tanah untuk meneruskan air dan udara dalam tanah.

Klimatologi

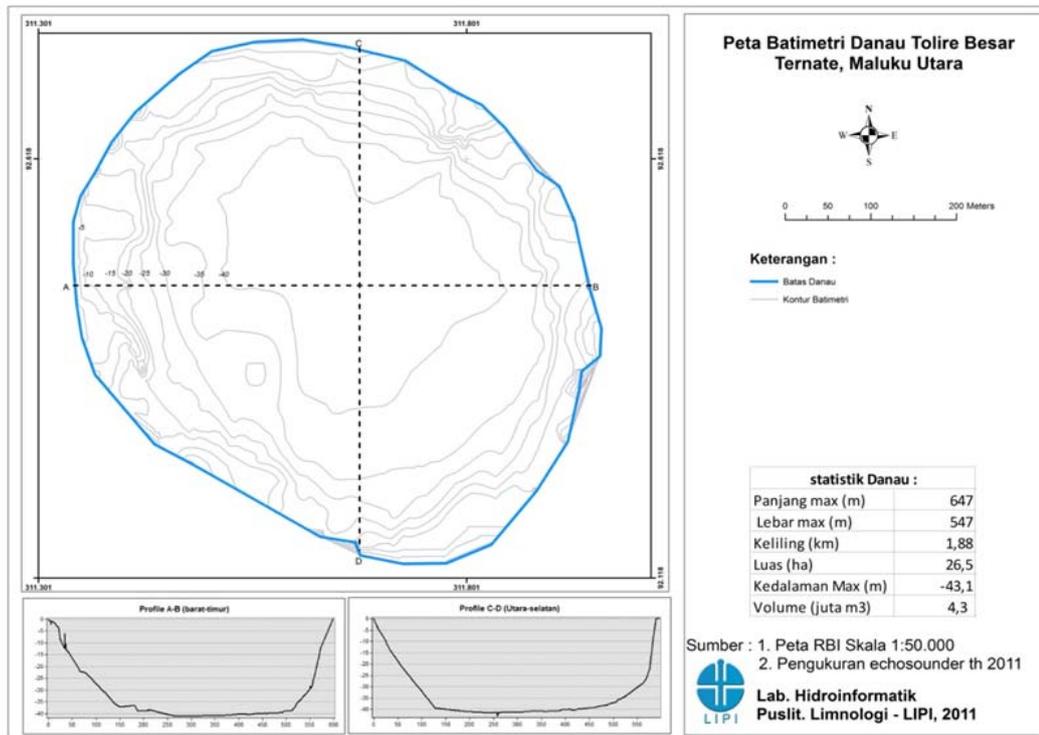
Berdasarkan data klimatologi harian dari Badan Meteorologi dan Geofisika stasiun Baabullah Kota Ternate dari tahun 1999 s.d 2010 diperoleh curah hujan rerata bulanan 174 mm, maksimum 256 mm dan minimum adalah 68 mm. Berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt-Fergusson daerah penelitian tergolong beriklim B (basah) dengan nilai $Q=0.2125$, hal ini dikarenakan danau Tolire terletak di daerah kepulauan sehingga kejadian hujan begitu intensif dari hasil penguapan air laut yang mengelilingi kepulauan ini. Data kondisi klimatologi disekitar danau Tolire tersaji dalam Gambar 3..



Gambar. 3. Grafik kondisi klimatologi di sekitar Danau Tolire

Morfometri Danau

Pengukuran batimetri danau menggunakan echosounder yang terintegrasi dengan GPS menghasilkan Peta Batimetri Danau Tolire Besar, Gambar 4. Dimensi danau berupa panjang maksimum 647 m, lebar maksimum 547 m, keliling 1,88 km dan luas 26,5 Ha. Kedalaman maksimum danau 43,1 m dengan estimasi volume danau sebesar 4,3 juta m^3 .



Gambar. 4 Peta Batimetri Danau Tolire Besar

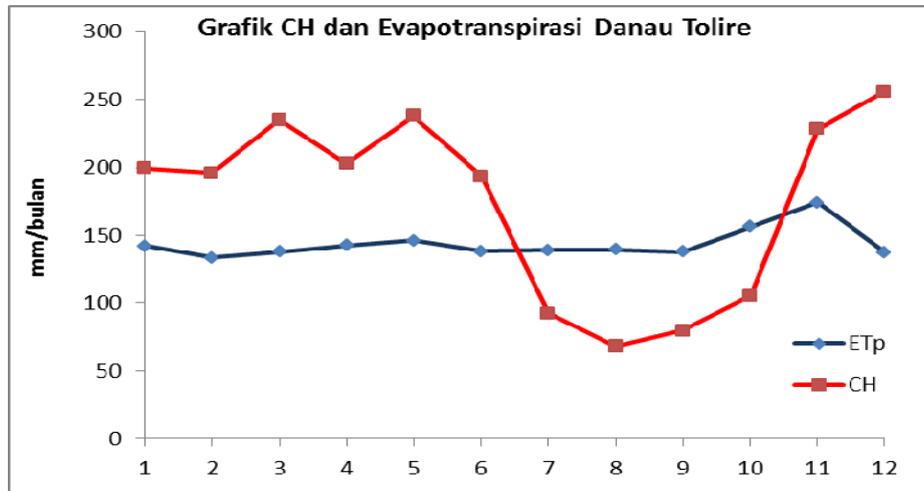
Neraca Air di Danau Tolire

Danau Tolire Besar tidak mempunyai outlet sehingga perhitungan neraca air hanya memperhitungkan besarnya curah hujan dan evapotranspirasi. Tabel 3 menggambarkan hubungan rata-rata curah hujan bulanan dan besarnya nilai evapotranspirasi dengan menggunakan model Thornthwaite (Thornthwaite, 1955).

Tabel 3. Neraca air danau Tolire

Bulan	CH (mm)	Etp (mm)	Neraca Air (mm)
Jan	199.2	142.3	56.9
Feb	195.8	133.3	62.5
Mar	234.9	137.7	97.2
Apr	202.4	142.8	59.7
May	237.8	146.2	91.6
Jun	193.6	138.0	55.5
Jul	92.6	138.8	-46.2
Aug	68.0	139.5	-71.5
Sep	79.8	137.8	-58.0
Oct	105.2	156.1	-50.9
Nov	228.3	174.2	54.1
Dec	256.0	137.2	118.8

Tabel 3. di atas jika digambarkan kedalam bentuk grafik akan terlihat seperti pada Gambar 5.

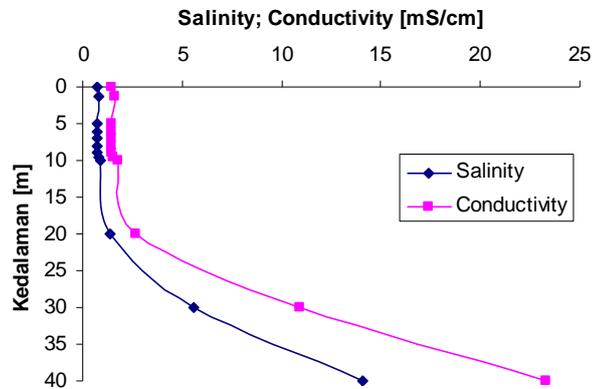


Gambar 5. Grafik CH dan evapotranspirasi danau Tolire

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 5 di atas, dapat kita ketahui bahwa pada bulan-bulan Januari-Juni dan November-Desember, nilai curah hujan bulanan lebih besar dari nilai evapotranspirasi. Pada bulan Juli-Oktober, terjadi kebalikannya, dimana besarnya evapotranspirasi lebih besar dari curah hujan rata-ratanya, sehingga pada bulan-bulan tersebut terjadi defisit air. Dari informasi ini bisa kita ketahui bahwa pada bulan Juli-Oktober tinggi muka air di Danau Tolire akan mengalami penurunan, karena menurunnya besarnya curah hujan pada bulan-bulan tersebut. Berdasarkan pengamatan lapangan di peroleh bahwa fluktuasi muka juga tidak terlalu tinggi, sedangkan berdasarkan neraca air diperoleh surplus air, hal ini dikarenakan faktor masukan air dari air bawah tanah belum diperhitungkan, sehingga dianggap selisih surplus maupun defisit air dikarenakan dari faktor air dalam tanah.

Kualitas Air

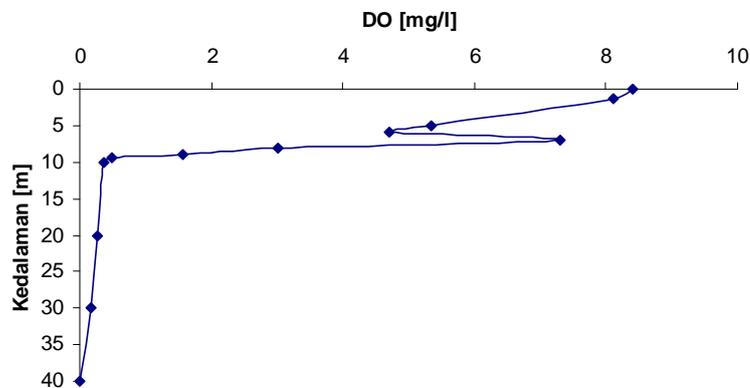
Kondisi salinitas dan konduktivitas



Gambar 6. Grafik profil salinitas dan konduktivitas berdasarkan kedalaman Danau Tolire Besar

Gambar 6 menunjukkan nilai salinitas di permukaan menunjukkan 0,7, cenderung sama sampai dengan kedalaman 9 m, akan tetapi mulai dari kedalaman 20 m mengalami kenaikan yang signifikan dari 1 menjadi 14,1 didasar danau. Pola tersebut hampir sama dengan parameter konduktivitas yang merupakan ukuran terhadap kandungan ion-ion yang berada di suatu badan air dan merupakan suatu pendekatan pendugaan kekayaan faktor kimia perairan. Meningkatnya nilai konduktivitas ke arah dasar perairan disebabkan karena berbagai proses kimiawi yang terjadi di dasar perairan, seperti proses mineralisasi yang menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan ion-ion tertentu.

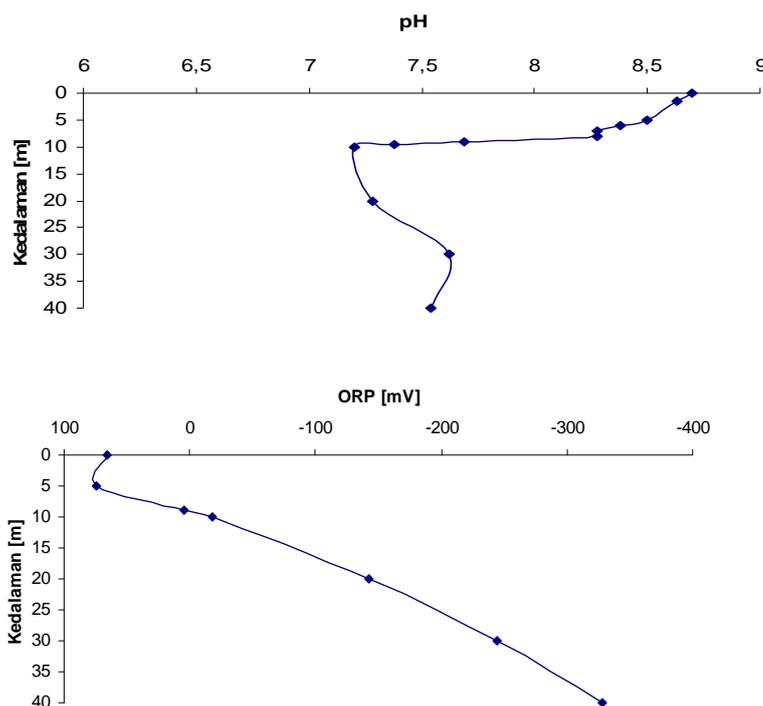
Profil DO



Gambar 7. Profil DO berdasarkan kedalaman Danau Tolire Besar

Gambar 7 menggambarkan kondisi DO danau pada saat pengukuran, dimana konsentrasi DO pada siang hari di permukaan air adalah 8,40 mg/l. Konsentrasi ini terus menurun secara drastis hingga mencapai nilai 0,48 mg/l pada kedalaman 10 m, kemudian perlahan-lahan menurun sampai mencapai 0 pada dasar danau. Penurunan oksigen pada lapisan kedalaman tertentu dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan serta kelimpahan fitoplankton sebagai penghasil oksigen dalam proses fotosintesis. Oksigen pada permukaan biasanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan oksigen pada bagian perairan yang lebih dalam, akibat intensitas cahaya yang besar yang diterima oleh perairan dan perkembangan fitoplankton yang tinggi pada bagian permukaan.

pH dan ORP



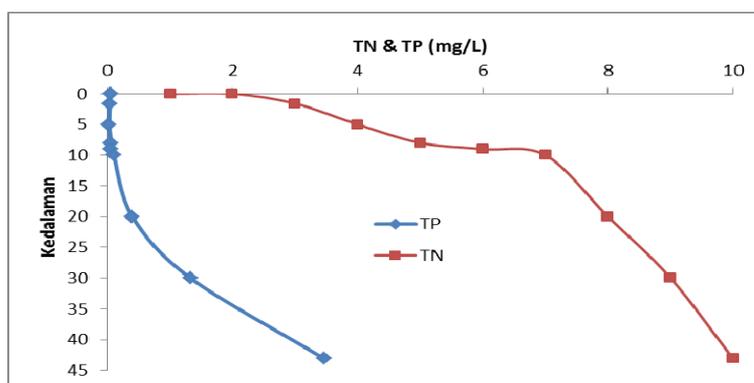
Gambar 8. Profil pH dan ORP berdasarkan kedalaman Danau Tolire Besar

Profil pH dan ORP hasil pengukuran di presentasikan dalam Gambar 8. Nilai pH di permukaan air menunjukkan 8,7 dan terus turun hingga berada pada kisaran 7,69 pada kedalaman 8 hingga dasar. Nilai ORP menunjukkan nilai negatif (-18 mV) pada kedalaman 8 meter dan terus menuju negatif pada lapisan

dasar danau. Data-data tersebut mengindikasikan bahwa pada kedalaman antara 8 dan 9 m adalah lapisan chemocline atau oxycline, yaitu lapisan yang memisahkan air permukaan dan dasar danau berdasarkan proses oksidasi dan reduksi. Lapisan permukaan danau cenderung bersifat oksidatif dan lapisan dasar bersifat reduktif. Suhu air permukaan danau adalah 30°C ($\pm 0,1$), dimana tidak dijumpai adanya stratifikasi lapisan danau oleh perbedaan suhu.

Total Nitrogen (TN) dan Total Fosfor (TP)

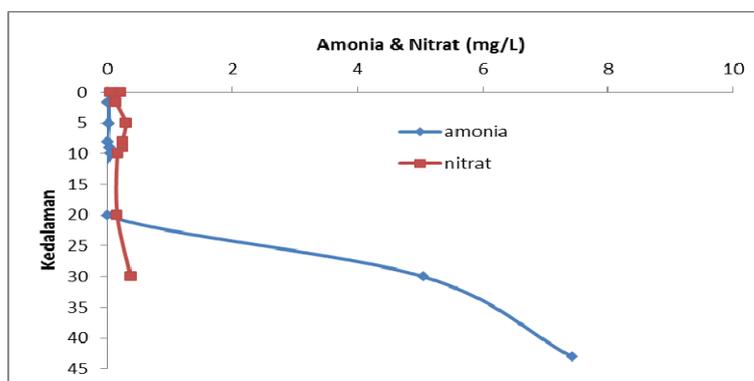
Konsentrasi total nitrogen (TN) berkisar antara 0,026-3,47 mg/L, sedangkan nilai total fosfor berkisar antara 1,79-9,20 mg/L. Ratio TN:TP <12 ditemui pada kedalaman <10 m, sedangkan pada pada kedalaman >10 m ratio TN:TP >12. Gambar 9 menunjukkan profil TN dan TP berdasarkan kedalaman.



Gambar 9. Profil TN dan TP berdasarkan kedalaman Danau Tolire Besar

Amonium (N-NH₄) dan Nitrat (N-NO₃)

Gambar 10 menunjukkan profil Amonium dan Nitrat berdasarkan kedalaman. Konsentrasi amonium (N-NH₄) berkisar antara 0,005–7,431 mg/L, sedangkan Nitrat berkisar antara 0,059-0,375 mg/L.



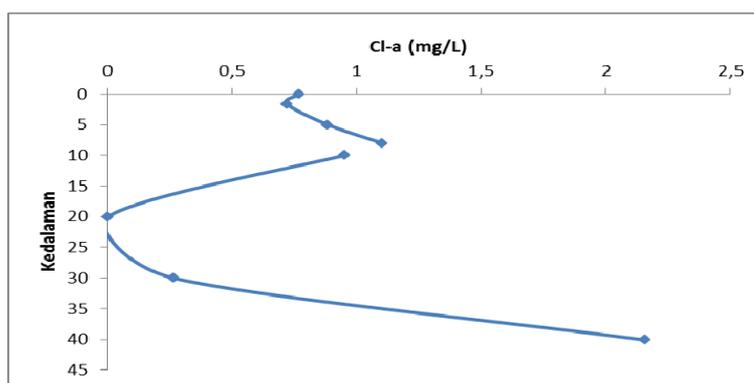
Gambar 10. Profil Amonium dan Nitrat berdasarkan kedalaman Danau Tolire

Kisaran konsentrasi amonia yang dapat ditolerir untuk kehidupan hewan air adalah antara 0,2-2 mg/L, maka pada kedalaman >20 m sudah tidak aman. Sedangkan berdasarkan kisaran konsentrasi nitrat yang aman untuk kehidupan hewan air adalah antara 0,2-10 mg/L, dapat dikatakan konsentrasi nitrat tidak membahayakan kehidupan hewan air di danau ini.

Kondisi Biologi

Klorofil-a

Kandungan klorofil-a suatu perairan berkaitan dengan penetrasi cahaya matahari, sebagai suspended solid dari material yang hidup. Konsentrasi klorofil-a sangat relevan untuk digunakan dalam penilaian status trofik suatu danau. Secara umum kandungan klorofil-a juga berkaitan dengan kecerahan danau, pengukuran memperoleh nilai kecerahan sebesar 140 cm. Analisa sampel menunjukkan konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,003 – 2,158 mg/L.



Gambar 11. Profil klorofil-a berdasarkan kedalaman Danau Tolire

Pengamatan biota ikan dilakukan dengan pemasangan dua buah jaring selama 20 jam dengan hasil tidak mendapatkan ikan. Jika dikaitkan dengan kondisi fisik danau yang terisolir, dan kondisi kualitas air hasil pengukuran dan analisa laboratorium, ketiadaan biota ikan dapat dikarenakan tingginya konsentrasi sulfida, sifat perairan vulkanik dan terisolasi.

KESIMPULAN

1. Telah dipetakan kondisi fisik danau Tolire dengan kedalaman maksimum 43,1 m, diameter 600 m, luas 26,5 Ha, dengan luas DTA 244,2 Ha.

2. Iklim di daerah danau Tolire termasuk ke dalam tipe iklim B (Basah) dengan jenis tanah yang termasuk ke dalam ordo Inceptisols dan Ultisols.
3. Aktivitas vulkanik yang masih sangat mempengaruhi kondisi danau, dengan ditemukannya kondisi reduksi pada kedalaman $> 10\text{m}$, tingginya salinitas, S^{2-} dan DIC (representasi CO_2).
4. Daya dukung danau terhadap biota ikan sangat rendah, karena lingkungan yang terisolir, oksigen terlarut yang ekstrim, serta tingginya konsentrasi sulfida.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA-AWWA-WEF, 2005. *Standard methods for the examination of water and wastewater.*, Washington, D.C
- Bronto,S., RD. Hadisantono, JP Lockwood. 1982. *Peta Geologi Gunungapi Gamalama, Ternate, Maluku Utara, Skala 1:25.000*. Direktorat Vulkanologi
- Pratomo, I, C. Sulaeman dkk, 2011. *Gunung Gamalama, Ternate, Maluku Utara: Dinamika Erupsi dan Potensi Ancaman Bahayanya dalam Ekologi Ternate* hal 1-13, Ibnu Maryanto dan Hari Sutrisno (Editor). – Jakarta: LIPI Press, 2011.
- Lembaga Penelitian Tanah. 1980. *Penilaian Angka Hasil Analisis Kimia Tanah. Bagian Kesuburan*. LPT Bogor.
- Linsley, R.K. Kohler, M.A., Joseph, L.H.P. 1996. *Hidrologi untuk Insinyur*. Edisi ke tiga. Erlangga. Bandung.
- Puslittanak. 1990. *Peta Sistem dan Kesesuaian Lahan*. Bogor.
- Sri Harto, 1993, *Analisis Hidrologi*, Gramedia, Jakarta
- Thornthwaite, C. W. and J. R. Mather; 1955; The Water Balance. *Publications in Climatology, vol. 8, No. 1*, Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Centerton, New York.

PENGEMBANGAN KONSEP *Screening Level Concentration* (SLC) SEBAGAI DASAR PENYUSUNAN *GUIDELINE* KUALITAS SEDIMEN : STUDI KASUS PERAIRAN TERGENANG DI JAWA BARAT

Tri Suryono, Yoyok Sudarso, Gunawan Pratama Yoga, Ivana Yuniarti, Rosidah, Supranoto, dan Bambang Teguh Sudiwana.

Puslit Limnologi LIPI

ABSTRAK

*Konsep *Screening Level Concentration* (SLC) merupakan salah satu pendekatan dalam menghasilkan guideline kualitas sedimen yang berfungsi untuk melindungi kehidupan biota akuatik. Pendekatan dengan metode SLC membutuhkan data base yang mencukupi terhadap timbulnya kejadian toksisitas dari masing-masing polutan yang terakumulasi di sedimen. Sebagai model penyusunan guideline yang didasarkan pada konsep SLC, maka dipilih perairan tergenang yang ada di Jawa barat dari mulai yang minim mendapatkan gangguan hingga mengalami gangguan yang berat. Empat jenis logam yang dikaji dalam penelitian adalah: As, Hg, Cd, dan Pb. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji penggunaan konsep SLC yang digunakan untuk menyusun guideline kualitas sedimen dan pengembangan indek kontaminasi logam guna mengkategorikan status pencemaran. Adanya guideline yang terbentuk dengan pendekatan SLC ini diharapkan mampu melindungi kehidupan biota akuatik dan mendukung konsep perikanan yang berkelanjutan dari peningkatan aktivitas antropogenik. Hasil sementara dari 11 lokasi penelitian diperoleh 3 lokasi tergolong non toksik yaitu Telaga Nilem, Remis dan Telaga Warna sebagai lokasi *reference*. Situ Ciburuy, Situ Cikaret dan Lido memiliki kategori toksisitas ringan hingga sedang, Waduk Saguling yang diwakili oleh Stasiun Batujajar, waduk Cirata, Situ Cimanggis, Situ Gede dan Situ Rawa Besar mewakili daerah yang terkontaminasi logam berat tinggi dan termasuk dalam kategori toksik.*

Kata kunci: *Guideline, sedimen, SLC, logam berat.*

PENDAHULUAN.

Keberadaan bahan polutan di ekosistem akuatik mempunyai kecenderungan berikatan dan terakumulasi di sedimen (Wade *et al.* 2007; Baldwin dan Howitt 2007). Oleh sebab itu sedimen seringkali mengandung berbagai macam senyawa polutan yang bersifat toksik dan seringkali dalam konsentrasi yang tinggi, hingga mampu menyebabkan gejala toksisitas bagi biota akuatik maupun membahayakan kesehatan manusia (Power dan Chapman 1992; Maher *et al.* 1999; Rippey *et al.* 2007).

Jawa barat memiliki kurang lebih 596 buah situ dan tiga waduk besar (Anonim, 2008). Keberadaan situ dan waduk memiliki nilai penting bagi aspek ekologi, ekonomi, dan sosial masyarakat di sekitarnya. Meningkatnya aktivitas antropogenik yang ada disekitarnya dapat mengakibatkan adanya perubahan kualitas fisik dan kimia perairan, sehingga dikhawatirkan dapat menyebabkan paparan bahan polutan toksik ke biota

akuatik yang berdampak pada kematian maupun bioakumulasi. Hal tersebut dapat mengancam kesehatan bagi manusia maupun hewan predator lainnya dan secara umum dapat menurunkan integritas ekologi perairan.

Saat ini pemantauan kualitas lingkungan perairan di Indonesia umumnya dilakukan pada pengukuran kualitas air. Namun perhatian tentang kelayakan kualitas sedimen guna melindungi kelangsungan hidup biota akuatik nampaknya masih belum banyak mendapat perhatian dan dikaji secara mendalam. Hal ini tercermin dari belum tersedianya suatu *guideline*/ baku mutu kualitas sedimen di Indonesia yang berfungsi untuk mendukung atau melindungi kehidupan biota akuatik. Umumnya baku mutu yang digunakan memprediksi toksisitas sedimen masih mengacu dari *guideline* luar negeri yang beriklim *temperate* yang kadangkala belum tentu cocok untuk diterapkan di iklim tropis seperti Indonesia. Keberadaan *guideline* tersebut sangat penting artinya bagi manajemen dan pengelolaan suatu badan air khususnya guna mencegah semakin menurunnya keanekaragaman hayati dan integritas biologi perairan akibat dari tingginya aktivitas antropogenik.

Salah satu bahan kontaminan toksik yang sering dikaji dalam toksisitas sedimen adalah logam berat (Luoma dan Carter 1991; Chapman *et.al* 1998). Polusi logam berat menjadi masalah yang cukup serius bagi kesehatan manusia dan ekosistem akuatik karena kemampuan toksisitas maupun akumulasinya (Prica *et al.* 2007). Bisthoven *et al.* (1998) menyebutkan dampak negatif toksisitas logam bagi biota akuatik yaitu terganggunya proses fisiologi, kecacatan morfologi, maupun perubahan struktur komunitas yang akhirnya berakibat pada penurunan integritas biologi perairan. Keberadaan logam yang terakumulasi pada tubuh manusia akibat mengkonsumsi ikan atau biota yang terkontaminasi logam berdampak negatif pada kesehatan, contohnya kasus penyakit *chisso- minamata* dan *itai-itai* di Negara Jepang yang disebabkan kontaminasi logam berat Hg dan Cd (Förstner dan Whittmann 1983).

Screening Level Concentration (SLC) merupakan salah satu konsep untuk menghasilkan *guideline* kualitas sedimen berdasarkan besarnya data bobot kejadian toksisitas. Konsep SLC sebagian besar bersumber dari kajian hubungan kisaran konsentrasi kimia yang terakumulasi di sedimen dengan seringnya efek negatif yang ditimbulkan (Long dan MacDonald 1992). Pendekatan di atas biasanya lazim disebut

sebagai hubungan *cause-effect* antara konsentrasi sedimen dengan besarnya efek negatif yang ditimbulkan oleh biota akuatik. Selama ini penyusunan SQG dengan SLC ini relatif cocok digunakan melindungi kehidupan organisme benthik makroinvertebrata hampir 95% terhadap kontaminasi logam dan organik tertinggi. Namun untuk melindungi kehidupan ikan sejauh ini masih belum dilakukan evaluasi secara mendalam.

Pendekatan konsep SLC telah diadopsi negara Canada, Australia, Belanda, Belgia, dan Hongkong dalam menyusun *guideline* kualitas sedimen (Burton 2002). Long dan MacDonald (1998) menyebutkan beberapa manfaat yang diperoleh dari terbentuknya *guideline* numerik kualitas sedimen dapat membantu interpretasi sejarah kontaminasi kimia di sedimen dari yang terdahulu hingga sekarang, identifikasi potensi pemaparan bahan kimia tertentu terhadap kelangsungan hidup biota akuatik pada suatu area atau lokasi tertentu, *guideline* tersebut dapat digabungkan sebagai pelengkap dalam disain program pemantauan kualitas lingkungan, dan untuk ranking tempat guna memudahkan pengambil keputusan perlu tidaknya tindakan regulasi atau remediasi yang akan diambil.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji penggunaan konsep SLC yang digunakan sebagai bahan penyusunan *guideline* kualitas logam berat di sedimen dan membandingkan kelayakan nilai *guideline* yang diperoleh berdasarkan konsentrasi logam total dan ekstraksi secara *sequential*.

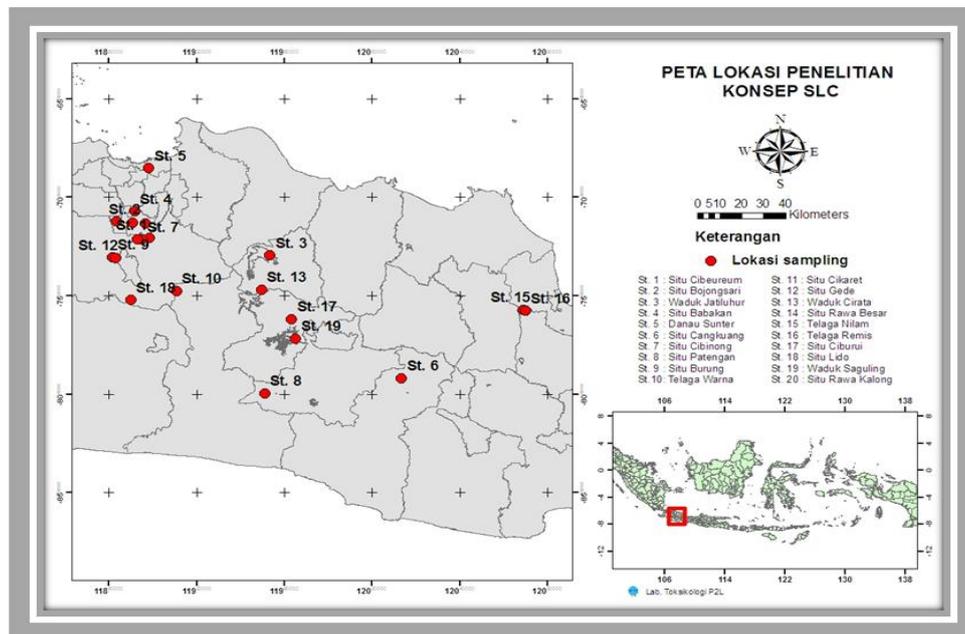
BAHAN DAN METODE

Sedimen yang dikaji dalam penelitian guna mendapatkan database konsep SLC diambil dari beberapa setu atau waduk di Jawa Barat yang diperkirakan masih bagus (kondisi *reference*) dan yang sudah mengalami gangguan. Lokasi penelitian dan kondisinya seperti disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Lokasi/ stasiun pengamatan dan dugaan kisaran kontaminasi logam berat yang akan dijadikan data *base* toksisitas sedimen.

Lokasi	Posisi	Keterangan
St. 1. Situ Cibeureum	6° 27' 39,30" S 106° 53' 10,55" T	- Dekat jalan tol - Aktivitas domestik, industri dan wisata air
St. 2. Situ Bojongsari	6° 23' 15,13" S 106° 45' 04,84" T	- Lokasi perumahan dan domestik
St. 3. Waduk Jatiluhur	6° 32' 28,88" S 107° 22' 47,07" T	- Dam untuk PLTA - Aktivitas budidaya perikanan sistem KJA - Wisata air
St. 4. Situ Babakan	6° 20' 28,06" S 106° 49' 28,80" T	- Aktivitas wisata air - Domestik dan perkantoran
St. 5. Danau Sunter	6° 8' 43,74" S 106° 52' 56,87" T	- Aktivitas domestik perkantoran, wisata air, Pemancingan dan warung makan
St. 6. Situ Cangkang	7° 5' 54,4" S 107° 55' 09,87" T	- Sekitar lokasi adalah pertanian - Aktivitas domestik dan aktivitas wisata air
St. 7. Situ Cibinong	6° 28' 09,52" S 106° 51' 17,55" T	- Dekat jalan raya - Dekat aktivitas pasar tradisional - Aktivitas perikanan tangkap
St. 8. Situ Patengan	7° 10' 01,17" S 107° 21' 27,87" T	- Kawasan kebun teh, terjaga alami - Aktivitas wisata air
St. 9. Situ Burung	6° 32' 57,45" S 106° 44' 01,59" T	- Lokasi sekitar persawahan dan domestik - Aktivitas perikanan tangkap
St. 10. Telaga Warna	6° 42' 09,36" S 106° 59' 47,37" T	- Lokasi di hutan lindung - Kawasan puncak aktivitas wisata
St. 11. Situ Cikaret	6° 28' 07,76" S 106° 50' 06,61" T	- Dekat jalan raya Cikaret - Arena wisata air dan perumahan penduduk
St. 12. Situ Gede	6° 33' 07,77" S 106° 44' 48,34" T	- Lokasi kawasan hutan lindung CIFOR - Aktivitas wisata air, perikanan masyarakat dan Domestik
St. 13. Waduk Cirata	6° 41' 49,33" S 107° 20' 39,14" T	- Aktivitas keramba jaring apung

		- PLTA
St. 14. Situ Rawa Besar	6° 23' 37,76" S 106° 48' 57,70" T	- Aktivitas wisata air - Perumahan penduduk dan pasar tradisional
St. 15. Telaga Nilam	6° 47' 14,8" S 108° 25' 05,3" T	- Kawasan masih alami dan terjaga - Kondisi air jernih
St. 16. Telaga Remis	6° 47' 33,9" S 108° 24' 95,6" T	- Aktivitas wisata dan warung makan
St. 17. Situ Ciburui	6° 49' 45,9" S 107° 28' 06,9" T	- Dekat jalan raya Bandung - Aktivitas wisata air, perumahan penduduk
St. 18. Waduk Saguling	6° 55' 08,32" S 107° 29' 01,50" T	- PLTA, Keramba jaring apung, industri dan penambangan pasir.
St. 19. Situ Lido	6° 44' 36,7" S 106° 48' 31,1" T	- Aktivitas wisata air, perumahan, perikanan dan restoran
St. 20. Situ Rawa Kalong	6° 23' 43,8" S 106° 52' 07,1" S	- Perumahan penduduk, industri dan keramba jaring apung



Gambar 1. Lokasi sampling kegiatan konsep SLC.

Empat logam yang dikaji adalah arsen (As), kadmium (Cd), timah hitam (Pb), dan merkuri (Hg). Hal ini didasarkan pada ketentuan USEPA yang menyebutkan logam

tersebut berpotensi toksik bagi sebagian besar biota akuatik maupun kesehatan manusia (Anonim 1986).

Cuplikan sedimen diambil menggunakan *Ekman grab* lapisan bagian atas/ permukaan (± 5 cm). Banyaknya *slurry* untuk analisis kimia ± 2 liter dimasukkan dalam keler plastik dan disimpan dalam *cooling box*. Parameter pendukung yang diukur meliputi: sulfida, nitrit, amoniak dan pH sedimen.

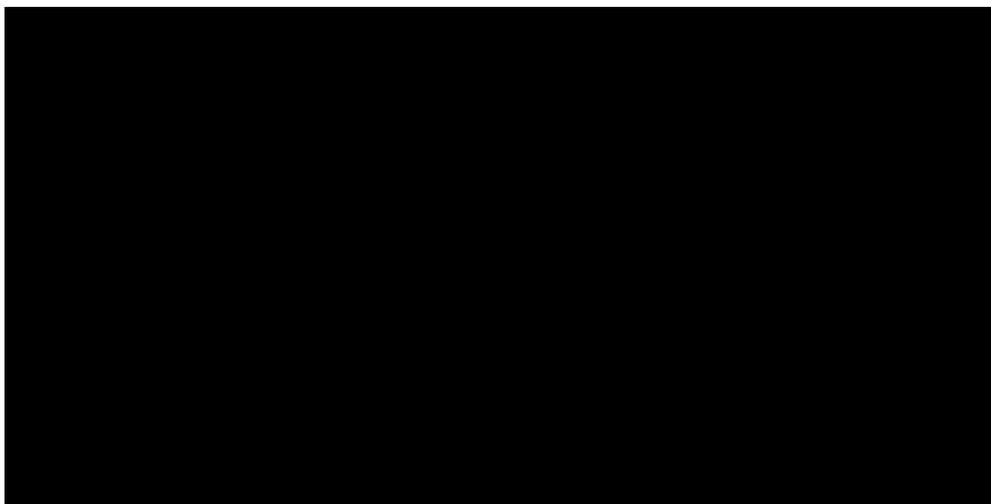
HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian yang telah dicapai meliputi data hasil uji toksisitas sedimen terhadap biota uji *Moina*, *Daphnia*, Anakan ikan Plati Koral dan ikan Pelangi serta kualitas air dari setiap lokasi stasiun terpilih maupun kondisi makrozoobentos dari setiap lokasi situ terpilih. Hasil penelitian disajikan dalam beberapa sub kegiatan seperti disajikan dibawah.

a. Kualitas perairan setu, waduk maupun telaga

Hasil pengukuran rata-rata kualitas perairan setiap lokasi penelitian dalam konsep SLC seperti Tabel 2 dibawah.

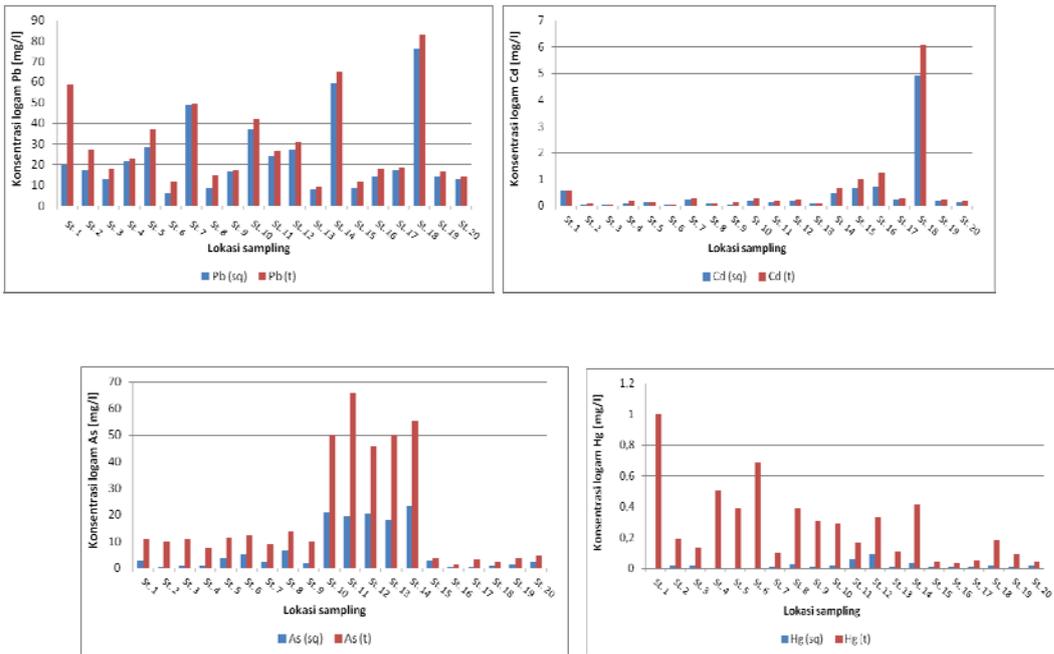
Tabel 2. Hasil pengukuran rata-rata kualitas air setiap lokasi penelitian.



Ket. : Pb(Sq) adalah hasil analisis logam Pb secara sequensial; Pb(t) adalah hasil analisis logam Pb secara total

b. Konsentrasi logam.

Hasil analisis logam di sedimen dari lokasi setu, waduk maupun telaga dari lokasi penelitian disajikan dalam bentuk gambar grafik seperti di bawah.



Gambar 2. Konsentrasi logam dari hasil analisis di stasiun penelitian terpilih

c. Hasil uji toksisitas sedimen

Hasil uji toksisitas sedimen dari 20 perairan tergenang di wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta, hanya 3 situ yang masih masuk dalam kategori tidak toksik, 6 situ dan waduk masuk dalam kategori meragukan, 11 situ termasuk kategori toksik (Tabel 3).

Tabel 3. Klasifikasi Toksisitas Perairan Tergenang di Wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta berdasarkan Swartz (1999)

No.	Tidak Toksik	Meragukan	Toksik
1	Nilam	Cibinong	Situ Gede
2	Remis	Burung	Cibeureum
3	Telaga Warna	Cirata	Batujajar
4		Cikaret	Patengan
5		Ciburuy	Cangkuang
6		Sunter	Lido
7			Babakan
8			Rawa Kalong
9			Jatiluhur
10			Rawa Besar
11			Bojongsari

Telaga Nilam, Remis dan Warna berada di daerah konservasi yang kondisi sekitarnya masih sangat terjaga, belum ada pemukiman penduduk dan tidak ada industri, tingkat pencemaran yang terjadi di lokasi-lokasi tersebut pun masih rendah, sehingga sedimen ketiga telaga tersebut tidak toksik.

Pada kategori meragukan terdapat situ-situ yang secara umum terdapat di daerah pemukiman, seperti Situ Cibinong, Situ Burung, Waduk Cirata, Situ Cikaret dan Situ Ciburuy, hanya Danau Sunter yang terdapat di kawasan Industri, terutama kawasan industri otomotif.

Perairan-perairan yang tergolong pada kategori toksik pada umumnya mendapatkan beban antropogenik dari berbagai sumber, antara lain limbah domestik (Situ Gede, Rawa Besar, Situ Babakan dan Babakan), limbah pertanian (Situ Cangkuang dan Situ Gede), limbah perikanan karamba jaring apung (Danau Lido, dan Waduk Jatiluhur) serta limbah industri (Situ Cibeureum, Waduk Saguling, Rawa Kalong, dan Situ Bojongsari). Di samping itu terdapat juga satu perairan yang terkategori toksik karena merupakan bekas kawah gunung berapi yang sudah tidak aktif lagi, Situ Patengan.

Hasil uji toksisitas sedimen terhadap empat hewan uji, secara umum, tampak bahwa *cladocera* (*Moina* dan *Daphnia*) lebih sensitif terhadap sedimen bila dibandingkan dengan ikan (Tabel 4.). Hal ini tampak dari jumlah uji toksisitas sedimen terhadap biota-biota tersebut yang menunjukkan klasifikasi toksik. Sedimen perairan bersifat toksik terhadap *Daphnia* di 15 lokasi (75%), dan 11 lokasi (55%) terhadap *Moina*. Sedangkan sedimen yang diuji pada ikan menunjukkan klasifikasi toksik di 9 lokasi (45%) dan 3 lokasi (21,4%) berturut-turut terhadap ikan plati dan pelangi Irian. Dengan demikian tampak bahwa ikan plati lebih sensitif terhadap sedimen apabila dibandingkan dengan ikan pelangi Irian.

Tabel 4. Sensitifitas biota uji terhadap sedimen beberapa Perairan tergenang di wilayah Jawa Barat dan DKI Jakarta.

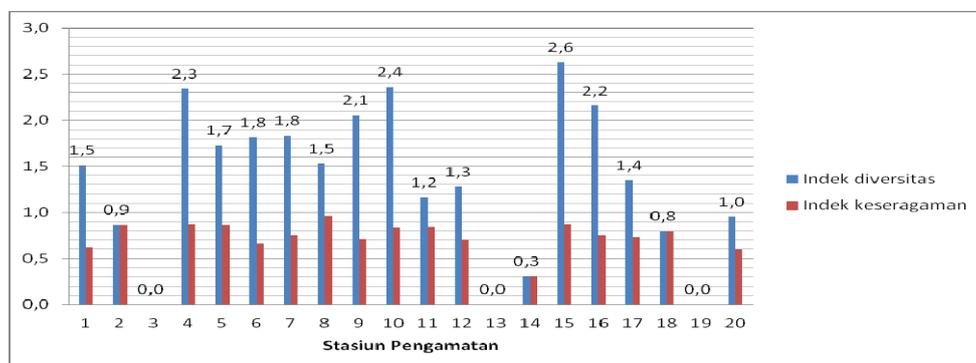
Biota uji	Tidak toksik	Meragukan	Toksik
Anakan ikan plati	10	1	9
Anakan ikan pelangi	8	3	3
moina	6	3	11
daphnia	3	2	15

d. Kondisi bentik makroinvertebrata

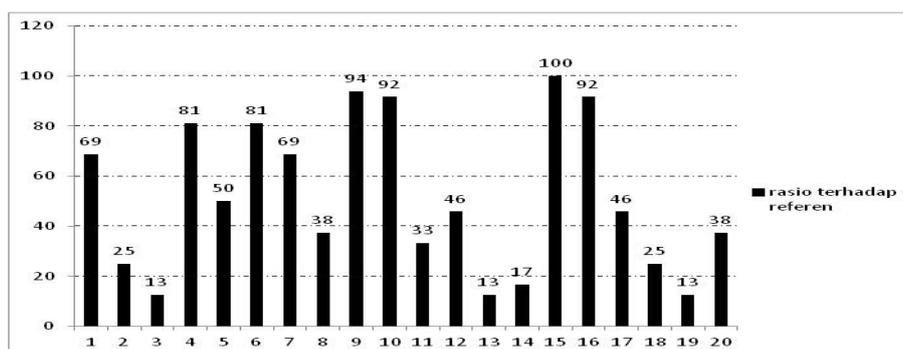
Tingkat keanekaragaman organisme bentik makrovertebrata pada masing-masing stasiun pengamatan diprediksi dari teori informasi dengan menggunakan indek diversitas *Shannon-Wiener* (H) dan indek keseragaman (E) yang lebih rinci dapat dilihat dalam Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan cukup bervariasinya indek diversitas dan keseragaman diantara stasiun pengamatan. Secara umum stasiun pengamatan yang memiliki nilai indek diversitas yang lebih tinggi meliputi stasiun Situ Babakan (4), Telaga Warna (10), dan Telaga Nilem (15) dibandingkan dengan stasiun lainnya. Hal ini mengindikasikan lebih beragamnya komunitas organisme bentik makrovertebrata yang ditemukan di stasiun tersebut dibandingkan dengan stasiun lainnya. Sedangkan komunitas yang memiliki nilai $H' \approx 0$ menunjukkan rendahnya komposisi hewan yang menyusun komunitas di stasiun tersebut (misalnya: stasiun Waduk Jatiluhur (3), Cirata (13), dan Lido (19)). Dari nilai indek keseragamannya sebagian besar stasiun pengamatan memiliki nilai $E > 0,6$ atau ($E \approx 1$) yang mengindikasikan bahwa tingkat

keseragaman yang relatif tinggi hampir pada semua stasiun pengamatan. Hal ini menunjukkan sebaran individu yang ada pada komunitas tersebut cenderung untuk terdistribusi secara merata.



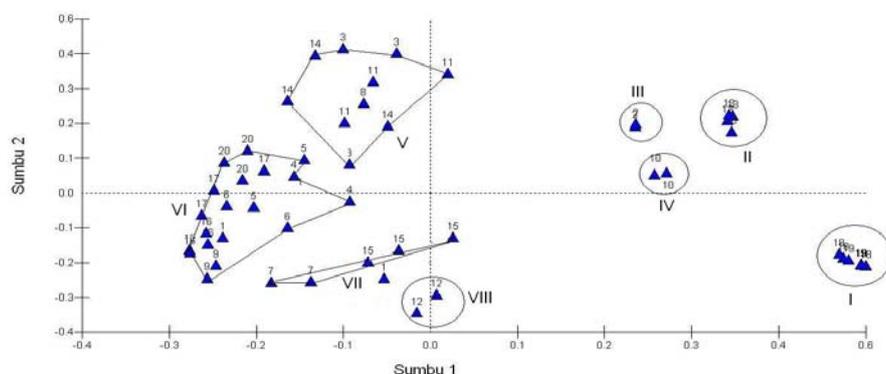
Gambar 3. Tingkat keanekaragaman dan keseragaman dari organisme makrovertebrata di masing-masing stasiun pengamatan



Gambar 4. Grafik batang metrik persentase jumlah taksa terhadap reference pada masing-masing stasiun pengamatan.

Berdasarkan nilai rasio jumlah taksa (Gambar 4) terhadap stasiun *reference site* (telaga Nilem/15) menunjukkan bahwa Situ Burung (9), Telaga Warna (10), dan Telaga Remis (17) masih mengalami gangguan yang relatif rendah (< 10%). Stasiun Situ Ciberem (1), Situ Babakan (4), Danau Sunter (5), Situ Cangukang (6), dan Situ Cibinong (7) menunjukkan tipe gangguan dalam kategori sedang (10-50%). Sedangkan Situ Bojong Sari (2), Waduk Jatilihur (3), Situ Patenggang (8), Situ Cikaret (11), Situ Gede (12), Waduk Cirata (13), Situ Rawa Besar (14), Situ Ciburuy (17), Situ Lido (18), Waduk Saguling (19), dan Situ Rawa Kalong (20) termasuk dalam kategori gangguan berat (> 50% mengalami gangguan).

Hasil pengelompokan stasiun pengamatan dengan menggunakan teknik ordinasasi *principal coordinate analysis* (PCoA) pada similaritas komposisi dan kelimpahan organisme benthik makrovertebrata terdapat delapan kelompok (Gambar 4). Kelompok I meliputi: Stasiun Lido (18) dan Saguling (19), kelompok II meliputi: Stasiun Cirata (13), kelompok III meliputi: Stasiun Bojong Sari (2), kelompok IV meliputi: Stasiun Telaga Warna (10), kelompok V meliputi: Stasiun Jatiluhur (3), Cikaret (11), Patenggang (8), dan Situ Rawa besar (14), kelompok VI meliputi: Stasiun Saguling (20), Situ Babakan (4), Ciburuy (17), situ Canguang (6), dan Telaga Cibereum (1) dan kelompok VII meliputi: Stasiun Telaga Nilem (15) dan Situ Cibinong (7), dan kelompok VIII meliputi: Situ Gede (12). Dari tren Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan adanya beberapa kemiripan klasifikasi tempat dengan tingkat gangguan berdasarkan rasio terhadap *reference*. Stasiun yang mengalami gangguan relatif ringan terletak pada kelompok IV dan sebagian kelompok pada VII. Stasiun dalam kategori gangguan sedang sebagian besar ada pada kelompok VI, sedangkan stasiun yang mengalami gangguan berat meliputi kelompok I, II, III, dan VII.



Gambar 5. Hasil ordinasasi dari komunitas benthik makrovertebrata dengan menggunakan PcoA

Selanjutnya hasil penilaian kualitas sedimen yang diperoleh dilakukan uji kelayakan dengan memprediksi besarnya persentase pengaruh yang ditimbulkan berdasarkan data *effectnya*. Jika nilai data effect yang diperoleh \leq TEL dan \geq PEL, maka kelayakan kriteria dari nilai *guideline* kualitas sedimen menimbulkan insiden dan efek yang merugikan. Jika dibawah dari nilai TEL 25% atau kurang dan insiden efek

biologi yang merugikan diatas dari nilai PEL lebih dari 50% atau lebih (Macdonald *et al.*1996)..

Hasil Perhitungan nilai TEL dan PEL seperti ditunjukkan pada **Tabel 5**, diketahui kejadian dari efek biologi yang menimbulkan kerugian kurang dari nilai TEL untuk logam total berkisar antara 11,765 – 82,353 %, sementara untuk logam sequential nilainya 2,822 – 76,471 %. Sedangkan untuk kejadian dari efek merugikan diatas dari nilai PEL untuk logam total maupun *sequential* berkisar 17,647 – 47,059 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa logam berat total maupun *sequential* untuk nilai perhitungan TEL memiliki kisaran nilai kurang dari 25% dari nilai data *effect* kecuali untuk logam total dan *Sequential* Cd (82,35% dan 76,47%) serta logam *sequential* As (29,41), sehingga konsentrasi logam berat total sedikit lebih baik digunakan sebagai kandidat guideline kualitas sedimen dibandingkan dengan konsentrasi logam berat hasil ekstraksi. Sedangkan hasil perhitungan nilai PEL baik data logam berat total maupun *sequential* kurang *reliable* untuk digunakan dalam penyusunan nilai *guideline* kualitas sedimen karena hasil perhitungannya nilai PEL kurang dari 50%, sedangkan untuk *guideline* nilai PEL hasil perhitungannya harus lebih tinggi dari 50% nilai data *effect*.

Tabel 5. Persentase adanya pengaruh yang merugikan ketika nilainya \leq TEL dan \geq PEL

Subtansi	Kisaran pengaruh minimal	Kisaran kemungkinan pengaruh
	% pengaruh \leq TEL	% pengaruh \geq PEL
Pb total	23,529	47,059
Cd total	82,353	17,647
As total	17,647	23,529
Hg total	11,765	47,059
Pb sequential	17,647	29,412
Cd sequential	76,471	17,647
As sequential	29,412	29,412
Hg sequential	2,822	47,059

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian konsep SLC dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pemantauan kualitas air in-situ menunjukkan beberapa parameter masih dalam batas wajar lingkungan perairan alami khususnya lokasi rujukan seperti Telaga Nilam, Telaga Warna maupun Situ Patengan.
2. Hasil identifikasi kondisi bentos makroinvertebrata masing-masing lokasi penelitian menunjukkan adanya variasi indek diversitas dan keseragamannya, khususnya Situ Babakan, Telaga Warna dan Telaga Nilam.
3. Hasil perbandingan rasio jumlah taksa terhadap lokasi rujukan (*reference site*), lokasi sampling dengan minim gangguan Situ Burung, Telaga Warna dan Telaga Remis. Lokasi sampling yang terganggu sedang adalah Situ Cibereum, Situ Babakan, Danau Sunter, Situ Cangkang, dan Situ Cibinong sementara lokasi sampling yang terganggu berat yaitu Situ Bojong Sari, Waduk Jatilihur, Situ Patenggang, Situ Cikaret, Situ Gede, Waduk Cirata, Situ Rawa Besar, Situ Ciburui, Situ Lido, Waduk Saguling, dan Situ Rawa Kalong.
4. Hasil analisis pengelompokan dengan menggunakan teknik ordinasasi *principal coordinate analysis* (PCoA) dapat dikelompokkan menjadi 8 kelompok berdasarkan kemiripan komposisi dan kelimpahan organisme bentuk makroavertebrata.
5. Hasil uji toksisitas sedimen dengan menggunakan hewan uji anakan ikan Plati, Pelangi, Daphnia dan Moina mengindikasikan 11 lokasi penelitian sedimennya dikategorikan toksik, 3 lokasi dalam kategori meragukan dan 3 lokasi kategorinya tidak toksik.
6. Hasil uji toksistas sedimen juga menunjukkan bahwa hewan uji *cladosera* (Moina dan Daphnia) lebih sensitif dibandingkan dengan hewan uji anakan ikan (Plati dan Pelangi), sedangkan anakan ikan Pelangi merupakan jenis biota yang paling toleran diantara hewan uji yang digunakan.
7. Nilai TEL dan PEL hasil kompilasi data kualitas sedimen dari seluruh lokasi penelitian menunjukkan nilai TEL untuk logam total masih *reliable* untuk digunakan sebagai kandidat *guideline* kualitas sedimen, sedangkan hasil

perhitungan nilai PEL baik untuk logam total maupun sequential kurang *reliable* (tidak bisa digunakan).

Saran

Berdasarkan data hasil uji toksisitas sedimen, lokasi-lokasi penelitian yang sedimennya dalam kategori meragukan dan toksik hendaknya perlu diwaspadai dan perlu perhatian serius dari segenap masyarakat dan pemerintahan setempat agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia khususnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membatasi masuknya beban limbah ke perairan situ, telaga maupun danau karena keberadaan ekosistem perairan ini sangat penting sebagai penyedia sumber air pada waktu musim kemarau.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008, <http://cetak.kompas.com/read/xml/2008/10/17/10325676/ratusan.situ.di.jabar.beralih.fungsi.menjadi.permukiman>, diakses tgl 30 Januari 2009
- Anonim. 1986. Quality Criteria for Water 1986, United States Environmental Protection Agency. EPA 440/5-86-001. Washington.
- Baldwin D. S. and J. A. Howitt, 2007, Baseline assessment of metals and hydrocarbons in the sediments of Lake Mulwala, Australia, *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 12: 167–174
- Bisthoven L.J., Postma J.P., Parren P., Timmermans K.R., and Ollevier F. 1998. Relation Between Heavy Metal in Aquatic Sediments in Chironomus Larvae of Belgian Lowland Rivers and Their Morphological Deformities. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 55: 688-703.
- Burton G.A., 2002, Sediment Quality Criteria in Use Around the World, *Limnology* 3: 65-75. Chapman P.M., Wang F., Janssen C., Persoone G., and Allen H.E. 1998. Ecotoxicology of Metals in Aquatic Sediments: Binding and Release, Bioavailability, Risk Assessment, and Remediation. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 55: 2221-2243.
- Chapman P.M., B. Anderson, S. Carry, V. Engle, R. Green, J. Hameedi, M. Harmoni, P. Haverland, J. Hyland, C. Ingersoll, E. Long, J. Rodgers Jr., M. Salazar, P. K. Sibley, P. J. Smith, R. C. Swartz, B. Thompson, and H. Windom, 1997, General Guidelines for using the Sediment Quality Triad, *Marine Pollution Bulletin* 34 (6): 368-372.
- Fortstner U., and Whittmann G.T. 1983. Toxic Metal. Metal Pollution in Aquatic Environment. Springer Verlag. Berlin Heidelberg. Germany. hlm 3-68.

- Long E.R and MacDonald D.D, 1998, Recommended uses of empirically-derived sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. *Human Ecolog Risk Assess* 4:1019 –1039.
- Long E.R. and MacDonald D.D, 1992, National Status and Trends program Approach, in Sediment Classification Methods Compendium, US-EPA, EPA 823-R-92-006, Springfield.
- Luoma SN., and Carter JL. 1991. Effect of Trace Metal on Aquatic Benthos. in M.C. Newman and A.W. McIntosh (eds): Metal Ecotoxicology: Concepts and Applications. Lewis Publishers. Chelsea. Michigan. 261-300.
- MacDonald D. D., C. G. Ingersoll, T. A. Berger, 2000, Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems, *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39, 20–31.
- Maher, W., G.E. Batley, and I. Lawrence. 1999. Assessing The Health of Sediment Ecosystem: Use of Chemical Measurements. *Freshwater Biology* 41:361-372.
- Power, E. A., and P. M. Chapman. 1992. Assessing Sediment Quality. In: A. Burton (Eds): Sediment Toxicity Assessment. Lewis Publishers. 1-16. Rabeni C.F., T.P. Boyle, 1986, Biomomonitoring Of Stream Quality In Agricultural Areas: Fish Versus Invertebrates, *Environmental Management* 10(3): 413-419pp.
- Prica, M., B. Dalmajica, S. Roncevic, D. Kremar, and M. Bacelic. 2007. A Comparison of Sediment Quality Results with Acid Volatile Sulfide (AVS) and Simultaneously Extracted Metal (SEM) Ratio in Vojvodina (Serbia) Sediments. *Sci.Total Environ.* 20: 1-10.
- Rippey B., N. Rose, H. Yang, S. Harrad, M. Robson, S. Travers, 2007, An assessment of toxicity in profundal lake sediment due to deposition of heavy metals and persistent organic pollutants from the atmosphere. *Environ Int.*, doi: 10.1016/j.envint.2007.03.006
- Swartz RC (1999) Consensus sediment quality guidelines for PAH mixtures. *Environ Toxicol Chem* 18:780 –787.
- Wade T.L., S.T. Sweet, A.G. Klein, 2007, Assessment of sediment contamination in Casco Bay, Maine, USA, *Environmental Pollution*:1-17, doi:10.1016/j.envpol.2007.07.016

KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI DARI SEDIMEN SITU SEBAGAI AQUATIC BIOREMOVAL AGENT ION LOGAM TIMBAL (Pb)

Awalina Satya dan Sekar Larashati

Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, Kompleks LIPI Cibinong Life Science Center

awalina@ gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran logam berat di perairan danau atau situ telah umum terjadi yang biasanya timbul akibat kegiatan anthropogenic yang intensif di sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan isolat bakteri yang dapat diimplementasikan penggunaannya sebagai bioremoval agent pada sistem pengolahan limbah atau lingkungan perairan danau atau situ yang tercemar oleh ion Pb. Pengambilan contoh sedimen dari Situ Cipondoh dan Situ Pamulang dilakukan pada 3 Desember 2008. Isolasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode 'pour plate'. Medium yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri adalah medium Nutrient Agar (NA) yang ditambahkan logam berat timbal (Pb) dengan variasi konsentrasi 10, 25 dan 50 mg/L. Pertumbuhan bakteri diamati pada umur 24-48 jam. Determinasi kandungan ion Pb dilakukan dengan Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer (GrAAS) dengan didahului proses digesti-ekstraksi menggunakan larutan campuran aqua regia dan hydrogen peroxyde 30 % pada suhu 121°C dan tekanan 15 Psig selama 30 menit. Nilai recovery hasil pengukuran dengan Certified Refence Material SRM-NIST-1515 Apple leaves adalah 99,8 %. Hasil isolasi bakteri dari sampel sedimen situ Cipondoh dan situ Pamulang menunjukkan bahwa tidak ada bakteri yang tumbuh pada medium yang mengandung 50 mg Pb /L, namun isolat bakteri dari sedimen situ Pamulang dapat tumbuh pada medium yang mengandung 10 dan 25 mgPb/L. Isolat bakteri dari perairan situ Pamulang berpotensi untuk dijadikan agen bioremediasi Pb. Penurunan konsentrasi Pb dalam medium pertumbuhan bakteri yang tertinggi (100 %) dimiliki oleh isolat OPIN10. Akumulasi konsentrasi Pb dalam sel bakteri tertinggi (220,75 µg/g bobot basah sel) dimiliki oleh isolat OPIN25.

Kata Kunci: bioremoval, Pb, isolate bakteri, sedimen, Situ Cipondoh, situ Pamulang

ABSTRACT

Heavy metals pollution has been occurred widely moreover in places where anthropogenic activities are intensively occupy. The aim of this study was to obtain bacterial isolates which could be implemented as bioremoval agent on waste water treatment system or lakes water environment that have been polluted by the ion of lead (Pb). Sediment samples were taken from Situ Cipondoh dan Situ Pamulang in 3 December 2008. Bacterial isolation was conducted by 'pour plate' methods. Bacteria were grown in Nutrient Agar (NA) medium which spiked with Pb ions varied in 10, 25 and 50 mg/L concentrations. Bacterial growth observed in 24-48 hours ages. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometer (GrAAS) was used to determine remaining Pb ion content in medium and in bacterial biomass preceded by extrcation-digestions process using aqua regia and hydrogen peroxyde 30 % solutions mixtures in 121°C temperature and pressures in 15 Pressure per squares inches (Psig) within 30 minutes. Measuring recovery using Certified Refence Material SRM-NIST-1515 Apple leaves was 99,8 %. The results show that bacterial isolates originate from situ Cipondoh dan situ Pamulang sediments were not capable to withstand in medium containing 50 mg Pb /L, however bacterial isolate of situ Pamulang sediment can survive in medium containing 10 and 25 mgPb/L. Bacterial isolate from situ Pamulang sediments suggested have potentially used as Pb ion bioremoval agent. The highest declining Pb concentration in bacterial grown medium (100 %) possessed by OPIN10 isolate. Highest accumulation of Pb in bacterial cells (220,75 µg/g dry weight) found in OPIN25 isolate.

Keywords: bioremoval agent, Pb, bacterial isolate, sediment, Situ Cipondoh, situ Pamulang

PENDAHULUAN

Diantara ke lima belas danau prioritas nasional tentu ada yang mengalami masalah pencemaran logam berat akibat kegiatan antropogenik yang intensif terjadi di sekitarnya. Masalah utama dari pencemaran logam berat (diantaranya adalah ion logam timbal (Pb)) adalah karena logam tersebut dapat terakumulasi dalam rantai makanan akuatik. Penggunaan bakteri sebagai metoda bioremoval mempunyai beberapa keuntungan, seperti biaya yang rendah, efisiensi yang tinggi, biosorbennya dapat diregenerasi, tidak perlu nutrisi tambahan, kemampuannya dalam *recovery* logam dan *sludge* yang dihasilkan sangat minim. Kebanyakan bakteri yang digunakan untuk bioremoval logam berat diisolasi dari tempat yang tercemar logam berat. Situ Cipondoh dan situ Pamulang adalah dua buah perairan situ terletak di tepi jalan raya kota Tangerang yang cukup ramai dan dikelilingi oleh pemukiman padat penduduk dengan berbagai aktifitas antropogenik yang diindikasikan telah menyumbangkan *input* Pb ke badan air tersebut. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan pengisolasian dan pengujian kemampuan bakteri dari sedimen Situ Cipondoh dan Situ Pamulang dalam menurunkan kuantitas ion Pb dalam media hidupnya.

Logam berat merupakan unsur berbentuk kation yang stabil dalam bentuk hidroksida dan oksida. Tembaga (Cu), seng (Zn), nikel (Ni) dan kobal (Co) adalah contoh logam berat yang tidak berbahaya dan menjadi “*trace element*” penting untuk metabolisme makhluk hidup dalam jumlah rendah. Beberapa Logam berat lain seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr) dan merkuri (Hg) merupakan unsur yang tidak memiliki fungsi biologis penting namun tetap dapat terakumulasi dalam sel (Gadd, 1990; Darmono, 1995).

Logam berat dalam sel dapat berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH) dari asam-asam amino sehingga menyebabkan inhibisi kinerja enzim. Selain itu, kerja ion fisiologis dapat terganggu oleh adanya logam berat, seperti logam Cd yang mengganggu kerja ion Zn atau Ca. Senyawa oksianion logam berat apabila tereduksi dalam sel dapat menghasilkan radikal bebas yang akan berikatan dengan Deoxyribonucleic Acid (DNA) sehingga dapat mengakibatkan mutasi (Nies, 1999). Alergi dan kanker adalah dampak yang ditimbulkan oleh adanya logam berat berbahaya di dalam sel makhluk hidup.

Paparan logam berat di lingkungan menyebabkan adanya kontak antara mikroorganisme dan logam berat. Beberapa mikroorganisme tersebut memiliki mekanisme dalam remediasi logam berat di lingkungan. Salah satunya melalui mekanisme bioremoval, yang didefinisikan sebagai terakumulasi dan terkonsentrasinya polutan oleh material biologi (Suhendrayatna, 2001).

Mikroorganisme yang mampu melakukan remediasi logam berat di antaranya adalah bakteri, contohnya yaitu *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp, dan *Escherichia coli*; kapang, contohnya yaitu *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus stolonifer* dan *Aspergillus oryzae*; sementara khamir, contohnya yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (Gupta *et al.*, 2000; Suhendrayatna, 2001).

Bioremoval logam berat dilakukan oleh mikroorganisme dengan membentuk ikatan antara sel dan logam berat, baik secara adsorpsi maupun absorpsi atau kompleksasi sehingga ion logam tersebut dapat terikat pada permukaan sel atau terakumulasi di dalam sel. Selain proses bioremoval, mikroorganisme juga dapat melakukan proses reduksi logam berat sehingga terbentuk kompleks ion logam berat yang tidak toksik (Nies, 1999; Suhendrayatna, 2001).

Masalah utama dari pencemaran logam berat adalah karena logam tersebut dapat terakumulasi sampai pada rantai makanan (Barwick and Maher, 2003;Suhendrayatna, 2001). Oleh karena itu diperlukan suatu mekanisme yang efektif untuk mengolah limbah yang mengandung logam berat dan memulihkan lingkungan yang tercemar oleh logam berat.

Remediasi logam berat di lingkungan dapat menggunakan beberapa cara seperti cara kimia, fisika dan biologi. Cara fisika dan kimia yang dilakukan biasanya membutuhkan biaya yang mahal dan memakan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu dilakukan cara lain yaitu secara biologis menggunakan bakteri. Penggunaan bakteri sebagai metoda bioremoval mempunyai beberapa keuntungan, seperti biaya yang rendah, efisiensi yang tinggi, biosorbennya dapat diregenerasi, tidak perlu nutrisi tambahan, kemampuannya dalam *recovery* logam dan *sludge* yang dihasilkan sangat minim

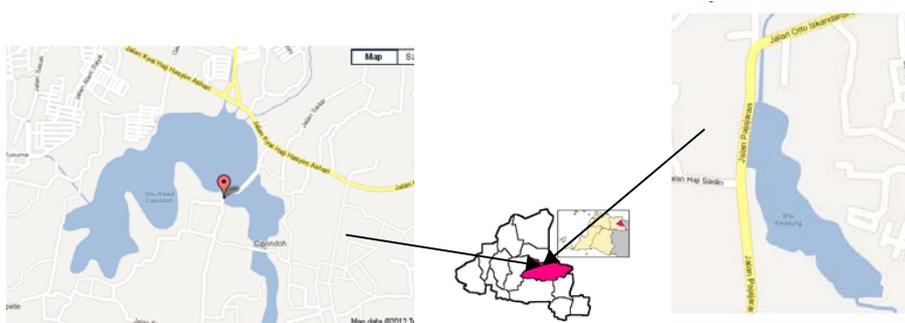
Kebanyakan bakteri yang digunakan untuk bioremoval atau bioremediasi logam berat diisolasi dari tempat yang tercemar logam berat. Beberapa ruas sungai Cisadane hilir diduga telah tercemar oleh logam berat dari limbah industri dan rumah tangga

sekitarnya. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diisolasi dan diuji kemampuan bakteri dari sedimen Situ Cipondoh dan Situ Pamulang dalam menurunkan logam berat.

Tujuan dari penelitian ini adalah : Mendapatkan isolat bakteri yang dapat digunakan untuk aplikasi pada sistem pengolah limbah atau lingkungan tercemar logam berat. Sedangkan sasaran dari hasil penelitian ini adalah dapat dijadikan salah satu komponen dalam teknologi alternatif untuk mengurangi Pb dari sistem perairan tercemar serta diperolehnya bakteri yang dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi Pb di lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan contoh sedimen dilakukan di perairan pada bagian tengah dan outlet Situ Cipondoh dan situ Pamulang (Kotamadya Tangerang Provinsi Banten) pada 3 Desember 2008 (Gambar 1). Pada saat bersamaan juga dilakukan pengukuran pH, konduktifitas, oksigen terlarut (DO), suhu dan turbiditas perairan. Determinasi kandungan ion Pb juga dilakukan pada air permukaan, akar dan daun salvinia (*Salvinia sp*) serta akar dan daun eceng gondok (*Eichornia crassipes*).



Gambar 1. Situ Pondoh dan Situ Pamulang di Kotamadya Tangerang-Provinsi Banten
(<http://www.nusaland.com/travel/map>)

Isolasi bakteri dilakukan dengan menggunakan metode ‘pour plate’. Medium yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri adalah medium Nutrient Agar (NA) yang ditambahkan logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi 10, 25 dan 50 mg/L. Sebanyak 1 g sampel sedimen dimasukkan ke dalam 9 mL akuades steril (pengenceran 10^{-1}) demikian selanjutnya sampai 10^{-9} . Masing-masing pengenceran dituang satu mL ke dalam cawan petri steril yang selanjutnya dituang medium ke dalam cawan petri tersebut. Pertumbuhan bakteri diamati pada umur 24-48 jam.

Koloni bakteri yang tumbuh dimurnikan sampai benar-benar murni dengan cara menggoreskan koloni tersebut pada agar secara “*four way streak*”. Koloni bakteri murni tersebut digores ke agar miring dan dilakukan pewarnaan Gram pada umur 24 jam kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran 1000x . Sel bakteri dengan bentuk dan warna homogen merupakan koloni bakteri yang sudah murni.

Kurva pertumbuhan bakteri

Sebanyak 10% (v/v) inokulum monokultur bakteri diinokulasikan ke dalam labu Erlenmeyer 500 mL yang berisi 250 mL NB. Inkubasi dilakukan dalam ‘shaker inkubator’ dengan kocokan 120 rpm pada suhu kamar. Selang waktu tertentu dilakukan pengukuran jumlah sel dengan menggunakan metode kekeruhan terhadap medium yang telah mengandung biakan bakteri dengan menggunakan spektrofotometer pada λ_{600} dan penghitungan koloni secara ‘total plate count’. Kurva standar dibuat dengan menghubungkan antara OD dan log jumlah sel/mL.

Hasil pengamatan isolat bakteri dibuat dalam bentuk kurva tumbuh. Umur inokulum optimum didapatkan pada pertengahan fase eksponensial dengan jumlah sel/mL tertentu. Selanjutnya berdasarkan umur inokulum optimum tersebut masing-masing isolat diinokulasikan untuk percobaan selanjutnya.

Uji kemampuan isolat bakteri bioremoval dalam menurunkan logam berat

Uji kemampuan isolat bakteri dalam menurunkan logam berat di medium tumbuh dilakukan dengan menginokulasikan 10% (v/v) suspensi bakteri ke dalam 50 mL medium NB yang ditambahkan Pb konsentrasi 20 mg/L kemudian diinkubasi selama 24 jam. Pengukuran pertumbuhan bakteri dengan metode kekeruhan dilakukan pada jam ke-0 dan 24.

Suspensi tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring 0,45 μm . Sebelumnya, kertas saring ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan bobot kertas saring kosong. Setelah terpisah dilakukan pengukuran konsentrasi Pb pada filtrat menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer. Kertas saring dan residu kemudian ditimbang setelah dikeringkan terlebih dahulu dengan memanaskan dalam oven 60-65 °C selama 24-48 jam (Kader *et al.*, 2007). Sebelum pengukuran dilakukan proses preparasi dengan menambahkan larutan HCl dan HNO₃ kemudian di autoklaf selama 30 menit, suhu 121°C dan tekanan 1,5 atm (ASTM, 2002).

Peralatan gelas yang digunakan dalam uji resistensi dan penurunan logam berat di medium oleh bakteri, dibilas terlebih dahulu dengan larutan HNO₃ dan HCl 1:1 (Csuros and Csuros, 2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 menyajikan nilai rerata parameter yang di amati pada kedua perairan situ tersebut. Nilai pH, konduktifitas, DO, suhu dan turbiditas menunjukkan bahwa kedua situ ini memang typical perairan danau dangkal di wilayah tropis (Chapman, 1996).

Tabel 1. Data parameter yang diobservasi pada Situ Cipondoh dan Situ Pamulang Desember 2008.

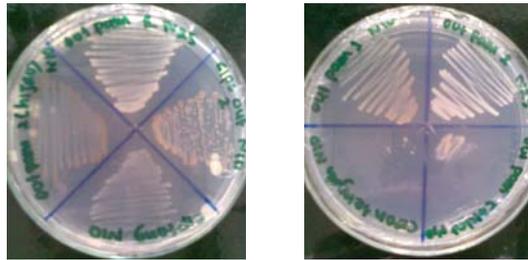
No	Parameter	Situ Cipondoh	Situ Pamulang
1	GPS	S:06°11'40.4" E: 106°40'33.3"	S:06°11'50.8" E: 106°40'28.7"
2	pH	6.90	7.12
3	Konduktifitas, mS/cm	0.283	0.152
4	DO, mg/L	5.72	4.77
5	Suhu air, °C	29.95	30.90
6	Turbiditas, NTU	10	17
7	Pb _{air} (µg/L)	<0.01	0.22
8	Pb _{sediment} (µg/g)	<0.01-0.54	0.22-0.62
9	Pb _{akar Salvinia} (µg/g)	<0.01	*
10	Pb _{daun Salvinia} (µg/g)	0.02	*
11	Pb _{akar Eichornia} (µg/g)	0.17	<0.01
12	Pb _{daun Eichornia} (µg/g)	<0.01	<0.01

*) tidak diukur

Konduktifitas rerata di situ Cipondoh sedikit lebih tinggi dibandingkan Situ Pamulang kemungkinan hal ini disebabkan oleh lokasi Situ Cipondoh relatif lebih banyak dikelilingi oleh sumber bahan pencemar (jalan raya lebih ramai, pasar, areal pertokoan, pemukiman padat penduduk) dibandingkan Situ Pamulang. Situ Cipondoh lebih berada di areal tengah perkotaan dibandingkan Situ Pamulang. Kandungan ion Pb di air juga masih dibawah batas aman untuk kehidupan biota akuatik menurut *Canadian Water quality standard* yaitu 10 µgPb/L. Kadar ion Pb dalam sedimen kedua situ ini juga masih dibawah background level untuk rerata sedimen danau di Amerika utara yaitu 35 µg/g (*Canadian Council of Minister of Environment*, 1999). Demikian pula untuk kandungan Pb di makrofita akuatik yang diamati juga masih sangat rendah. Meskipun demikian upaya pencarian isolat bakteri yang potensial untuk Pb *bioremoval*

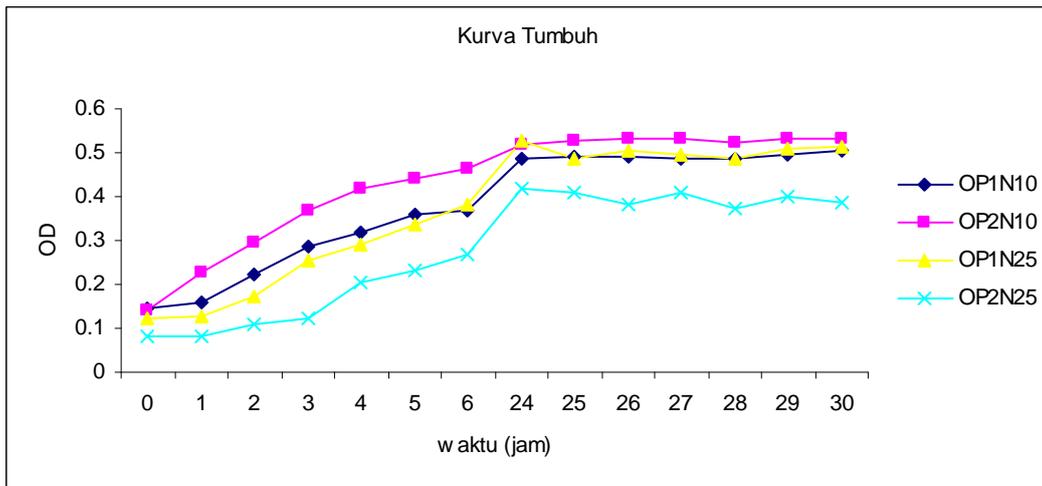
agent tetap dilakukan mengingat posisi/lokasi perairan kedua situ ini masih memiliki peluang besar untuk mendeposisi Pb di bagian sedimennya.

Hasil isolasi bakteri dari sampel sedimen situ Cipondoh dan situ Pamulang menunjukkan tidak ada bakteri yang mampu tumbuh pada medium mengandung 50 mg Pb /L, namun isolat bakteri dari sedimen situ Pamulang dapat tumbuh pada medium yang mengandung 10 dan 25 mgPb/L. Isolat bakteri dari sedimen situ Pamulang yang tumbuh pada media dengan konsentrasi Pb 10 dan 25 mgPb/L berasal dari bagian outlet dengan kode OP1N10, OP2N10, OP1N25, dan OP2N25.



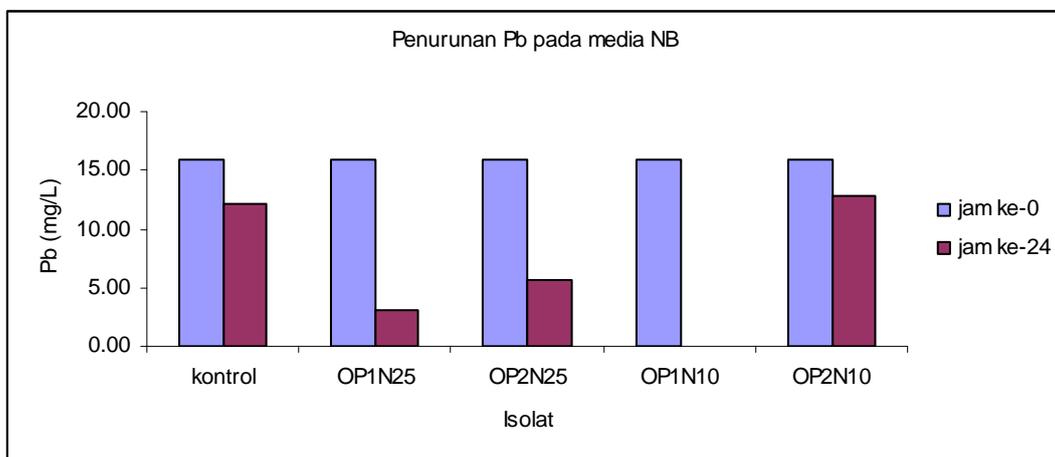
Gambar 2 Isolat bakteri yang mampu tumbuh pada media yang mengandung Pb konsentrasi 25 mg/L.

Umur inokulum optimum masing-masing isolat adalah jam ke- 4 untuk isolat OP2N10 dan OP1N25, serta antara jam ke-3 dan 4 untuk isolat OP1N10 dan OP2N25.



Gambar 3. Kurva pertumbuhan isolat bakteri OP2N10, OP1N25, OP1N10, dan OP2N25.

Keempat isolat tersebut kemudian ditumbuhkan pada media pertumbuhan yang mengandung Pb konsentrasi 20 mg/L dan diinkubasi selama 24 jam. Pada jam ke-0 dan 24 dilakukan pengukuran konsentrasi Pb pada filtrat dan residu atau sel bakteri. Hasil pengukuran konsentrasi Pb adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Penurunan konsentrasi Pb dalam media pertumbuhan yang ditambahkan 20 mgPb/L. Keterangan: kontrol = medium pertumbuhan tanpa inokulum bakteri.

Penurunan konsentrasi Pb tertinggi tampak pada isolat OP1N10 sebesar 100% sedangkan penurunan konsentrasi Pb terendah tampak pada isolat OP2N10. Isolat OP1N25 memiliki kemampuan menurunkan konsentrasi Pb sebesar 74% dan isolat OP2N25 memiliki kemampuan sebesar 53%. Kemampuan bakteri dalam menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungan tumbuhnya dapat disebabkan karena kemampuan bakteri dalam mengakumulasi logam berat tersebut. Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion bermuatan positif sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat (Niu *et al.*, 1993). Bakteri juga dapat mengakumulasi logam berat di dalam sel dengan membentuk ikatan antara logam berat dengan suatu protein dalam sel yang disebut metalotionein (Gadd, 1990).

Kemungkinan Isolat-isolat bakteri dalam penelitian ini memiliki kemampuan dalam mengakumulasi Pb di atau dalam selnya. Hasil pengukuran konsentrasi Pb dari sel bakteri dalam waktu 24 jam adalah sebagai berikut:

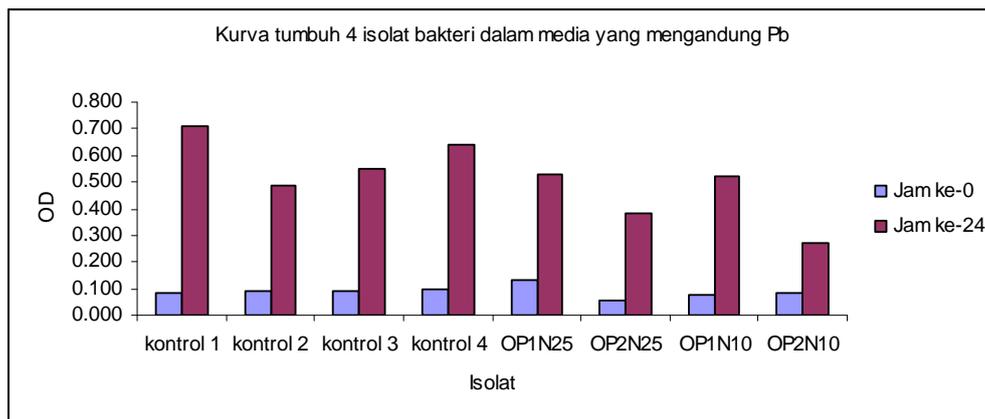
Tabel 1. Konsentrasi Pb di sel isolat bakteri

Kode isolat	Konsentrasi Pb di sel bakteri ($\mu\text{g/g}$ sel)	
	Jam ke-0	Jam ke-24
Kontrol 1	tt	tt
Kontrol 2	tt	tt
Kontrol 3	tt	tt
Kontrol 4	tt	tt
OP1N10	tt	189,25
OP2N10	tt	87,79
OP1N25	tt	220,75
OP2N25	tt	160,65

Akumulasi Pb tertinggi terdapat pada isolat OP1N25 yaitu sebesar 220,75 $\mu\text{g/g}$ sel. Jika dibandingkan dengan isolat OP1N10, penurunan konsentrasi Pb oleh isolat OP1N25 lebih rendah namun akumulasinya di sel lebih tinggi. Nilai rapat optis isolat OP1N25 lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrolnya pada jam ke-24. Kemungkinan laju akumulasi Pb di sel bakteri ini tinggi sehingga mengakibatkan toksik dan akhirnya mempengaruhi pertumbuhan bakteri itu sendiri. Kemampuan bakteri

dalam menurunkan logam berat di lingkungan tumbuhnya juga dipengaruhi oleh jumlah sel sehingga jumlah sel yang rendah akan menurunkan kemampuannya dalam menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungannya.

Isolat OP1N10 kemungkinan juga memiliki resistensi terhadap Pb sehingga pertumbuhan sel tidak terganggu dengan adanya Pb di lingkungan tumbuhnya. Hal tersebut tampak dari nilai rapat optisnya dimana dalam waktu 24 jam naik dari 0,07 menjadi 0,52. Kondisi tersebut sama dengan kontrol dimana bakteri tumbuh dalam media yang tidak mengandung Pb. Nilai rapat optis isolat OP2N10 jika dibandingkan dengan kontrol tampak berbeda. Pada media yang tidak mengandung Pb, nilai rapat optis naik dari 0,09 menjadi 0,55 sedangkan pada media yang mengandung Pb nilai rapat optis naik dari 0,09 menjadi 0,27. Kemampuan resistensi isolat OP2N10 kemungkinan rendah sehingga tidak optimal dalam menurunkan Pb di media tumbuhnya.



Gambar 5. Kurva tumbuh 4 isolat bakteri dalam media NB yang ditambahkan Pb 20 mg/L. Keterangan: Kontrol = bakteri yang ditumbuhkan dalam media tanpa Pb, 1= OP1N25, 2= OP2N25, 3= OP1N10, 4= OP2N10.

KESIMPULAN

Isolat berasal dari sedimen perairan situ Pamulang berpotensi untuk dijadikan agen bioremediasi Pb. Penurunan konsentrasi Pb tertinggi dimiliki oleh isolat OP1N10. Akumulasi konsentrasi Pb tertinggi dimiliki oleh isolat OP1N25.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Puslit Limnologi-LIPI yang telah membiayai kegiatan ini melalui kegiatan Tolok Ukur Pengembangan Sistem Analisis dan Kajian Toksisitas Logam Berat pada Lingkungan Perairan Darat-Program DIPA 2008.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Designation: D 1971-02. (2002). Standard Practises for digestion of water samples for determination of metals by flame atomic absorption, graphite furnace atomic absorption, plasma emission spectroscopy, or plasma mass spectrometry. An American National Standard. Annual book of ASTM Standards, Vol.11.01
- Barwick, M and W.Maher. 2003. Biotransference and biomagnifications of selenium,copper,cadmium,zinc,arsenic and lead in a temperate seagrass ecosystem from Lake Macquarie estuary, NSW. Australia. Marine Environmental Research 56(2003) Elsevier Science Direct. page 471-502.
- Canadian Environmental Quality Guidelines. (1999). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life. Canadian council of minister of the environment.
- Chapman, D. (Ed.). (1996). Water quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Second edition. Published on Behalf of UNESCO/WHO/UNEP. University Press, Cambridge.
- Atlas, R. M. dan R. Bartha.1993. Microbial Ecology. Fundamentals and aplications. 3rd (Ed.). The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc. Redwood. 563 p.
- Cappucino, J.G & N. Sherman. 1987. *Microbiology: a laboratory manual*. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, California.
- Church, T. M., and Scudlark, J. R. 1997. Trace Metals In Estuaries : A Delaware Bay Synthesis. In Allen, H. E. .*et. al* (Eds). Metals in Surface Waters. Ann Arbor Press. USA. 262 p.
- Csuros, M and Csuros,C. (2002). Sample collection for metal analysis. Dalam buku Environmental sampling and analysis for metals.Lewis Publisher. A CRC Press Company. Boca Raton. 371 p.
- Gadd, G.M. 1990. Environmental Biotechnology: Microbiology of extreme environment. McGraw-Hill Publ.Co. New York
- Kader, J., P. Sannasi, O.Othman, B.S. Ismail & S. Salmijah. 2007. Removal of Cr (VI) from aqueous solutions by growing and non-growing populations of

environmental bacteria consortia. *Global Journal of Environmental Research* (1): 12-17.

Nies, D.H. 1999. Microbial heavy metal resistance: molecular biology and utilisation for biotechnological processes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **51**: 730-750.

Nies, D.H. & S. Silver. 1995. Ion efflux systems involved in bacterial metal resistances. *Journal of Industrial microbiology* **14**: 186-199.

Suhendrayatna, 2001. Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Microorganism: Suatu Kajian Kepustakaan. Institute for Science and Technology Studies (*ISTECS*). Department of Applied Chemistry and Chemical Engineering Faculty of Engineering, Kagoshima. University Korimoto, Kagoshima, Japan.

PERUBAHAN LINGKUNGAN DI DANAU SENTARUM KALIMANTAN BARAT : SINYAL DARI MINERALOGI LEMPUNG

W.S. Hantoro

Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences

ABSTRAK

Sejumlah 23 contoh lempung telah terpilih dari 8 m panjang contoh inti sedimen yang diperoleh dari Danau Sentarum di hulu Sungai Kapuas. Contoh-contoh tersebut dianalisis memakai XRD di State Laboratory of Marine Geology di Shanghai, Republic of China. Pengumpulan contoh ini merupakan bagian dari Program Westpac untuk meneliti mineralogi lempung dan turunannya di sekitar Paparan Tepi Kontinen Sunda dan Laut China Selatan. Sekuen dari bagian bawah ke atas, lempung berubah warna dari abu-abu gelap menjadi abu-abu berangsur menjadi berwarna coklat terang dan kuning terang. Sisipan tipis sedimen lebih kasar sebagai lempung lanauan, kadang-kadang sebagai lempung pasir muncul di bagian atas maupun bawah sekuen sedimen ini. Bagian bawah dari sekuen mengandung remah bahan karbon luruhan tumbuhan. Kaolinite sering muncul pada tiap contoh sebagai hasil pelapukan kimiawi batuan asam pada kondisi lembab dan hangat iklim tropis. Chlorite, illite dan quartz muncul dominan sebagai hasil pelapukan fisik hidrolisis lemah. Feldspar dan gibsite kadang-kadang muncul. Hidrolisis lempung di lingkungan danau mengubah chlorite menjadi kaolinite dan illite. Perubahan sekuen stratigrafi dan mineralogi dari lempung menandakan bahwa lempung diluruhkan dari berbagai jenis batuan dan diendapkan kembali di lingkungan danau yang berubah lingkungannya sepanjang waktu.

Kata kunci: *Danau Sentarum, mineralogi lempung, perubahan lingkungan*

ABSTRACT

About 23 clay samples had been selected from about 8 m length of core that had been collected from Lake Sentarum in the upper stream of Kapuas River, West Kalimantan. Those samples were analyzed by using XRD at State Laboratory of Marine Geology in Shanghai, Republic of China. The sample collection is part of the Westpac Program to study clay mineral and its derivation around Sunda Epicontinental Platform and South China Sea. Upward sequence of the core, samples change of the color from dark grey to grey then to light brown and light yellow. Streaks of coarser sediments as silty clay and some time fine sandy clay appear in the upper and lower core. Lower part samples of the core contain carbon material debris of the forest. Kaolinite appears in each sample as the product of chemical weathering of parent rocks in humid and warm of tropical climate. Chlorite, illite and quartz at uppermost sequence as product of weak hydrolytic physical weathering. Hydrolytic of clay mineral changes chlorite to kaolinite and chlorite. Change on the stratigraphic sequence and its clay mineralogy suggest that the clay had been derived from various type of the rocks and deposited in the lake that subject to be changed environmentally through time.

Keywords: *Lake Sentarum, clay mineralogy, environmental change*

PENDAHULUAN

Komposisi mineral dan geokimia lempung yang diluruhkan dan kemudian diendapkan sebagai formasi geologi, mungkin mencerminkan keadaan lingkungan di masa lampau. Lingkungan dimana lempung telah diendapkan berada pada perubahan atau fluktuasi kondisi iklim (Singh et al., 2005; Selvaraj and Chen, 2006; Liu et al.,

2007a, 2009). Pelapukan di kawasan tropis relatif lebih intensif sebagaimana terjadi di kawasan Asia Tenggara dimana laju curah hujan dan denudasi sangat tinggi. (McLennan, 1993; Summerfield and Hulton, 1994). Tingginya kelembaban dan lebatnya hutan boleh jadi berpengaruh pada pelapukan kimia (Wang et al., 2011), menghasilkan tingginya laju denudasi pada singkapan formasi geologi. Hasil pelapukan dan luruhan karbon di hutan terangkut dan kemudian diendapkan di danau. Perakaran dari pepohonan dapat mempercepat pelapukan sebagaimana akar tersebut menerobos dalam ke batuan, memungkinkan air meteorik mengalir masuk memicu peluruhan batuan. Pelapukan ini sebagai gejala peluruhan proses fisis, kimiawi maupun biologi yang menghasilkan lapukan yang tebal. Biota di dasar hutan mungkin membantu peluruhan timbunan tebal serasah hutan, membentuk soil yang subur. Tingginya curah hujan yang butirannya menumbuk langsung jatuh ke dasar hutan yang terbuka, mungkin membuyarkan stabilitas soil, tercungkil dan tererosi, terangkut sebagai bahan tersuspensi dalam air.

Sebagai hasil awal, diperoleh informasi mengenai komposisi mineral dari contoh lempung sekuen sedimen danau. Untuk sementara mungkin dapat membantu menafsirkan keadaan lingkungan di masa lampau saat bahan lempung terbentuk dan diendapkan pada suatu kondisi iklim yang berubah.

Danau Sentarum menempati suatu luasan cekungan kawasan bergunung di bagian hulu suatu daerah aliran Sungai Kapuas yang membentang dari pedalaman di Kalimantan Barat hingga pantai di perairan Selat Karimata. (gambar 3) (Bemmelen, 1949, Smit-Sibinga, 1953). Danau terletak di bagian tengah pedalaman Kalimantan, dikelilingi oleh bentang morfologi terjal namun sudah cukup lanjut dari berbagai jenis batuan, antara lain batuan malihan, terobosan, rempah gunung api serta batuan sedimen (fig 3 and 4). Danau Sentarum merupakan suatu danau dangkal pengisian musiman dimana air luapan sungai Kapuas mengisi dan tertahan ketika musim hujan berlangsung. Air genangan yang terjebak di danau berkurang tinggi energi kinetiknya yang selama ini mempertahankan kandungan bahan tersuspensi. Rendahnya energi kinetik memungkinkan mulainya proses flokulasi bahan tersuspensi dan meluruh membentuk timbunan endapan di dasar danau yang sedang tergenang, namun bukan di alur-alur dimana air masih terus mengalir (Giesen, 1987). Pasir dan sedimen kasar lainnya telah mengendap di pinggir danau di muara sungai dimana aliran air berkurang kecepatannya

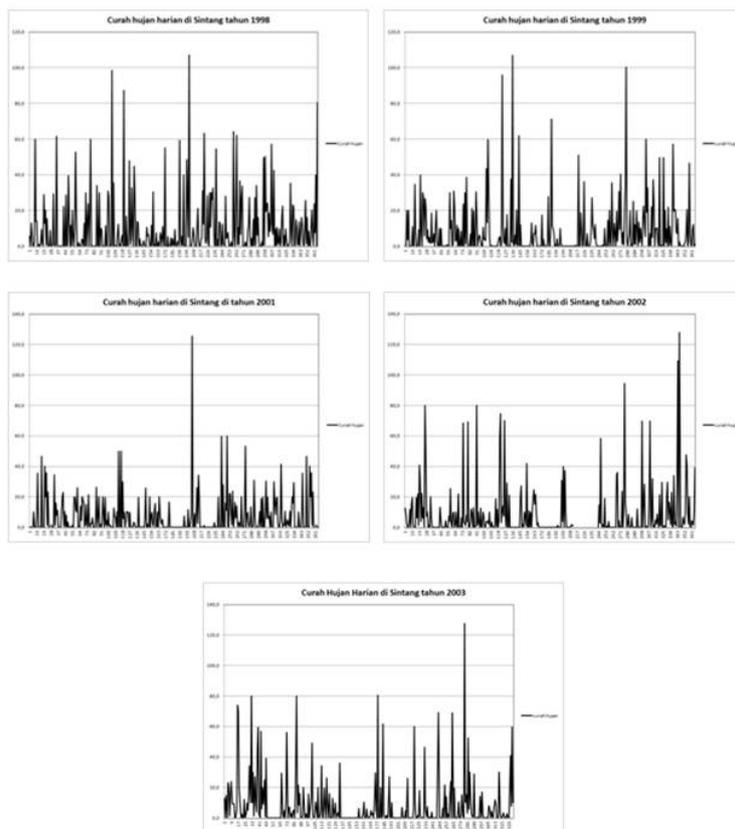
sehingga energi kinetik air tidak dapat lagi mendorong dan meninggalkan sedimen teronggok sementara partikel suspensinya masih dapat terbawa hingga ke bagian tengah danau.

Contoh lempung diperoleh dengan pecontoh inti dari tepi alur kanal di bagaian tengah danau. Penelitian awal ini sekedar menghasilkan mineralogi lempung berdasar analisis X ray deffraksi, tetapi cukup memperlihatkan perubahan komposisi mineral lempung yang menandai perubahan genesa pembentukan lempung. Perubahan pada warna dan mineralogi diduga akibat dari perubahan lingkungan pembentukannya. Analisis geokimia lebih lanjut, seperti komposisi kimia dan kandungan karbon diharapkan memberi penjelasan baru mengenai pembentukan lempung. Pentarikan contoh diharapkan dapat dilakukan guna memperoleh kapan lempung terbentuk, atau dengan kata lain kapan lingkungan danau menghasilkan endapan lempung tersebut.

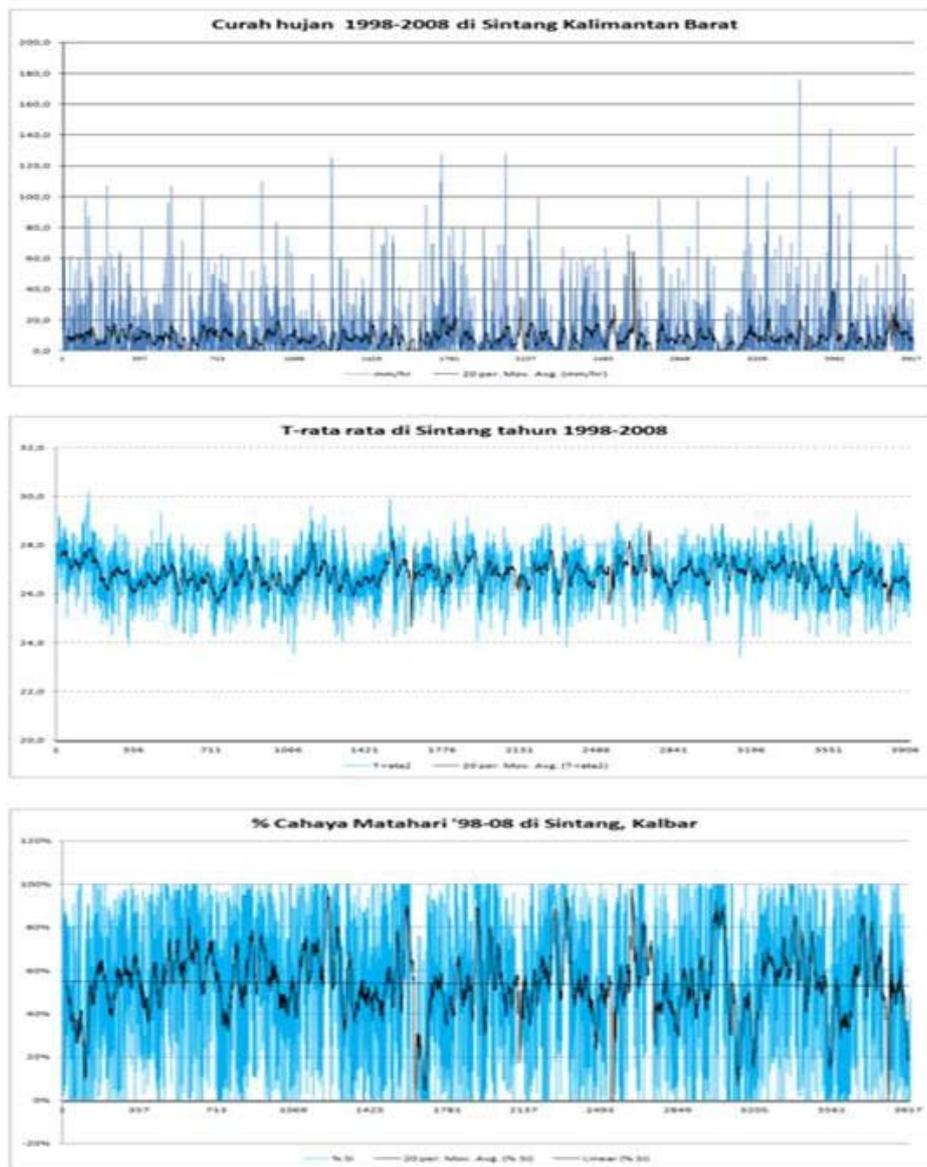
Iklm dan hidrologi

Cekungan danau terlampar sepanjang ITCZ mintakat iklim ekuatorial Indonesia (Tjasyono, 2006) (gambar 1 dan 2a), berada pada pengaruh Monsoon Asia yang musim basahnya membawa hujan lebat hampir selama 7 bulan dalam satu tahun (BMKG, 2009). Kelembaban harian sekitar danau berkisar dari 80% selama musim kering dan 100% saat puncak musim hujan. Formasi awan sangat pekat, tebal, rendah hingga tinggi dengan tutupan mencapai 80% selama musim basah (gambar 2c), sementara suhu rata-rata berkisar pada 25°C (gambar 2b). Curah hujan tahunan berkisar antara 2500-3000 mm berlangsung sejak September hingga April (BMKG, 2009). Air berasal dari kawasan luas tangkapan hujan sekeliling cekungan melalui alur pendek dan sempit yang bermuara di danau. Aliran air ini mengangkut suspensi pekat hasil erosi dan luruhan dari hutan di sekeliling danau. Danau, di sisi lain juga mengalami pengisian dari hulu Kapuas, tumpahan air hujan saat puncak musim basah yang tidak dapat segera mengalir melalui lembah sungai (Giesen, 1987). Volume sangat besar air hujan hulu tidak dapat tertampung lagi di lembah sungai, tertahan tidak cukup ruang untuk mengalir ke hilir. Air di alur sungai yang menghubungkan danau dengan sungai dengan cepat naik diikuti berbaliknya arah aliran air menjadi masuk dari sungai kembali ke dalam, bersama dengan air sungai mengisi dan menaikkan muka air danau. Luasnya tangkapan hujan di hulu mengirimkan sangat besar volume air yang kemudian masuk ke dalam danau.

Masa air ini memerlukan waktu singgah sebelum secara berangsur susut seiring mengalirnya air ke hilir menuju laut. Menuju musim kering, air simpanan perlahan dilepas kembali keluar melalui alur sungai dalam danau menuju sungai utama (Giesen, 1987). Dalam keadaan seperti demikian, Danau Sentarum lebih dari sekedar merupakan cekungan danau namun lebih menjadi suatu danau atau genangan penyimpan tangkapan air sementara dan bukan sebagai danau peyimpan air permanen. Perubahan tinggi muka dapat mencapai 8 m antara puncak dua musim saat kondisi musim normal. Puncak musim hujan saat muka danau tinggi, menenggelamkan hingga setengah tinggi pepohonan di danau, namun saat musim kering meninggalkan cabang-cabang alur kering, bahkan alur utamanya. Perubahan muka air danau dapat melibatkan perubahan hingga 70% permukaan danau. Suhu air danau berkisar antara 27.0 hingga 32.7⁰C mengandung asam humik konsentrasi tinggi (Giesen 1987) oleh karenanya danau ini dikelaskan sebagai “tropical blackwaters” (St. John and Anderson, 1982).



Gambar 1. Kurva curah hujan harian di Sintang Kalimantan Barat pada tahun -tahun 1998 hingga 2003



mbar 2. Kurva kondisi meteorologi harian di Sintang Kalimantan Barat pada tahun 1998 hingga 2003 (a) Kurba curah hujan (b) Kurba suhu rata-rata (c) Kurva penyinaran matahari

Morfologi dan Geologi kawasan danau

Cekungan danau memiliki luas sekitar 6500 km², dikelilingi semua sisi oleh jajaran gunung dan perbukitan. Jajaran pegunungan tersebut adalah Kapuas di utara, Muller di timur, Plato Madi di selatan dan Kelingkang di barat danau. Danau sebagai perluasan dataran banjir musiman dari sungai Kapuas. (Smit Sibinga, 1953). Sungai Kapuas merupakan sungai terpanjang alurnya di Indonesia, sekitar 1143 km panjangnya. Tumpahan air sungai di delta-deltanya mencapai 7,000 meter kubik per detik (van

Bemmelen, 1949). Sebagai sungai paling keruh di Kalimantan, bahan tersuspensi di air sungai mulai mengendap ketika air sungai masuk ke dalam mengisi danau Sentarum dan menjadi air genangan. (Giessen, 1987).

Kawasan danau secara geologi merupakan daerah relatif stabil sejak zaman Tersier, aktivitas magmatiknya diakhiri oleh terobosan batuan menengah dan penyebaran batuan vulkanik lainnya (Bemmelen, 1949, Peters et al., 1993, Heryanto et al., 1993). Pelapukan kuat dan denudasi lingkungan tropis menghasilkan bentang lanjut morfologi berupa perbukitan dan gunung relatif membundar di sekeliling danau. Struktur *hogbag* dan *mesa* terisolir di kawasan danau bagian tengah merupakan sisa struktur yang dihasilkan dari denudasi batupasir kuarsa dari Tersier Bawah dan Mesozoikum. Batupasir yang tersingkap di tengah danau ini terbentuk dari pengendapan luruhan intrusi batuan granitan dan berbagai intrusi batuan asam di Kalimantan bagian tengah. (Heryanto et al., 1993). Singkapan batuan berumur Mesozoikum terdiri dari batuan malihan, batupasir kuarsa dan batuan pasir lempungan (gambar 2). Batuan intrusi asam, menengah dan basaltan serta satuan batuan slate (sabak) tersingkap membentuk tinggian di sisi utara danau. Bagian ini banyak menyumbang sedimen luruhan halus hingga kasar melalui anak-anak sungai yang banyak mengalir langsung ke danau.

Lapisan sedimen yang belum termampatkan terlampar luas di cekungan danau, yang tersingkap selama musim kering di dinding lembah alur dalam danau ketika air surut hingga 8 m lebih rendah. Sekuen Kuartar ini umumnya terdiri dari endapan lempungan berlapis buruk yang diendapkan dalam kurun waktu sangat lama. Bagian atas dari sekuen sedimen terbentuk sejak Holosen merupakan luruhan dari hutan, membentuk endapan gambut (Heryanto et al., 1993). Sedimentasi terus berlangsung saat air mengisi dan menggenangi danau, berupa bahan campuran dari muatan suspensi dari hulu Kapuas dan sekeliling danau. Di lain hal, erosi juga berlangsung saat sebagian dasar danau terbuka dan mengalami atau dilalui aliran permukaan, bahannya terbawa kembali ke aliran sungai keluar menuju sungai utama dan terangkut hingga laut.

Sedimentologi dan sedimentasi: pengamatan lapangan

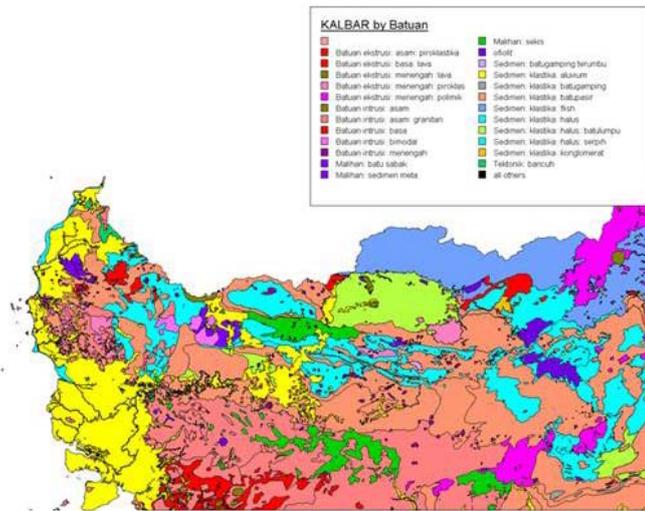
Singkapan sedimen danau dapat ditemukan dan dilihat pada dinding lembah sungai yang longsor membuka lapisan sedimen. Bagian atas singkapan berupa lapukan

yang terdiri dari luruhan danau dan akar pepohonan. Soil ini berwarna hitam, menandai luruhan bahan organik hutan di kawasan danau. Sekuen ini memiliki ketebalan bervariasi dari 50 sd 200 cm, di bagian bawah dari sekuen sebagian berupa endapan gambut. Dibawah soil terdapat lapisan berwarna lebih terang dan lunak, coklat terang hingga ke abu-abuan atau kehijauan dengan bidang ketidak selarasan memisahkan antara lapisan ini dengan endapan di atasnya. Sekuen ini relatif basah karena resapan air dari sekuen di atasnya yang bertindak sebagai mintakat vadose. Di dinding lembah sungai yang terjal dan tinggi, sering tersingkap bagian lebih bawah dari sekuen endapan lempungan yang ditandai oleh endapan berlapis buruk berwarna semakin terang, dari coklat muda hingga coklat putih kotor, dengan sisipan endapan lempung lanauan. Bagian bawah dari endapan lempung ini berwarna abu-abu hingga abu-abu gelap dan mengandung remah karbon.

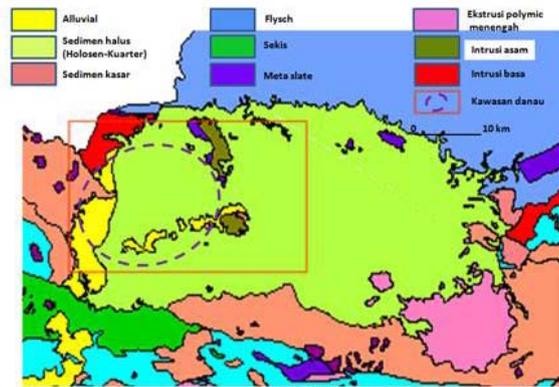
Sediment lempung yang diendapkan di danau berasal dari dua sumber berbeda, yang pertama berupa bahan tersuspensi yang terangkut air sungai Kapuas dari hulu yang masuk ke dalam danau yang mengendap ketika air sungai kehilangan energi kinetiknya. Sedimen ini terangkut saat air sungai Kapuas meluap dengan arus kuat mengangkut suspensi pekat yang berasal dari hulu Kapuas. Bahan sedimen lain adalah hasil erosi dari perbukitan di sekeliling dan di tengah danau, yang terangkut secara traksi maupun suspensi. (Giessen, 1987). Sedimen pasir kasar diendapkan paling awal di muara sungai kecil di tepi danau. Bagian danau yang dekat dengan saluran utama menerima lebih banyak endapan dari suspensi yang berasal dari Kapuas hulu sementara suspensi dari sungai di sekeliling danau diendapkan di bagian dekat tepi danau yang jauh dari saluran utama, di perairan yang ditumbuhi oleh pepohonan dalam danau. Bagian dangkal di tengah danau yang dilalui saluran utama menerima air bermuatan suspensi dari air hulu Kapuas dan air dari anak-anak sungai di sekeliling danau yang ketika danau penuh menyebarkan airnya mnggenangi bagian dangkal bertutupan hutan pohon kayu. Neraca sedimen dari sekeliling danau tergantung oleh intensitas erosi atau dengan kata lain tergantung pada unsur-unsur curah hujan, tutupan hutan di sekeliling danau. Secara keseluruhan, neraca pengisian sedimen ke dalam danau tergantung berapa pekat suspensi yang terangkut dari hulu Kapuas maupun dari tangkapan hujan di sekeliling danau, atau dengan kata lain tergantung volume air yang masuk ke dalam danau (Leeder, 1982)..

BAHAN DAN METODE

Contoh diambil di desa Semangit, di tubir depan lembah alur sungai di dalam perairan danau. Titik pengambilan sedang tergenang (Maret 2010), namun tersingkap kering saat muka air danau surut di musim kering. Contoh diambil dengan bor tangan putar yang dioperasikan oleh 3 (tiga) orang (gambar 5). Penginti logam sepanjang 60 cm dapat terisi penuh, menangkap contoh lempung utuh dari setiap pengangkatan. Dari kedalaman 6 m, pada titik contoh menjadi lebih lunak, penginti tidak dapat lagi menangkap contoh yang semakin licin dan mengandung lebih banyak air tanah. Pada titik ini, penangkap sedimen diganti dari penginti dengan pipa PVC yang dapat terisi penuh dan menangkap contoh utuh sepanjang 1 m, yaitu dengan menutup ujung PVC saat diangkat. Contoh dapat diperoleh hingga kedalaman 8 m, kemudian terhenti ketika tidak tersedia cukup panjang pipa penginti. Seluruh contoh dicatat dan dideskripsi litologi megaskopisnya (gambar, 6). Sejumlah 24 bagian contoh diambil dari total 8 m kedalaman di tiap selang 30 cm untuk diperiksa lebih lanjut di laboratorium. Contoh bagian atas kolom mewakili lempung berwarna terang dengan sisipan lempung pasir. Bagian bawah kolom ditandai oleh contoh berwarna gelap, abu-abu kehitaman mengandung banyak bahan klastik karbon berukuran pasir dan lanauan.



Gambar 3. Peta geologi sebaran batuan Kalimantan Barat (BGN, 2010)



Gambar 4. Peta geologi sebaran batuan di sekitar Danau Sentarum, modifikasi BGN, 2010



Gambar 5 ad dan b. Pengambilan contoh di desa Semangit, Danau Sentarum.



Gambar 6 ad dan b. Contoh lempung dari pemboran inti di desa Semangit, Danau Sentarum.

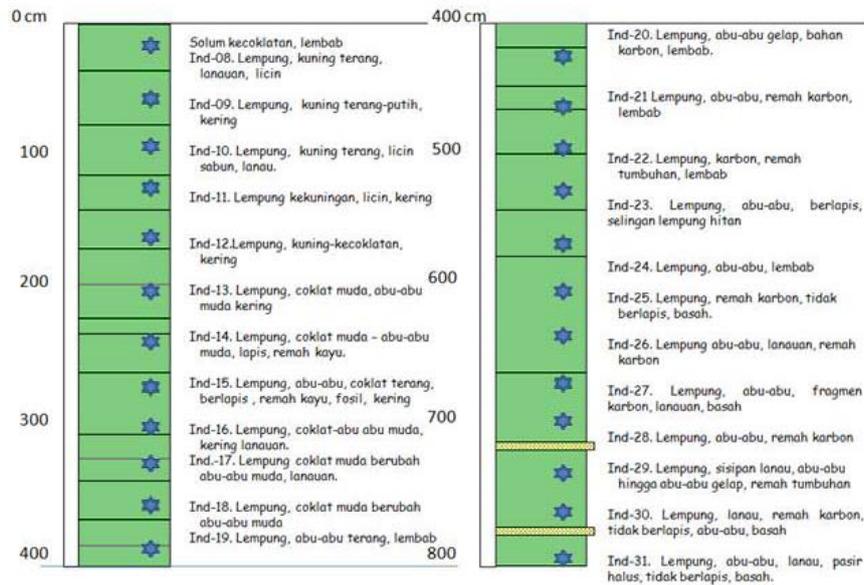
Contoh lempung dipersiapkan untuk analisis berdasar prosedur baku dengan diawali memisahkan lempung dari bahan sedimen kasar $> 1/250$ mm. Mineralogi lempung diperiksa dan dikenali dengan X-ray difraksi pada berkas kelompok ukuran butir sedimen lempung non karbonat (Holtzapffel, 1985). Berkas kelompok ini diperoleh berdasar metoda yang dikembangkan secara lebih rinci oleh Liu, et al. (2004) di State Key Laboratory, Marine Geology, Universitas Tongji. Tiga proses XRD dilakukan secara berkesinambungan, yaitu “*air drying*”, “*ethylene-glycol solvation*” selama 24 jam dan pemanasan pada 490°C selama dua jam. Pengenalan mineral lempung dilakukan berdasar posisi (001) seri “*basal reflection*” pada diagram XRD. Pendugaan semi kuantitatif pada luasan puncak tonjolan “*basal reflection*” bagi kelompok mineral lempung utama dari smektit (termasuk mixed-layers) (15–17 Å), illite (10 Å), dan kaolinite/khlorite (7 Å) tergambar pada kurva glycol (Holtzapffel, 1985) memakai software MacDiff (Petschick, 2000). Proporsi relatif kaolonit dan khlorite ditentukan berdasar rasio dari puncak kurva 3.57/3.54 Å. Gipsite (4.85 Å) juga

teramati namun tidak termasuk pada kalkulasi semi kuantitatif. Analisis replikasi beberapa contoh terpilih memberi presisi hingga $\pm 2\%$ (2 \square). Berdasar metoda XRD, evaluasi semikuantitatif pada setiap mineral lempung memiliki akurasi $\sim 5\%$. (Liu, et al, in press, 2011).

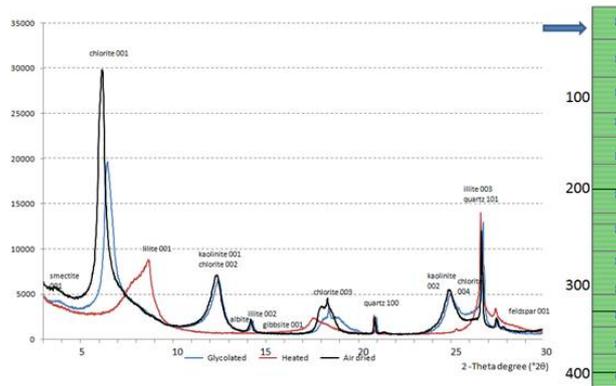
HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh contoh yang diperoleh berupa endapan lempung dengan berbagai rona warna dari gelap hingga terang, namun beberapa bagian lapis tipis antara 1 – 3 cm, muncul di beberapa bagaian, berupa lanau lempungan. Setiap keratan 60 cm, diambil 2 potongan à 10 cm contoh untuk diperiksa. Pemerian stratigrafi dari contoh lempung disampaikan pada gambar 5. Dimulai dari bagian bawah di kedalaman 8 m, lapisan paling tua berupa lempung tidak berlapis, lunak, tinggi kandungan air, abu-abu pekat kehitaman mengandung remah karbon dan sisipan lanau serta pasir halus terutama dikedalaman 7 m. Kandungan air terutama pada sisipan sedimen relatif kasar yang sering muncul. Di kedalaman 5,30 m terdapat sisipan lempung hitam berinterkalasi dengan lempung abu-abu. Pada kedalaman 4,80 m hingga 4,00 m warna lempung tidak berlapis, lembab, berangsur menjadi padat dan berkurang kandungan air dan sisipan sedimen kasarnya, abu-abu, mengandung bahan karbon halus dan hancuran daun serta serpihan kayu. Semakin ke atas, lempung berangsur menjadi abu-abu dan abu-abu terang warnanya, semakin padat dan berkurang kelembabannya, masih mengandung bahan karbon. Warna menjadi semakin terang menjadi abu-abu kecoklatan, coklat abu-abu dan coklat terang, padat dan keras hingga kedalaman 2,50 m. Muncul selingan lapisan tipis lanau warna lebih gelap. Hingga kedalaman 1,50 m lempung semakin keras dan padat, kering, wana kekuningan-kuning coklat terang hingga putih kekuningan. Dekat permukaan, lempung berwarna putih kekuningan terang, padat, tidak berlapis, licin seperti sabun. Solum setebal 10 – 15 cm berwarna coklat bercampur dengan remah daun, fragmen kayu menutup bagian atas kolom urutan sedimen. Perubahan dari bawah ke arah atas berupa warna lempung semakin terang, sisipan sedimen lanau-pasir dan kandungan remah pohon dan bahan karbon sebagai tanda perubahan lingkungan danau. Setiap 30 cm dari sekuen lempung, atau 24 contoh yang telah dipilih, dianalisis dengan metoda XRD. Analisis mengikuti prosedur sebagaimana disampaikan pada bagian

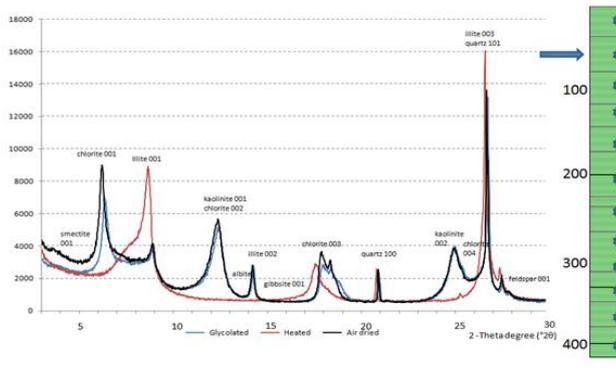
sebelumnya. Hasilnya kemudian digambarkan sebagai kurva untuk tiap contoh. Beberapa kurva dipilih mewakili contoh disajikan pada gambar 6, 7, 8, 9, 10 dan 12.



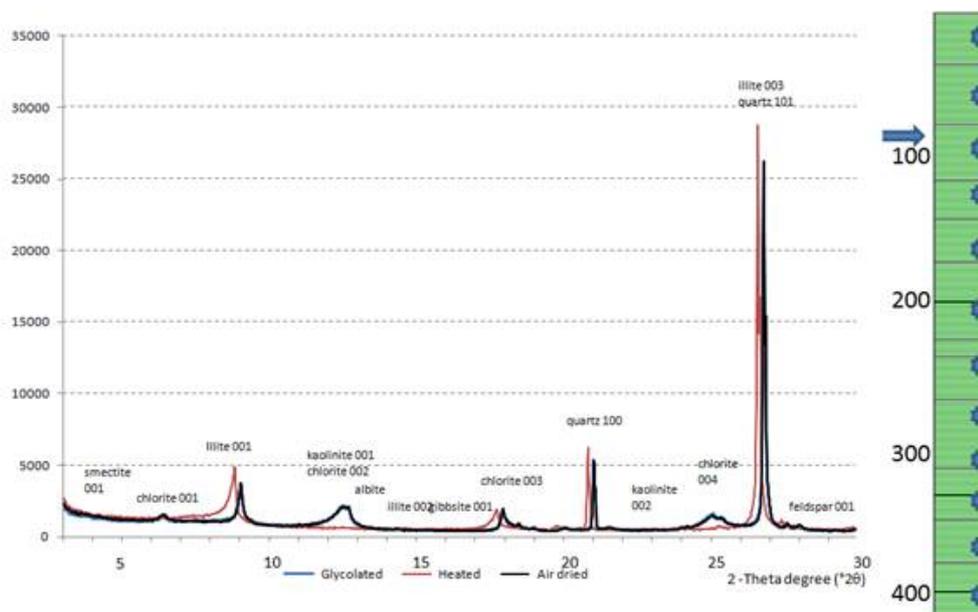
Gambar 7. Kolom Stratigrafi contoh inti pemoran di desa Semangit, Danau Sentarum, Kalimantan Barat



Gambar 8. Kurva hasil X ray difraktometer contoh Ind-08 ditandai oleh tingginya chlorite rendahnya kaolinite dan illite. hasil lapukan fisi batuan asam sejitar danau

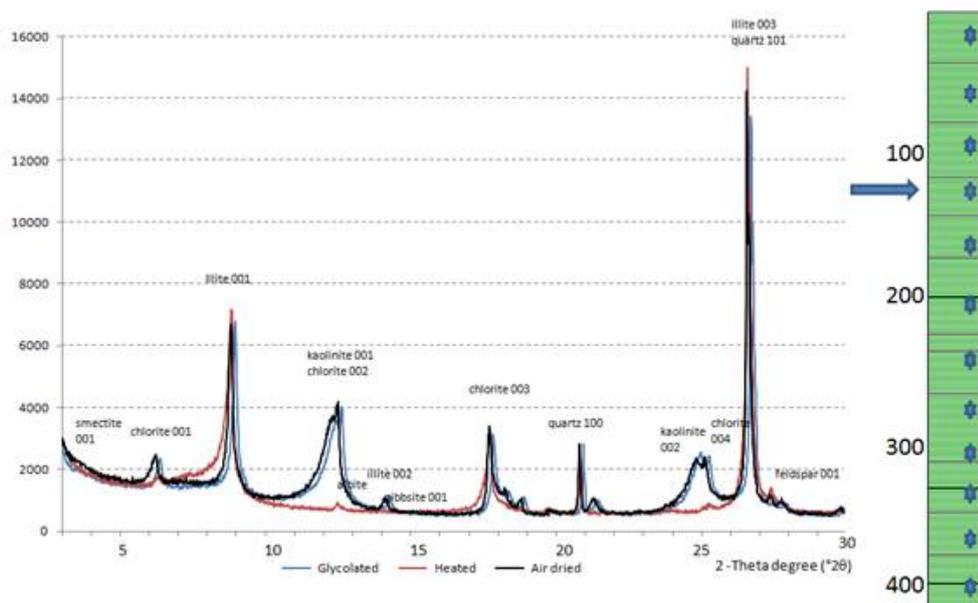


Gambar 9. Kurva hasil X ray difraktometer contoh Ind-09 ditandai oleh rendahnya chlorite rendahnya kaolinite namun tinggi pada illite. Hidrolisis dari chlorite



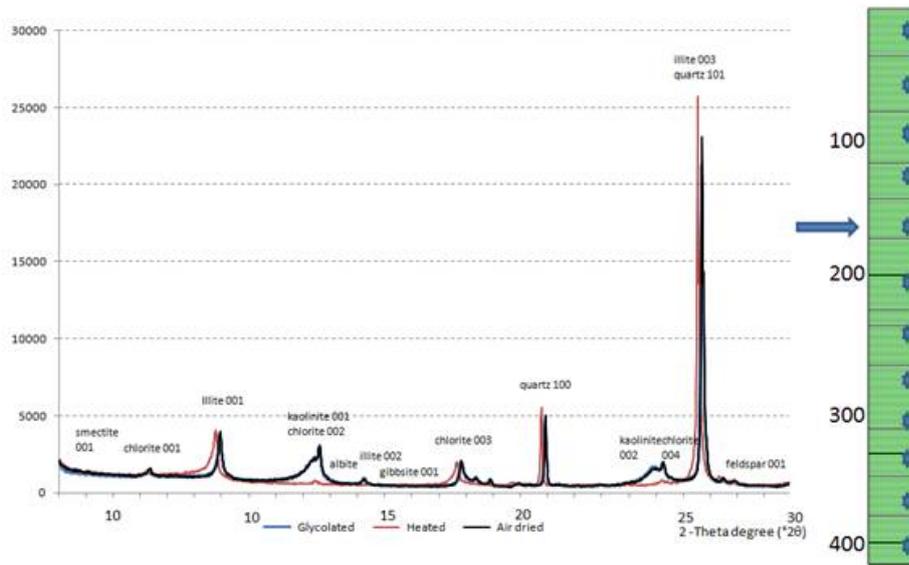
Hantoro 2012

Gambar 10. Hasil XRD contoh IND-10 dari lempung, kuning terang. Illite dominan, sedikit chlorite dan kaolinite dari batuan asam



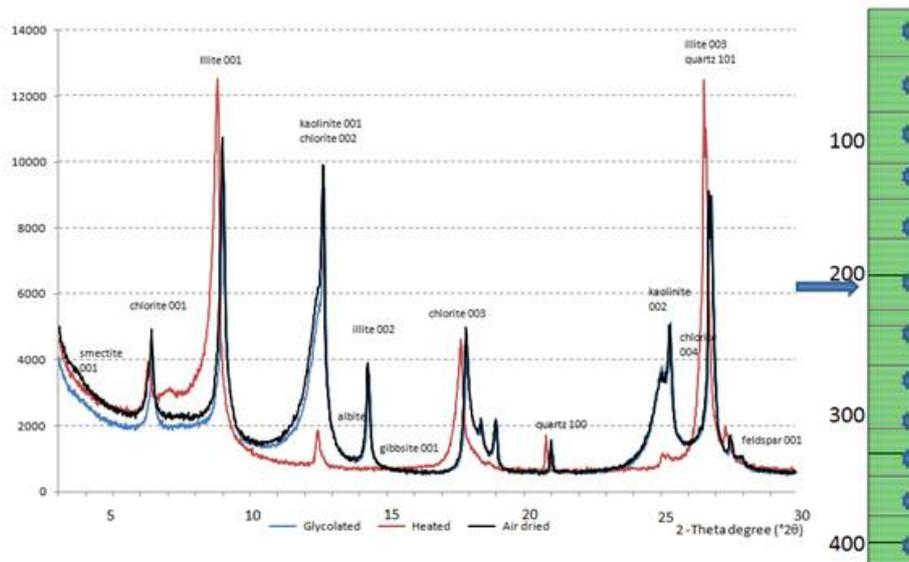
Hantoro 2012

Gambar 11. Kurva XRD contoh IND-11, lempung, kuning – coklat muda. Illite dominan, chlorite dan kaolinite meningkat dari lapukan kimia batuan asam



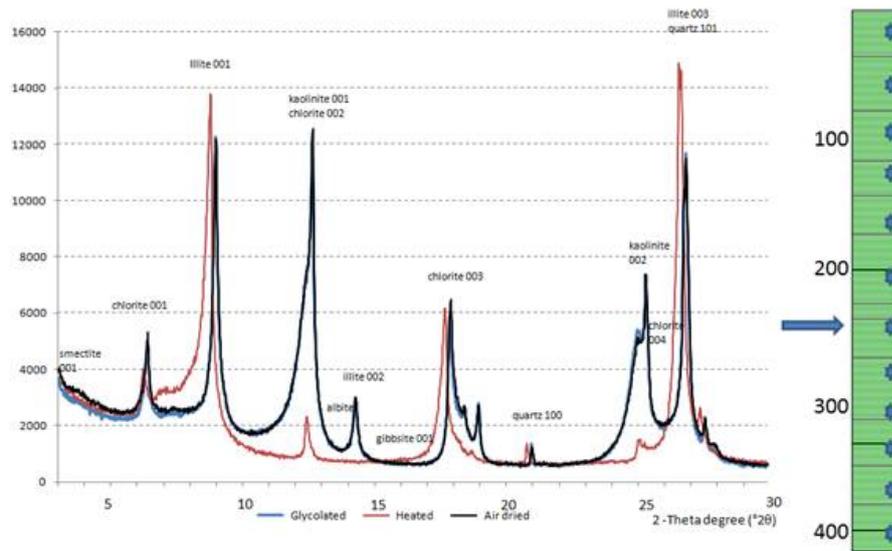
Hantoro 2012

Gambar 12. Hasil XRD contoh IND-12 lempung, kuning coklat muda, kering. Illite dominan, sedikit chlorite dan kaolinite dari batuan asam



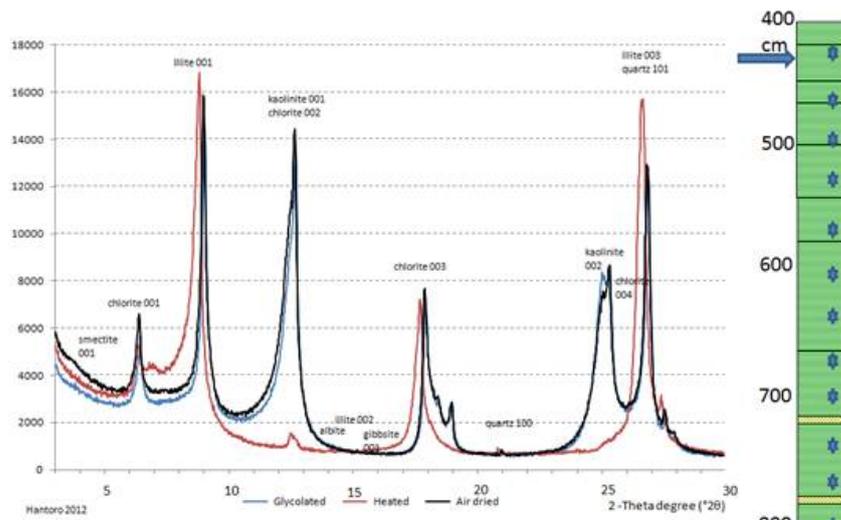
Hantoro 2012

Gambar 13. Kurva XRD contoh IND-13, lempung, coklat muda hingga abu-abu muda. Illite dominan, chlorite meningkat, kaolinite meningkat hasil hidrolisis chlorite dan lapukan kimiawi batuan asam

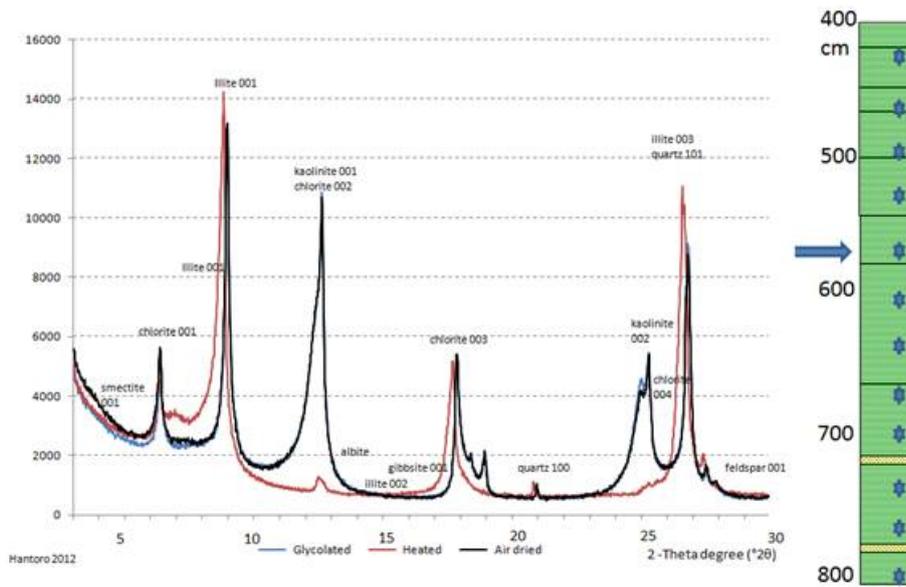


Hantoro 2012

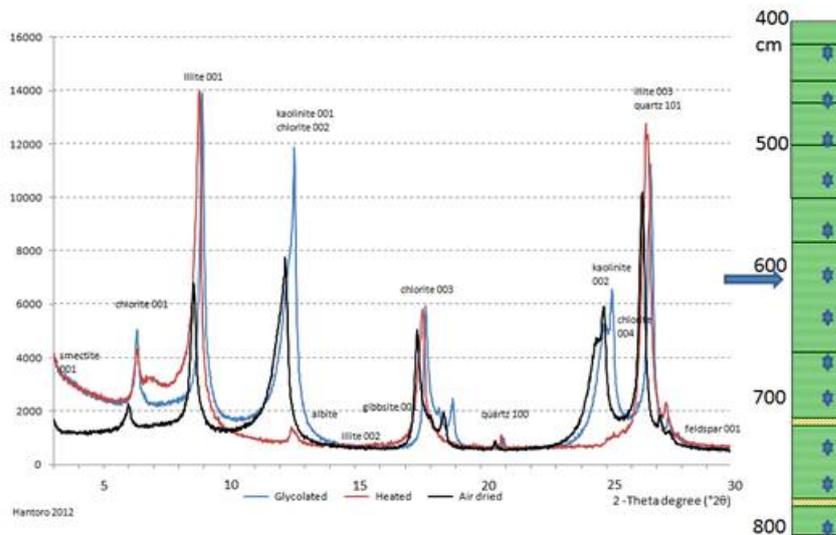
Gambar 14. Hasil XRD contoh IND-14 lempung, coklat muda hingga abu-abu muda, bedak remah kayu. Illite dan kaolinite dominan ubahan dari chlorite dan lapukan kimi batuan asam.



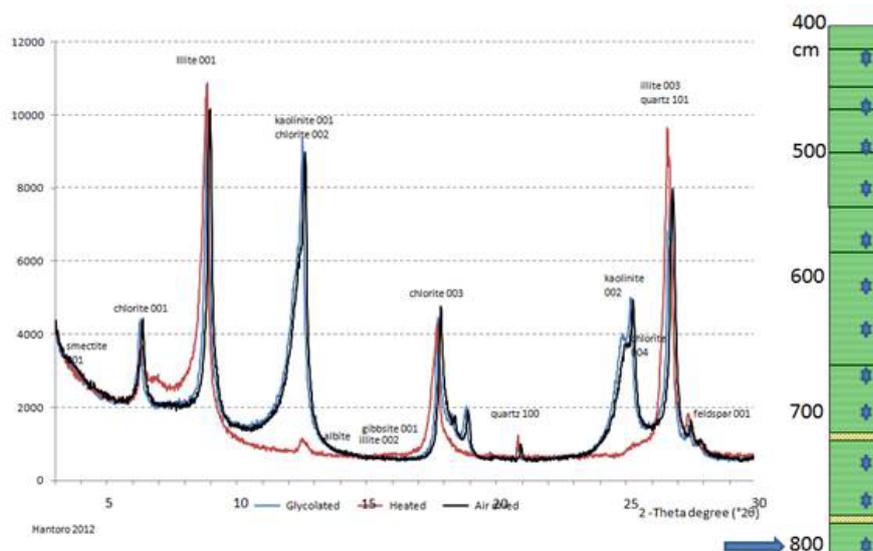
Gambar 15. Hasil XRD contoh Ind-20. Lempung, abu-abu gelap, bahan karbon, lembab. Illite dan kaolinite dominan, hasil hidrolisis chlorite dan lapukan kimiawi batuan asam



Gambar 16. Hasil XRD contoh Ind-24, lempung, remah karbon, tidak berlapis, basah. Illite dan kaolinite dominan hasil hidrolisis chlorite dan lapukan kimiawi batuan asam



Gambar 17. Hasil XRD contoh Ind-25, lempung, remah karbon, tidak berlapis, basah. Illite dan kaolinite dominan hasil hidrolisis chlorite dan lapukan kimiawi batuan asam



Gambar 18. Hasil XRD contoh IND-31, lempung, abu-abu, lanau, pasir halus, tidak berlapis, basah. Kaolinite hasil pelapukan kimia batuan asam. Illite dan kaolinite dominan dari hidrolisis chlorite

Lempung terbentuk di solum lapukan batuan induk sebagai akibat proses pelapukan fisis (fragmentasi) maupun kimiawi (substraksi) ion. Seiring meningkatnya hidrolisis, substraksi ion berlangsung pada ion yang mudah bergerak (mobile) seperti Na, K, Ca, Mg dan Sr. Pelapukan hidrolisis (bisialitisasi) dengan pembentukan perlapisan 2:1 dua lembar rangkaian kristal tetrahedral pada satu lembar kristal octahedral seperti pada smectite (Chamley 1989). Terdapatnya mineral pada bisialitisasi seperti smectite ini menandai pembentukan produk sekunder pelapukan kimiawi pada unsur feromagnesium aluminosilikat. Pada pelapukan, unsur transisi cenderung dilepas kemudian (Mn, Ni, Cu, Co dan Fe) sebagai proses monosialitisasi dengan formasi 1:1 (seperti pada kaolinite). Paling akhir adalah pelepasan (leached) unsur Si setelah Al sebagai unsur kurang mobil pada proses hidrolisis. Proses akhir hidrolisis adalah alitisisasi dengan pembentukan Aluminium hidroksil seperti gibbsite (Chamley, 1989). Illite dan chlorite adalah mineral primer yang terbentuk melalui hidrolisis lemah atau erosi kuat pelapukan fisis erosi batuan.

Kaolinite umumnya terbentuk oleh monosialitisasi batuan induk menandai hidrolisis kuat pada iklim lembab dan hangat. Kaolinite sangat umum ditemukan di kawasan Indonesia Barat, di Sumatra dan Kalimantan, berkaitan dengan pengaruh kondisi iklimnya (Liu et al., 2012), iklim tropis, curah hujan tinggi dan suhu hangat. Batuan induk asam (granit, granodiorite) pelapukannya membentuk kaolinite sementara

batuan menengah dan basa membentuk smectite. Sumatra yang relatif basa batuan vulkaniknya dibanding Kalimantan, pelapukannya juga menghasilkan relatif dominan kaolonitenya dibanding chlorite, illite dan smectite (Liu et al., 2012). Illite dan chlorite adalah mineral primer yang terbentuk melalui hidrolisis lemah atau pelapukan fisik yang kuat batuan induk.

Mineral yang paling sering muncul pada hasil analisis contoh-contoh dari Danau Sentarum adalah chlorite, illite, kaolinite dan kuarsa. Smectite muncul pada kurva sebagai sinyal lemah di beberapa contoh. Feldspar hadir walau hanya memperlihatkan sinyal lemah sebagaimana ditunjukkan pula oleh sinyal kehadiran gibbsite dan albite. Smectite (001) nampak dalam kurva sebagai tonjolan lemah di hampir semua contoh, namun cukup jelas di beberapa contoh (Ind-08, Ind-09, Ind-13, Ind-14, Ind-20, Ind-24 dan Ind-26) pada kurva perlakuan udara kering. Mineral ini diduga hasil luruhan batuan vulkanik yang tersingkap di bagian utara lereng cekungan. Perkiraan ini dapat diperkuat bilaman diperoleh mineralogi contoh dari bagian lain danau yang sumber sedimennya dari batuan yang berbeda. Chlorite (001) juga terdapat pada contoh, ditandai oleh sinyal kuat pada kurva di contoh Ind-8 dan Ind-9 dan di hampir banyak contoh dengan sinyal lebih lemah, namun tidak muncul pada kurva contoh Ind-10 Ind-11 dan Ind-12). Kandungan tinggi chlorite rendah pada illite dan smectite di contoh Ind-08 menandakan pelapukan fisik dari batuan asam disekitarnya. Rendahnya chlorite pada Ind-09, menandakan bahwa contoh mengalami proses hidrolisis yang menghasilkan dan kemudian meningkatkan kandungan kaolinite. Pada contoh Ind-10, Ind-11 dan Ind-12, semua mineral lempung tandai oleh tonjolan lemah sinyal kecuali illite (003) dan kuarsa (101). Penampilan ini diduga oleh sedikitnya lempung pada contoh karena sedimen mengandung lebih banyak butir yang lebih kasar (lanau dan pasir halus). Warna contoh kuning terang dan kuning kecoklatan pada contoh tersebut mungkin menandai sedimen berbutir relatif kasar berasal dari pelapukan singkapan batuan asam mengandung silika, dan sifat fisis licin seperti sabun (*soapy*) pada contoh menandakan kehadiran mineral lempung yang tinggi kandungan feldspar aluminanya. Contoh-contoh tersebut diatas mewakili bagian atas dari sekuen sedimen pada kolom stratigrafi, setidaknya hingga kedalaman 2 m, yang telah tersingkap atau dekat permukaan dalam waktu lama muncul di atas muka air saat musim kering. Sedimen kasar kemungkinan besar hasil luruhan batuan granitan atau arkosan yang tinggi kandungan feldsparnya yang tersingkap di

lereng utara dan di bukit di bagian tengah danau. Kehadiran quartz (101) mendukung asumsi ini. Relatif banyaknya chlorite di bagian atas kolom stratigrafi contoh inti diduga menandakan terjadinya pengkayaan mineral ini akibat pelapukan fisik. Sebagaimana telah disampaikan, tulisan ini belum didukung oleh data hasil pentarikan yang dapat memberi umur kapan tepatnya pengendapan lempung terjadi. Waktu pengendapan ke tiga contoh lempung diduga terjadi ketika berlangsung pelapukan fisik dan denudasi saat iklim relatif kering namun cukup hujan untuk mengupas lapukan batuan, mengangkut sedimen kasar dan lempung diendapkan kemudian di danau.

Kurva Ind-13 (gambar 7), dari lempung berwarna abu-abu, memperlihatkan perubahan yang jelas ditandai oleh rendahnya kandungan chlorite (001) yang lemah sinyalnya pada kurva, namun kuat pada sinyal chlorite (002), illite (001 dan 003), kaolinite (001) dan juga quartz (101). Kehadiran chlorite (002) relatif banyak pada contoh bisa jadi berkaitan dengan jarak pendek dari batuan asal dan sedimentasi cepat dibawah kondisi lebih bersifat pelapukan fisik. Tidak terlihat jelas sinyal mengenai kehadiran smectite (002). Tidak hadirnya smectite, sekali lagi menandai rendahnya sumbangan lempung dari hasil pelapukan batuan vulkanik basaltan atau batuan berkomposisi menengah. Contoh berikutnya dari bagian lebih bawah, yaitu Ind-14 dan Ind-15 memperlihatkan pola sinyal yang sama pada kurva. Chlorite pada contoh tersebut relatif sedikit kehadirannya dibanding dengan contoh dari bagian paling atas kolom yaitu Ind-08 dan Ind-09. Chlorite kemungkinan besar disumbang dari lurusan fisik batuan metamorf yang tinggi kandungan aluminium dan magnesiumnya, kemudian membentuk lempung berwarna terang dibagian atas kolom. Chlorite (001) terdeteksi kehadirannya pada semua contoh di sisa kolom bagian bawah namun kehadirannya relatif sedikit dengan sinyal lemah dengan tonjolan rendah (*low spike*). Lingkungan basah dari “*blackwater*” danau yang pH nya relatif rendah mungkin memicu hidrolisis chlorite menjadi kaolinite (Chamayou et Legros, 1989).

Di contoh dari bagian bawah kolom contoh inti yang mengandung banyak bahan berwarna hitam, kandungan kaolinite cukup tinggi. Hal ini menandakan terbentuknya lempung dalam lingkungan pH rendah. Chlorite (002) hadir di contoh dari bagian bawah kolom, tetapi bisa jadi sebagai chlorite sisa dari hidrolisis yang sebagian besar mengubahnya menjadi kaolinite dan illite. Lebih ke arah bawah dari kolom contoh inti, pada kedalaman dari 5 hingga 8 m, contoh Ind-16 hingga Ind-31, mineralogi lempung

dicirikan oleh tingginya kandungan kaolinite dan illite sebagai tanda rendahnya pH air lingkungan pembentukan. Kandungan bahan karbon selalu tinggi pada setiap contoh dan lempung menjadi semakin berwarna abu-abu gelap. Meningkatnya sedimen lanauan di bagian bawah kolom inti tidak diikuti oleh perubahan pada komposisi mineralogi lempung yang kandungan chloritenya relatif rendah sementara kaolinite dan illite semakin tinggi menandai kuatnya proses hidrolisis.

Analisis pada perubahan komposisi mineral dari bagian bawah hingga bagian paling atas kolom contoh inti dapat memberikan gambaran perubahan lingkungan pembentukan lempung. Pada awalnya lingkungan lembab dan hangat memicu pelapukan kimiawi menghasilkan kaolinite dan chlorite dari batuan asam sekitar danau maupun dari malihan di hulu. Lempung diendapkan di lingkungan danau dengan pH relatif rendah pada genangan air berwarna kehitaman (black water) mengandung banyak bahan karbon. Di lingkungan ini chlorite mengalami hidrolisis menjadi illite dan kaolinite. Pelapukan fisik berangsur menguat menghasilkan illite dari berbagai jenis batuan, namun pelapukan kimiawi masih dominan memberi kaolinite dari batuan asam disekitar danau. Bagian atas sekuen menandai lingkungan yang didominasi oleh tingginya pelapukan fisik menghasilkan lempung berwarna terang hasil pelapukan batuan asam di sekeliling danau, sementara lapukan fisik maupun kimiawi dari batuan metamorf di hulu yang umumnya menghasilkan chlorite, tidak banyak menyumbang sedimentasi di danau. Chlorite di danau oleh hidrolisis berubah menjadi illite. Pelapukan fisik kurang menghasilkan sedimen halus dibanding sedimen kasar. Bagian paling atas sekuen yang mengandung chlorit lebih banyak dari bagian bawah menandakan pelapukan fisik semakin kuat pada iklim relatif kering yang tidak memberi cukup peluang terjadinya hidrolisis di danau yang ditandai oleh cukup rendahnya illite (003).

KESIMPULAN

Secara garis besar, identifikasi pada mineral lempung dapat dilakukan dengan baik menghasilkan gambaran kurva yang jelas membedakan jenis mineral yang ada. Mineral lempung dalam contoh tidak dapat memberi informasi dengan tepat dari mana sumber asal luruhannya. Lempung mungkin berasal dari berbagai jenis batuan vulkanik asam yang tersingkap disekitar danau berasal dari lapukan batuan di hulu diluar danau

yang diluruhkan dari batuan malihan (metamorf). Mineral lempung dari kedua sumber diendapkan bersama dengan komposisi yang tidak dapat diketahui.

Rendahnya fraksi lempung di bagian atas kolom contoh inti menandakan sedimentasi kuat selama pelapukan fisik dari perioda relatif kering menghasilkan endapan berwarna terang. Perioda kering ditandai oleh bentang alam relatif terbuka yang rentan pelapukan fisik. Kehadiran chlorite pada contoh berwarna terang menandakan perioda berubah menjadi relatif lembab namun tersingkapnya lempung pada pelapukan menyebabkan hidrolisis menghasilkan chlorite. Rendahnya chlorite dan tingginya kaolinite dan illite di kolom bagian bawah menandai iklim basah dengan pH relatif rendah yang memicu hidrolisis chlorite menjadi kaolinite dan illite.

Mineralogi lempung sekuen endapan danau dapat menandai perubahan lingkungan sebagaimana iklim dimasa lampau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih atas bantuan pengambilan contoh oleh teknisi Taman Nasional Danau Sentarum seksi Lanjak selama penelitian di desa Semangit di kawasan danau. Terima kasih disampaikan kepada masyarakat dan tetua desa Semangit yang membantu pekerjaan pengambilan contoh. Terima kasih kepada Sdr Engkos Kosasih yang merekayasa alat bor yang dipakai pada pengambilan contoh lempung. Terima kasih kepada Prof. Dr Zhifei Liu, peneliti senior Laboratory of Marine Geology, Universitas Tongji, Shanghai, Republic Rakyat China yang mendorong dalam upaya memperoleh dana riset analisis di laboratorium. Terima kasih juga kepada Hao Wang dan Xiajing Li yang membantu preparasi dan pengukuran contoh selama bekerja di Laboratory of Marine Geology. Kepada Prof Dr Wang Ping Xian, senior pada laboratorium, dengan siapa sejak dekade 1990an terjalin kerjasama penelitian Kwartir dan Geologi Kelautan di Pasifik Barat, atas diskusinya selama berada di Shanghai.

DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen van, 1949. *The Geology of Indonesia*. Nijhoff publ. the Hague, 2 vol.
- BMKG (Badan Meteorologi, Keikliman dan Geofisika), 2009. *Meteorological data of Putussibau Sintang district, West Kalimantan*.

- Chamayou H. et Legros J.P., 1989. Les bases physiques, chimiques et mineralogiques de la science de sol. Agence de cooperation culturelle et technique. Conseil international de la langue francaise. Presse Universitaires de France.
- Giesen W., 1987. Danau Sentarum Wildlife Reserve. Inventory, Ecology and management guideline. A World Wildlife Fund Report, for the Directorate of Forest Protection and nature Conservation (PHPA) Bogor, Indonesia, 1987.
- Heryanto R., William P.R., Harahap B.H., and Pieters P.E., 1993. Geology of Sintang Sheet area, Kalimantan. Departement of Mines and Energy. Indonesia.
- Holtzapffel, T., 1985. Les minéraux argileux: Préparation, analyse diffractométrique et détermination. Soc. Géol. Nord Publ. 12, 136 pp.
- Leeder M.R., 1982, Sedimentology. Process and product. Departement of Earth Sciences, University of Leeds. George Allen & Unwin (Publisher) Ltd. 40 Museum Street, London WC1A 1LU, UK.
- Liu, Z., Colin, C., Huang, W., Le, K.P., Tong, S., Chen, Z., Trentesaux, A., 2007a. Climatic and tectonic controls on weathering in South China and the Indochina Peninsula: clay mineralogical and geochemical investigations from the Pearl, Red, and Mekong drainage basins. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 8, Q05005, doi:10.1029/2006GC001490.
- Liu, Z., Colin, C., Trentesaux, A., Blamart, D., Bassinot, F., Siani, G., Sicre, M.-S., 2004. Erosional history of the eastern Tibetan Plateau over the past 190 kyr: Clay mineralogical and geochemical investigations from the southwestern South China Sea. *Mar. Geol.* 209, 1–18.
- Liu, Z., Tuo, S., Colin, C., Liu, J.T., Huang, C.-Y., Selvaraj, K., Chen, C.-T.A., Zhao, Y., Siringan, F.P., Boulay, S., Chen, Z., 2008. Detrital fine-grained sediment contribution from Taiwan to the northern South China Sea and its relation to regional ocean circulation. *Mar. Geol.* 255, 149–155.
- Liu, Z., Zhao, Y., Colin, C., Siringan, F.P., Wu, Q., 2009. Chemical weathering in Luzon, Philippines from clay mineralogy and major-element geochemistry of river sediments. *Appl. Geochem.* 24, 2195–2205.
- Liu, Z., Zhao, Y., Li, J., Colin, C., 2007b. Late Quaternary clay minerals off Middle Vietnam in the western South China Sea: Implications for source analysis and East Asian monsoon evolution. *Sci. China Ser. D-Earth Sci.* 50, 1674–1684.
- McLennan, S.M., 1993. Weathering and global denudation. *J. Geol.* 101, 295–303.
- Petschick, R., 2000. MacDiff 4.2.2 [Online]. Available: <http://servermac.geologie.un-frankfurt.de/Rainer.html>. [Cited 01-12-2001].
- Pieters, P.E., Surono, Noya Y, 1993. Geology of Putussibau Sheet area, Kalimantan. Departement of Mines and Energy. Indonesia.

- Pieters, P.E., Surono, Noya Y, 1993. Geology of Nangaobat Sheet area, Kalimantan. Departement of Mines and Energy. Indonesia.
- Selvaraj, K., Chen, C.-T.A., 2006. Moderate chemical weathering of subtropical Taiwan: constraints from solid-phase geochemistry of sediments and sedimentary rocks. *J. Geol.* 114, 101–116.
- Singh, M., Sharma, M., Tobschall, H.L., 2005. Weathering of the Ganga alluvial plain, northern India: Implications from fluvial geochemistry of the Gomati River. *Appl. Geochem.* 20, 1–21.
- Smit Sibinga, G.L., 1953. On the origin of the drainage system of Borneo. *Gologie en Mijnbouw(nieuwe serie)*, 15:121-136.
- St. John, T.V. & A.B. Anderson, 1982 A re-esmanitaion of plant phenolics as a source of tropical blackwaters rivers. *Tropical Ecology*, 23:151-154.
- Summerfield, M.A., Hulton, N.J., 1994. Natural controls of fluvial denudation rates in major world drainage basins. *J. Geophys. Res.* 99, 13871–13883.
- Supriatna S., Margono U., Sutrisno., de Keyser F, Langford R.P., and Trail D.S., 1993. Geology of the Sanggau Sheet Area, Kalimantan. Departement of Mines and Energy. Indonesia.
- Suwarna N., Sutrisno, de Keyser F, Langford R.P., and Trail D.S., 1993. Geology of the Singkawang Sheet Area, Kalimantan. Departement of Mines and Energy. Indonesia.
- Suwarna N., Sutrisno, de Keyser F, Langford R.P., and Trail D.S., 1993. Geology of the Sambas-Siluas Sheet Area, Kalimantan. Departement of Mines and Energy. Indonesia.
- Tjasyono B, 2006. *Meteorologi Maritime Continent 2: Awan dan Hujan Monsun*, Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Wang, H., Liu, Z., Sathiamurthy, E., Colin, C., Li, J., Zhao, Y., 2011. Chemical weathering in Malay Peninsula and North Borneo: Clay mineralogy and element geochemistry of river surface sediments. *Sci. China Earth Sci.* 54, 272–282.

PHYTOPLANTON OF RAWA PENING LAKE AND GAJAHMUNGKUR REVERVOIR OF CENTRAL JAVA

Sulastri¹⁾, Noriko Takamura²⁾ and Ivana Yuniarti¹⁾

¹⁾ Research Center for Limnology, Indonesian Institute of Sciences

²⁾ Center for Environmental Biology and Environmental studies, National Institute of Environmental Science, Japan.

Email: lastri@indo.net.id

ABSTRACT

Lake Rawa Pening and Gajahmungkur Reservoir represent two different types of inland water system. The first lake is a shallow semi natural lake with the maximum depth of 2.4 m, meanwhile the second lake represents a manmade lake with the maximum depth of 136 m. Like most inland water ecosystems in Indonesia, the lakes face eutrophication problems indicated by blooming of aquatic macrophytes and phytoplankton. The aim of the study is to describe the composition and abundance of phytoplankton in these two lakes as these parameters may reflect the discrepancies of the morphological condition between the lakes. Sample of phytoplankton was collected on March 2012 and thereafter was analyzed by using Modified Lackey Drop Microtransect. As complementary data, some environmental factors of the lakes were also observed. The results showed that diatoms (Chrysophyta) dominated Lake Rawa Pening; on the other hand, blue green algae (Cyanophyta) placed the position in Reservoir Gajah Mungkur. The dominant species occurred in the lakes were *Melosira italica* for Lake Rawa Pening and *Limnoria* sp for the other lake. The average abundance of phytoplankton cells in those lakes were 161,290 cell/L and 212,184 cell/L respectively. The number of identified species in Lake Rawa Pening was more than in Gajahmungkur. Meanwhile, the calculation of TN: TP ratio indicated that nitrogen acted as limiting factor for phytoplankton growth in Lake Rawa Pening and phosphorous was the agent for Lake Gajahmungkur.

Key word: Phytoplankton, composition, Lake Rawa Pening, Gajahmungkur Reservoir

INTRODUCTION

Rawa Pening is a semi natural lake located in Semarang District, Central Java Province. It lays on 25,079 ha catchment area surrounded by massive volcanoes to the south and the remnants of them on the south-east and north-west. Water flows into the lake from springs on the sides of the mountains and from eight small rivers. The main water flows from the lake goes to River Tuntang. The area of the lake varies seasonally from 2,700 ha (wet season) at the height of 463.9 m to 800 ha (dry season) at the height of 461.5 m. Its maximum depth reaches 2.4 m. The maximum volume of water stored in the lake is 65 million m³ (UNEP, 1996).

The main utilization of the lake's water resources is to generate Tuntang Hydroelectric Power which is located for about several kilometers of the lake's outlet. There have been important fishery activities on the lake; however, it has been indicated to decline in recent years. The most obvious possible causes of the decline are pollution,

increasing eutrophication, and illegal use of poisons to catch fish. The evidence of this statement is blooming of *Eichornia crassipes* covering 40% to 60% of the lake surface (UNEP,1996).

On the other hand, Reservoir Gajahmungkur is the largest reservoir built in Java covering 90 km² area. The reservoir has maximum depth for about 136 m and its width approaches 17 km² (Hardjamulia and Suwignyo, 1988 *in* Sulastri 2006). The reservoir is located in Wonogiri District and it is built on the upper river of Bengawan Solo. Based on the observation on March 2012, this lake is relatively clear from aquatic macrophytes.

Considering the discrepancies of the origin of the lakes, it can be presumed that those lakes exhibit different morphological, hydrological system and perhaps also environmental condition. Phytoplankton composition and abundance may reflect those differentiation as certain phytoplankton association characteristics occur repeatedly in lakes with increasing nutrient enrichment (Wetzel, 2001). Therefore, this study is conducted. It is hoped that this study can elucidate the relationship between composition and abundance of phytoplankton with the environmental condition of the lakes. Furthermore, this relationship will reflect the the pattern of the association between lakes' characteristic with the biota living in it.

MATERIALS AND METHODS

A field survey to collect phytoplankton sample was conducted in March 2012 in the two lakes. Phytoplankton sample and water quality data were collected from the surface water at three stations. Some water quality parameters such as temperature, conductivity, turbidity, pH and dissolved oxygen (DO) were measured *in situ*. Meanwhile, total nitrogen (TN) and total phosphorous (TP) were analyzed by following Standard Method (Grinberg *et al.*, 1992).

RESULTS AND DISCUSION

Environmental condition

The results of water quality measurement is presented in Table 1 and Table 2. In general the measured water quality parameters are not significantly different. However, the concentration of DO and TN: TP ratio show opposite results. It can be seen that the

DO level in Lake Rawa Pening is lower than that in Reservoir Gajah Mungkur (Table 1). The t-two tail t-test result ($t=0.28$; $\alpha= 0.05$) proves this conclusion. This condition is generally explained by the coverage of water hyacinth in Lake Rawa Pening's surface area. This vegetation has infested 40 % to 60 % surface area of the lake; hence, it requires more oxygen to decompose the dead material. As the result, it may lower dissolved oxygen level. Additionally, the higher level of turbidity and lower transparency of Lake Rawa Pening compared to Reservoir Gajahmungkur (Table 2) also support the conclusion that this lake is filled by organic material resulted by dead water hyacinth materials.

Besides the difference of DO level, the measured TN and TP ratios also show interesting result. The higher concentration level of TN and TP in Lake Rawa Pening compared with Gajah Mungkur's is resulted from agricultural and domestic activities spreading in the lake's surrounding area. Moreover, it can be explained by the depth condition of Rawa Pening. Referring to the work of Jeppensen (1998) cited in Kangur *et al.*(2001), a shallow lake such as Rawa Pening, sediment plays more important role in nutrient turn over and the dynamic of trophy with deep lakes.

Importantly, the ratio of TN: TP in Lake Rawa Pening (≤ 12) shows that overall nitrogen acts as the limiting factor for phytoplankton growth. In contrast, this ratio reveals that phosphorous takes the position of limiting factor in Reservoir Gajah Mungkur. This conclusion is mainly based on the work of Jorgensen (1980). He stated that TN:TP ratio less than 12 means that nitrogen acts as the limiting factor for algae growth and reversely. However, the concern of limiting factor should be analyzed further by a deeper research as some phytoplankton species especially diatoms require other nutrients such as silica as the growth factor. Thus, the other parameters also perhaps act as the limiting factor.

Table 1. Results of water quality measurement at surface water in Lake Rawa Pening and Reservoir Gajah Mungkur collected on March 2012

Station	Parameters					
	pH	DO	Temp. °C	T-N mg/L	T-P mg/L	TN:TP
Rawa Pening						
St1	7.6	6.4	29.0	0.803	0.057	8.63
St2	7.5	6.5	28.1	0.770	0.093	9.39
St3	-	8.0	28.7	0.658	0.082	8.00
Average	7.55	6,97	28.6	0.744	0.077	8.70
Gajahmungkur						
St1	7.0	7.9	28.2	0.742	0.039	19.02
St2	7,9	8.0	29.4	0.452	0.028	16.14
St3	8,3	7.3	30.0	0.482	0.034	14.17
Average	7.71	7.74	29.2	0.559	0.034	16.00

Table 2. Results of water quality measurement at the site for remote sensing data collection in Lake Rawa Pening and Reservoir Gajah Mungkur in March 2012 (Source: Fukushima *et al.*, 2012 unpublished data)

Station	Time	Latitude	Longitude	Weather	Depth (m)	pH	Temp. (°C)	DO (mg/L)	EC (mS/cm)	Turbidity (FTU)	Secchi Depth (m)
Rawa Pening											
St1	10:50	7,3040 S	110,4250 E	fine	10,7	-	26,3	4,1	0,255	4,0	0,92
St2	11:10	7,3016 S	110,4207 E	cloudy	1,4	-	27,2	4,5	0,316	15,4	0,99
St3	11:30	0,023 0S	110,4212 E	cloudy	0,5	-	27,6	6,7	0,040	50,0	
Average							27,03	5,1	0,204	23,14	0,96
Gajah mungkur											
St1	10:15	7,8616 S	110,9139 E	fine	14,5	9	29,7	8,1	0,255	5,9	1,02
St2	10:51	7,8869 S	110,9037 E	fine	13,1	9	29,5	8,2	0,230	5,3	1,04
St3	11:17	7,8725 S	110,9046 E	fine	11,7	8,8	29,1	6,7	0,255	4,9	1,22
Average						8,9	29,4	7,7	0,247	5,37	1,09

Phytoplankton Composition

Phytoplankton composition of Rawa Pening Lake and Gajahmungkur Reservoir is presented in Figure 1. This figure shows that phytoplankton composition in Rawa Pening was dominated by Chrysophyta or diatom group. The dominant species of the plankton was *Melosira italica*. The dominancy of diatom groups is a common phenomenon for eutrophic shallow lake such as Rawa Pening. According to Cardoso & Marcues, 2004 ; Kangur *et al.*, 2003 it has been a general condition that diatom abundance is related to water level Diatom becomes abundant in low water level. As the comparisons, the same situation was also identified in Lake Canguang and Lake Cisanti. Both lakes are located in West Java and considered as small shallow lakes (Sulastrri *et al*, 2008 and Sulastrri 2009). In addition, diatom was also the dominant group in Lake Lembang especially in low water level and high temperature, turbidity, conductivity and total nitrogen (Sulastrri, 2011).

Another identified ordinary condition is that Pyrrophyta and Euglenophyta were also found in abundant level. The similar situation was also recognized in Lake Patenggang and Mejer which are categorized as eutrophic lakes located in West and East Java respectively (Sulastrri *et al*, 2008 and Sulastrri, 2009). This result is appropriate with the conclusion of the work of Wehr and Sheath (2003). Based on the their works, they concluded that Euglenoids are particularly abundant in eutrophic lakes and reservoirs surrounded by agricultural land or very productive landscapes.

Different condition is revealed from phytoplankton observation in Gajah Mungkur Reservoir. The first observed condition is the dominancy of blue green algae (Figure 1). This matter is also another common situation found in eutrophic reservoirs as blue green algae characterized the increment nutrient enrichment in tropical lake (Hutchinson, 1967 *in* Wetzel, 2001). It is presumed that nutrient enrichment in Gajah Mungkur Reservoir may be obtained from sediment run off from cathcment area and aquaculture activites done in the water bodies. Various study cases have been recognized on this matter; as the examples are the work of Garno (2005), Adriani *et al.* (1994). They also monitored the similar situation in Cirata and Jatiluhur Reservoirs. Whilst, Sulastrri (2011) observed the same condition in Lake Maninjau.

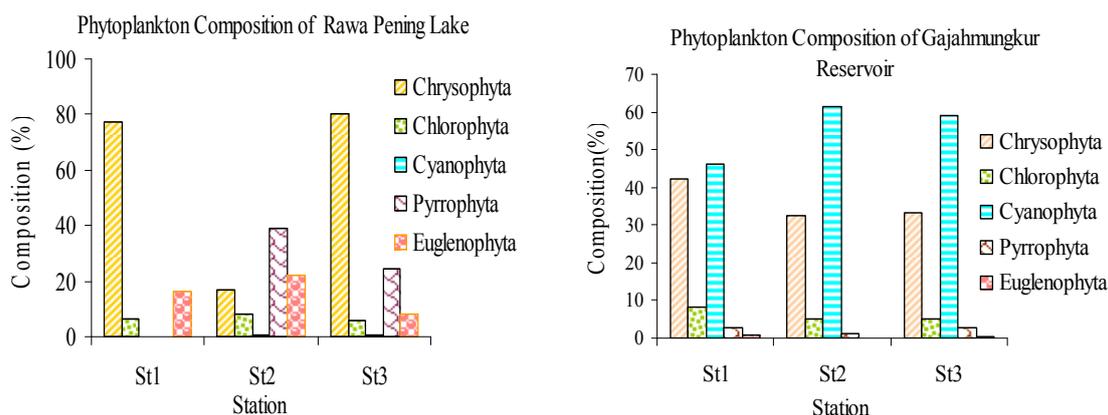


Figure 1. Phytoplankton composition of Rawa Pening Lake and GajahMungkur Reservoir in March 2012

Phytoplankton species composition in Rawapening and Gajahmungkur is presented in Appendix 1. The dominant species in Lake Rawa Pening was *Melosira italica*. According to Hutchinson (1967), high dominance of diatom, especially *Asteronella* spp., *Fragilaria crottonensis*, *Synedra*, *Stephanodiscus* and *Melosira* over the years indicated an eutrophic lake with water alkaline water quality condition (Hutchinson, 1967).

Besides *Melosira italic* there are two other dominant species. The species are *Peridinium cinctum* and *Peridinium* sp. *Peridinium* may also correlate with phosphorous level but not with nitrogen (Wu and Chou, 1998 in Wehr and Sheath, 2003). Bloom of *Peridinium* involves two other factors such as turbulence and water depth. Tubulence may affect *Peridinium* through its cyst re-suspension. Meanwhile water depth relationship can be revealed by the work of Sandersons and frost (1996) cited in Wehr and Sheath (2003) which concluded that shallow water have greater emergence rates of *Peridinium limbatum*.

On the other hand, Gajahmungkur Reservoir was dominated by *Limnotrix* sp and *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Limnotrix* is a filamentous blue green algae species that formerly classified within the genus *Oscillatoria* (Wetzel, 2001). Additionally, *Limnotrix* is a planktonic species with thinner trichome and different ultrastructure (Wehr and Sheath, 2003). *Cylindrospermopsis raciborskii* is a also filamentous blue green algae species that belong to Nostocaceae families. This species is planktonic, bloom forming and common in tropical eutrophic freshwater (Wehr and Sheath, 2003). This species was also identified in abundant level in Lake Maninjau, an eutrophic lake

in West Sumatra and in Lake Grati, a small eutrophic lake in East Java (Sulastri, 2011; Sulastri, 2009).

Abundance Level and Total Species of Phytoplankton

Phytoplankton abundance level in Rawapening ranged from 138×10^3 to $181.77 \times 10^3 \text{ cell}^{-1}$ while in Gajahmungkur ranged from 32×10^3 to $447.6 \times 10^3 \text{ cell}^{-1}$ (Figure 2). These numbers indicates the productive waters. It is in line with the report of Lander (1979) that phytoplankton abundance more than 15.000 cell^{-1} characterizes trophic state of the water. In term of total species, Rawapening had higher number species than Gajahmungkur did (Figure 2). In general, higher number of species composition of phytoplankton reflects occurrence of little disturbance of aquatic ecosystem from anthropogenic source. As a comparison, Situ Lembang, a mesotrophic lake, also revealed similar condition (Sulastri *et al.*, 2008).

At the same manner, the more identified number of Euglenophyta group such as *Euglena*, *Phacus Thrachelomonas* and *Lepocynclis* indicates that Rawa Pening has experienced water enrichment or polluted with organic materials (Palmer, 1969 and 1980 *cited in* Wehr and Sheath 2003). The typical of Rawapening as a shallow lake and infested by aquatic macrophytes is also indicated by higher number of eppihytic diatom such as *Eunotia*, *Ephitemia*, *Gomphonema*, *Surirela*.

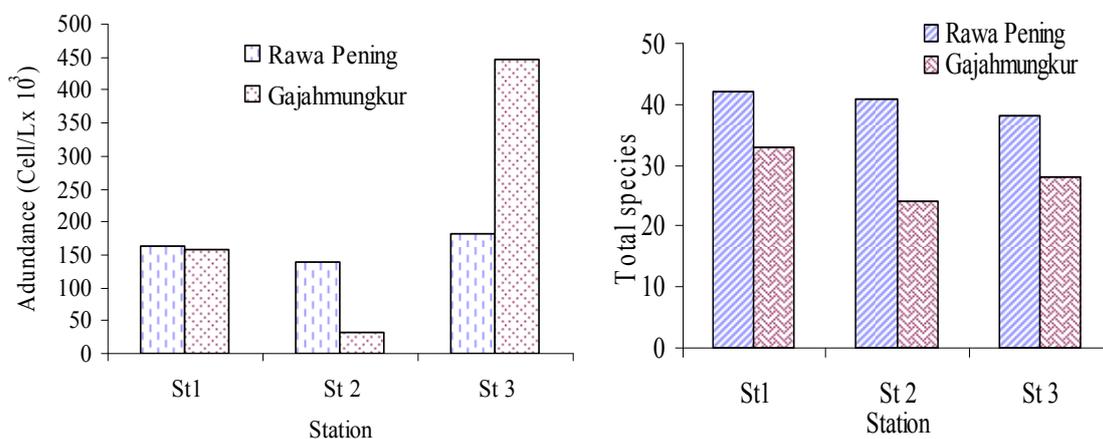


Figure 2. Phytoplankton abundance and total species of Lake Rawa Pening and Gajahmungkur Reservoir.

Index Diversity and Index Dominance of Phytoplankton

Eventhough Rawapening showed higher of total species, its phytoplankton index diversity was lower than Gajahmungkur especially at station 1 and station 3. It can be

explained by dominance of *Melosira granulata*. Thus, those two stations also presented high index of dominance (Figure 3).

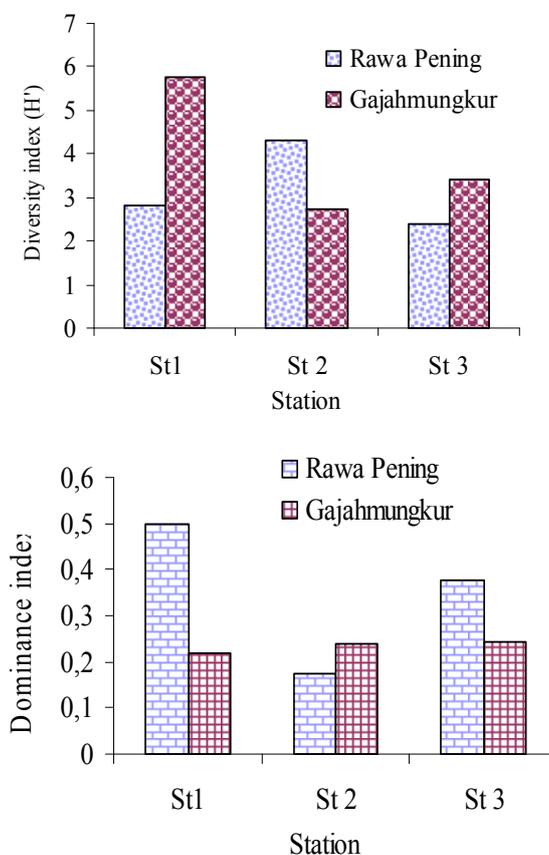


Figure 3. Lake Rawa Pening and GajahMungkur Reservoir' Diversity and Dominancy Indices

CONCLUSION

Generally there are some discrepancies of water quality condition between Rawa Pening and Gajahmungkur. Dissolved Oxygen in sub surface water of Rawa Pening was lower than that in Gajahmungkur. Meanwhile, TN: TP ratio in Rawa Pening ranged from 8.00 to 9.39. Lake Rawa Pening are more dominated by diatom species especially *Melosira italic*. On the contrary, Gajahmungkur TN:TP ratio ranged from 14.7 to 19.2 and the dominant species was blue green algae species which were *Limnotrix* sp and *Cylindrospermopsis raciborskii*. Based on phytoplankton composition, dominant species, and abundance level of both lakes, the lakes are considered as eutrophic lakes. In addition, high number of Euglenoids species in Lake Rawa Pening also indicates that this lake is polluted by organic materials.

REFERENCES

- Andriani, S.N., Achamat.S. Sarnita & Krismono, 1994. Distribusi Fitoplakton di Zone Eufotik Di Pasir Kole, Waduk Jatiluhur. *Bul.Penel.Perik.Darat*.12(2):1-11.
- Griberg, A.E.,Lenores,Cleseri & A.D. Lation. 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 17th ed. Washington.
- Baker, P. D & L.D. Fabro. 1999. *A guide to identification of common blue green algae (Cyanoprokaryotes) in Australia*. Cooperative R.C. for Freshwater Ecology, Identification Guide, No.25. 43 p.
- Cardoso, L.de S & M. Marcues DM. L.da, 2004. Seasonal composition of phytoplankton community in Itapeva Lake (North Coast of Rio Grande do sul-Brazil) in function hydrodynamic aspects. *Acta Limnol. Bras*. 16 (4): 401-416.
- Garno, Y.S. 2005. Kajian status perairan jangari Cirata dan kelayaannya untuk daerah wisata. *J.Tek.Ling.P3L-BPPT*.6(2):424-431.
- Gell, P.A, Jason A. Sonneman, M. A. Reid, M. A. Illma & A.J. Sincock. 1999. An illustration key to Common diatom genera from Southern Australia, 64 p.
- Hutchinson, G.E. 1967. *A Treatise on Limnology*, II. Introduction to Lake Biology and the Limnoplankton. John Weley & Sons, New York. 1115 pp.
- Jorgensen, S.E. 1980. *Lake Management*. Pergamon Press Ltd. Oxford-Great Britain. 167p.
- Kangur, K., T. Mols, A. Milius & R. Laugaste. 2003. Phytoplankton respond to change nutrient levels in Lake Pepsi (Estonia) in 1992-2001. *Hydrobiologia*, 506-509: 265- 272
- Kim, S-J, S-J. Hwang & J.S. Shin. 2007. Effect of limiting nutrient and N: P ratio on the phytoplankton growth in shallow hypereutrophic reservoir. *Hydrobiologia* (581): 255 – 267.
- Prescott, G.W. 1951. *Algae of the Western Great Lakes Area*. Cranbrook Institute of Science. Bloomfield Hills, Michigan. Bulletin no 31.
- Scott, A.M. G.W. Prescott 1961. *Indonesian Desmid*. Hydrobiologia. XVII
- Sulastri, 2006. Inland water resources and limnology in Indonesia. *Tropics*, 15 (3): 285 – 296.
- Sulastri, Eko Harsono, Tri Suryono dan Iwan Ridwansyah, 2008. Relationship of Land Use, Water Quality and Phytoplankton Community of Some Small Lakes in West Java, *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 34 (2): 307-332.
- Sulastri. 2009. Karakteristik Komunitas Fitoplankton dan Faktor Lingkungan Danau-Danau Kecil di Pulau Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*,15 (2) :5–18.

- Sulastrri, 2011. Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton Paska Kematian Ikan Secara Masal Di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Limnologi dan Oseanologi di Indonesia*, 37(3): 517 – 542.
- Sulastrri, D.I. Hartoto & I. Yuniarti, 2012. Environmental Condition, Fish Resources and Management of Maninjau Lake of West Java. *Ind. Fish.Res.J.* 18(1):1 – 12.
- United Nations Environmental Programme 1996: Technology Needs for Lake Management in Indonesia -Investigation of Rawa Danau and Rawa Pening, Java. <http://www.unep.or.jp/ietc/publication/techpub-9/index.asp>. Diakses 23 November, 2011.
- Wehr, J.D & R.G. Sheath, 2003. *Freshwater Algae of North Amerika*. Ecology Classification. Academic Press. New York, Tokyo, Singapore. 935 p.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology Lake and River Ecosystem*. 3th ed. Academi Press., New York. 1006 Pp.

Appendix 1. Phytoplankton Species in Rawapening Lake and Gajahmungkur Reservoir

Phytoplankton Species	Rawa Pening	Gajahmungkur	
Chrysophyta		Chrysophyta	
<i>Cyclotella</i> sp.	*	<i>Achanthes</i> sp.	****
<i>Diatoma elongata</i>	**	<i>Diatoma elongata</i>	*
<i>Diatoma vulgare</i>	*	<i>Diatoma vulgare</i>	*
<i>Eunotia</i> sp.	*	<i>Fragillaria</i> sp.	**
<i>Epithemia</i> sp.	*	<i>Melosira italica</i>	**
<i>Fragillaria</i> sp.	*	<i>Navicula</i> spp.	**
<i>Gomphonena olivacea</i>	**	<i>Synedra ulna</i>	**
<i>Melosira italica</i>	*****		
<i>Navicula</i> spp.	*		
<i>Staurosia</i> sp.	*		
<i>Synedra</i> sp. 1	*		
<i>Synedra</i> sp. 2	*		
<i>Synedra ulna</i>	**		
<i>Surirella robusta</i>	*		
<i>Centritractus belanophorus</i>	**		
Chlorophyta		Chlorophyta	
<i>Actinastrum Hantzschii</i>	**		
<i>Coelastrum</i> sp.	*	<i>Coelastrum</i> sp.	**
<i>Coelastrum microporum</i>	*	<i>Coelastrum microporum</i>	*
<i>Cosmarium</i> sp.	*	<i>Cosmarium</i> sp.	**
<i>Cosmarium spinuliferum</i>	*	<i>Cosmarium contractum</i>	**
<i>Crucigenia truncata</i>	*	<i>Crucigenia truncata</i>	**
<i>Closterium turgidum</i>	*	<i>Closterium kuetzingii</i>	*
<i>Closterium gracile</i>	*	<i>Closterium</i> sp.	*
<i>Closterium lineatum</i>	*	<i>Dictyosphaerium</i> sp.	*
<i>Closterium calosporum</i>	*	<i>Pediastrum simplex</i>	*
<i>Closterium</i> sp.	*	<i>Pediastrum duplex</i>	**
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	*	<i>Pediastrum</i> sp.	*
<i>Pediastrum duplex</i>	*	<i>Penium spirostriolatum</i>	*
<i>Pleurotaenium</i> sp.	**	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	*
<i>Scenedesmus longus</i>	**	<i>Scenedesmus bijuga</i>	*
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	**	<i>Staurastrum playfairi</i>	**
<i>Scenedesmus bijuga</i>	*	<i>Staurastrum identatum</i>	*
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	*	<i>Staurastrum</i> sp.	*
<i>Scenedesmus Benardii</i>	*	<i>Tetraedron minimum</i>	**
<i>Scenedesmus</i> sp.	*	Cyanophyta	
<i>Staurastrum playfairi</i>	*	<i>Anabaena affinis</i>	**
<i>Staurastrum</i> sp.	*	<i>Anabaena bergii</i>	**
<i>Tetraedron minimum</i>	*	<i>Chroococcus</i> sp.	*
<i>Tetraedron trigonum</i>	**	<i>Cylindropemopsis raciborskii</i>	****
<i>Zygnema</i> sp.	*	<i>Limnothrix</i> sp.	*****
Cyanophyta		<i>Microcystis aeruginosa</i>	**
<i>Anabaena affinis</i>	*	<i>Merismopedia punctata</i>	**
<i>Microcystis aeruginosa</i>	**	<i>Oscillatoria tenue</i>	*
<i>Oscillatoria tenue</i>	*	<i>Oscillatoria</i> sp.	*
Pyrrhophyta		<i>Planktothrix</i> sp.	*
<i>Peridinium cinctum</i>	***	<i>Pseudoanabaena</i> sp.	**

<i>Peridinium gatunense</i>	**		
<i>Peridinium</i> sp.	***		
<i>Glenodineum quadridens</i>	*	Pyrrhophyta	
<i>Glenodineum</i> sp.	*	<i>Ceratium hirundinella</i>	*
Euglenophyta		<i>Peridinium cinctum</i>	**
<i>Euglena</i> sp.	*	<i>Peridinium</i> sp.	*
<i>Euglena acus</i>	**	<i>Glenodinium quadridens</i>	*
<i>Euglena proxima</i>	**	<i>Glenodinium Penardiforme</i>	*
<i>Euglena convoluta</i>	**	Euglenophyta	
<i>Euglena polimorpha</i>	**	<i>Trachelomonas hispida</i>	*
<i>Phacus orbicularis</i>	*	<i>Trachelomonas</i> sp.	*
<i>Phacus chloroplastes</i>	*		
<i>Phacus acuminatus</i>	*		
<i>Phacus curvicauda</i>	**		
<i>Phacus swirenkoi</i>	*		
<i>Phacus longicauda</i>	*		
<i>Phacus tortus</i>	**		
<i>Lepocinclis</i> sp	**		
<i>Trachelomonas armata</i>	**		
<i>Trachelomonas hispida</i>	**		
<i>Trachelomonas robusta</i>	*		
<i>Trachelomonas horrida</i>	*		
<i>Trachelomonas Girardiana</i>	*		
<i>Trachelomonas lacustris</i>	*		
<i>Trachelomonas</i> sp.	**		

Remark : * < 500 cell/L ; ** > 1000 cell/L ; *** > 10,000 cell/L ;
 **** > 25,000 cell/L; ***** > 50,000 cell/L

KAJIAN LOGAM Fe, Al, Cu DAN Zn PADA PERAIRAN KOLONG PASKA PENAMBANGAN TIMAH DI PULAU BANGKA

Rosidah dan Cynthia Henny
Pusat Penelitian Limnologi LIPI

ABSTRAK

Air kolong paska penambangan timah belum bisa dimanfaatkan untuk keperluan penduduk karena bersifat asam dan masih mengandung logam-logam yang berbahaya. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam pada air kolong paska penambangan timah dan diharapkan dapat dipakai sebagai acuan untuk pengelolaan selanjutnya untuk kepentingan penduduk sekitarnya. Pengambilan sampel air kolong dilakukan pada 2006 dan 2007. Parameter logam yang dikaji yaitu Fe, Al, Cu dan Zn. Analisis logam menggunakan metoda destruksi dengan asam nitrat dan pengukuran menggunakan AAS Z-6100. Sementara pengukuran parameter fisika secara insitu dengan alat WQC HoribaU-10. Hasil penelitian menunjukkan kandungan Fe, Al, Cu dan Zn di kolong Hijau, terendah yaitu berturut-turut 2,480 mg/L, 0,040 mg/L, < 0,002 mg/L dan < 0,007 mg/L. Sedangkan kandungan tertinggi berturut-turut yaitu : 8,17 mg/L, 3,340 mg/L, 0,140 mg/L dan 0,450 mg/L. Di kolong TB. 1.9, diperoleh kandungan terendah untuk Fe, Al, Cu dan Zn yaitu 2,230 mg/L, 7,560 mg/L, < 0,002 mg/L dan < 0,007 mg/L, sedangkan kandungan tertinggi berturut-turut yaitu: 32,270 mg/L, 80 mg/L, 0,080 mg/L dan 0,870 mg/L. Berdasarkan PP. No. 82 tahun 2001, rata-rata kandungan setiap logam tahun 2006 – 2007 di kolong Hijau maupun di kolong TB. 1.9 melebihi ambang batas dan secara umum rata-rata kandungan setiap logam di kolong TB. 1.9 lebih tinggi dibandingkan dengan kolong Hijau, kecuali untuk logam Cu, kandungan rata-ratanya relatif sama pada kedua kolong.

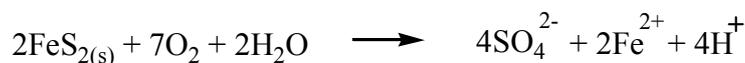
Kata kunci : Kolong, penambangan timah, logam, Fe, Al, Cu, Zn

PENDAHULUAN

Keberadaan kolong-kolong air di Pulau Bangka sebagai sisa proses penambangan timah menyisakan fenomena yang menarik. Sumber daya air baru bermunculan dan belum dimanfaatkan dengan baik (Cynthia dkk, 2006). Kolong umumnya mempunyai air yang bersifat asam tergantung dari tipe mineral dominan di area tambang tersebut dan mengandung logam-logam terlarut berbahaya yang tidak dapat dimanfaatkan dalam kurun waktu yang cukup panjang. Menurut Subardja *et al.*, 2004 dan Brahmana *et al.*, 2004 dalam Cynthia H, 2011, perbaikan kualitas air secara alami seperti pada kolong tua memerlukan waktu 20 – 30 tahun.

Kolong yang airnya bersifat asam adalah akibat terjadinya proses oksidasi batuan/mineral sulfide dari jenis pirit (FeS₂), galena (PbS), mineral besi lainnya dari *mine tailing*, batuan buangan tambang (*overburden*) atau batuan dinding kolong. Area tambang yang didominasi oleh batuan mineral sulfida dan besi akan menghasilkan kolong yang airnya asam dan mengandung sulfat dan logam Fe yang tinggi (Cynthia,

2011). Reaksi oksidasi dari mineral sulfida sekaligus oksidasi besi ferrous dapat dilihat di bawah ini (Cynthia dkk, 2006):



Oksidasi mineral sulfida juga dapat melepaskan logam lainnya antara lain As, Cd, Cu, Pb, Al dan Zn (España *et al.*, 2008; Dowling *et al.*, 2004; Sengupta, 1993 dalam Cynthia H, 2011).

Menurut Cynthia dkk (2006), kolong yang terbentuk paska penambangan timah dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu :

Kolong muda (<10 tahun)

- Mineral dasar kaolin kaya akan aluminum dan silika ; pH 4>
 - Proses pemulihan kualitas air secara alami lebih cepat (<20 tahun)
 - Kandungan logam Fe dan Al yang tinggi
- Mineral dasar pirit kaya akan besi dan sulfat; pH 2>
 - Proses pemulihan secara alami lambat (>20 tahun)
 - Kandungan logam Fe dan Al, serta sulfat tinggi
- Kandungan logam lain yang cukup tinggi: As, Pb, Zn, Cu
- Kandungan logam (Fe, Al, As, Pb, Zn, Cu) pada sedimen cukup tinggi sehingga potensial untuk *leaching*.

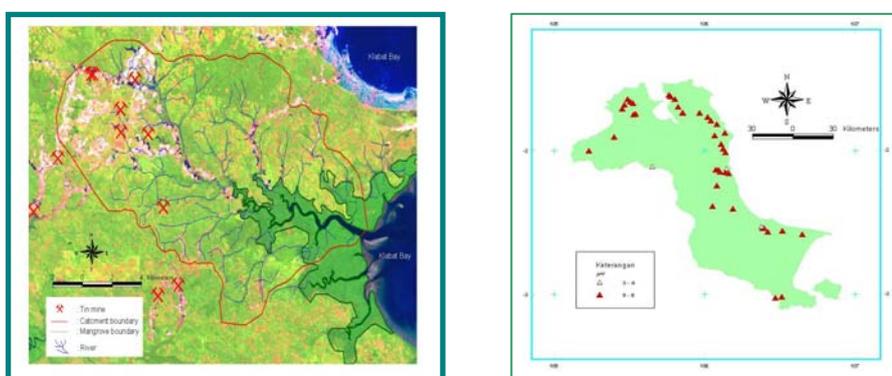
Kolong tua (>10 tahun)

- Mineral dasar kaolin ; pH > 6
 - Kandungan logam rendah
 - Sudah dimanfaatkan untuk beberapa kegiatan
- Mineral dasar pirit ; pH 4>
 - Masih terdapat kandungan beberapa logam
 - Belum banyak dimanfaatkan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji unsur logam Fe, Al, Cu, dan Zn yang terkandung dalam air kolong paska penambangan timah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipakai sebagai referensi untuk pengelolaan selanjutnya agar air kolong tersebut dapat dimanfaatkan bagi kepentingan penduduk sekitarnya.

MATERI DAN METODA

Penelitian dan pengambilan sampel dilakukan pada bulan Juni, Agustus, November 2006 dan bulan April, Juni dan September 2007. Lokasi pengambilan sampel yaitu di kolong Hijau (kolong tua), terletak di Desa Bacang, Pangkal Pinang dan kolong TB. 1.9 (kolong muda), berada di Air Jangkang, Sungai Liat. Yang merupakan daerah pertambangan timah di pulau Bangka. Kolong Hijau sudah dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk budi daya ikan, sedangkan kolong TB. 1.9 keberadaannya belum dimanfaatkan.



Gambar 1. Peta area kolong di sungai dan muara Teluk Kelabat (kiri) dan kolong-kolong muda dan tua di Pulau Bangka (kanan) (Courtesy: Sulastridkk, Dinas Pertambangan)

Pengambilan sampel air kolong dilakukan dengan menggunakan water sampler, sample air dimasukkan kedalam botol yang telah dicuci sehingga bebas logam. Sampel tersebut kemudian diawet dengan asam nitrat (HNO_3) pekat sampai $\text{pH} < 2$. Analisis logam dalam sampel air dilakukan di laboratorium, menggunakan metoda destruksi dengan asam nitrat (HNO_3) pekat menurut APHA(2005) dan pengukuran menggunakan AAS Z-6100. Selain itu dilakukan juga pengukuran parameter pH, konduktivitas, suhu, kekeruhan dan oksigen terlarut (DO).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran parameter fisika air kolong Hijau dan kolong TB. 1.9 ditampilkan pada Table 1. Nilai pH pada kolong TB. 1.9 yang masuk kategori kolong muda relatif rendah yaitu berkisar antara 2,21 – 3,42 sedangkan untuk kolong Hijau (kolong tua) berkisar antara 4, 82 – 6,48. Kondisi pH pada kolong tua nilainya lebih

tinggi dari kolong muda sebab kolong tua umumnya sudah mengalami proses remediasi alami untuk mencapai keadaan pH normal lingkungan perairan, walaupun kondisi ini baru bisa dicapai setelah lebih dari 20 tahun. (Cynthia, dkk. 2006)

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter fisika di kolong Hijau dan kolong TB. 1.9

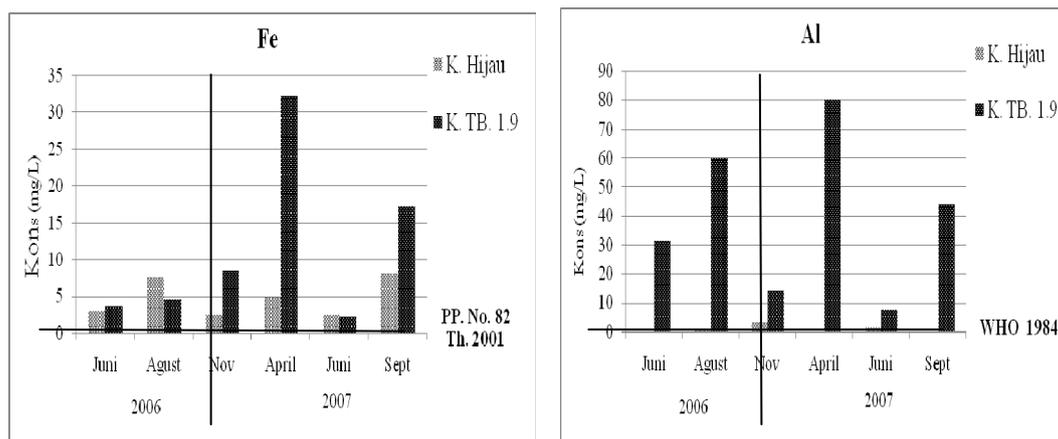
Kolong	pH	Kond (mS/Cm)	Suhu (°C)	Kekeruhan (NTU)	DO (mg/L)
2006					
K. Hijau	4,82 – 5,82	0,073 – 0,084	27,0 – 29,3	2 - 9	0,33 – 0,72
K. TB. 1.9	2,48 – 3,42	0,064 – 0,065	26,6 – 27,4	2 – 2,5	0,39 – 0,50
2007					
K. Hijau	5,43 – 6,48	2,46	31,2	2,4	5,85
K. TB. 1.9	2.21 – 2,95	1,13 – 2,04	27,7 – 30,1	19 - 43	4,5

Hasil pengukuran logam terhadap sampel air kolong yang telah dilakukan dari tahun 2006 – 2007 dapat dilihat pada Tabel 2, Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Kandungan logam pada masing-masing kolong tahun 2006 -2007

Nama Kolong	Bulan Sampling	Fe mg/L	Al mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L
Kolong Hijau	2006				
	Juni	3.060	0.040	0.002	0.007
	Agustus	7.590	0.690	0.018	0.032
	November	2.480	3.340	0.050	0.190
	Rata-rata	4.377	1.357	0.023	0.076
	2007				
	April	4.860	0.290	0.020	0.450
	Juni	2.490	1.550	< 0.002	0.020
	September	8.170	0.490	0.140	0.010
	Rata-rata	5.173	0.777	0.053	0.160
Kolong TB. 1.9	2006				
	Juni	3.600	31.540	0.008	0.243
	Agustus	4.580	60.000	0.008	0.020
	November	8.590	14.380	0.100	0.870
	Rata-rata	5.590	35.307	0.039	0.378
	2007				
	April	32.270	80.500	0.080	0.410
	Juni	2.230	7.560	< 0.002	< 0.007
	September	17.250	44.030	0.040	0.205
	Rata-rata	17.250	44.030	0.040	0.205

Besi termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup dan dibutuhkan dalam jumlah cukup besar (Goldman & Horne, 1983). Akan tetapi apabila keberadaan Fe diperairan melebihi ambang batas dapat membahayakan kehidupan organisme akuatik dan tidak layak untuk dikonsumsi. Pada Tabel 2 kandungan besi (Fe) terendah di kolong Hijau yaitu 2,480 mg/L (2006), kandungan tertingginya 8,17 mg/L (2007) dan menurut PP. No. 82 tahun 2001 sudah melebihi ambang batas. Moore, (1991) dalam Effendi (2003) mengatakan kandungan Fe > 1,0 mg/L dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik. Tingginya kandungan logam di perairan akan di absorpsi oleh ikan biasanya melalui insang, juga dapat pula masuk melalui kulit (kutikula) dan lapisan mukosa. Hubungan antara jumlah absorpsi logam dan kandungan logam dalam air biasanya secara proporsional, dimana kenaikan kandungan logam dalam jaringan sesuai dengan kandungan logam dalam air (Darmono, 1995). Sedangkan di kolong TB. 1.9 kandungan Fe tahun 2006 – 2007 berkisar antara 2,230 – 32,270. Tingginya kandungan Fe di kolong TB. 1.9 kemungkinan karena area ini di dominasi oleh batuan mineral sulfida dan besi yang menyebabkan air kolong menjadi asam dan mengandung sulfat dan Fe yang tinggi (Cynthia, 2011). Cole (1988) dalam Effendi (2003) menyatakan bahwa keberadaan besi hanya ditemukan pada perairan yang berada dalam kondisi anaerob (anoksik) dan suasana asam. Air yang diperuntukkan bagi air minum sebaiknya memiliki kandungan Fe kurang dari 0,3 mg/L (Moore, 1991; Sawyer & Mc.Carty, 1978 dalam Effendi, 2003), sedangkan perairan untuk keperluan pertanian sebaiknya memiliki kandungan Fe < 20 mg/L (McNeely *et al*, 1979 dalam Effendi 2003). Dalam PP No. 82 tahun 2001, air yang akan diolah sebagai air minum secara konvensional, kandungan Fe nya ≤ 5 mg/L. Oleh karena itu untuk kolong TB. 1.9 perlu adanya perlakuan khusus untuk mengurangi kandungan Fe apabila air kolong tersebut akan dimanfaatkan untuk kepentingan masyarakat.

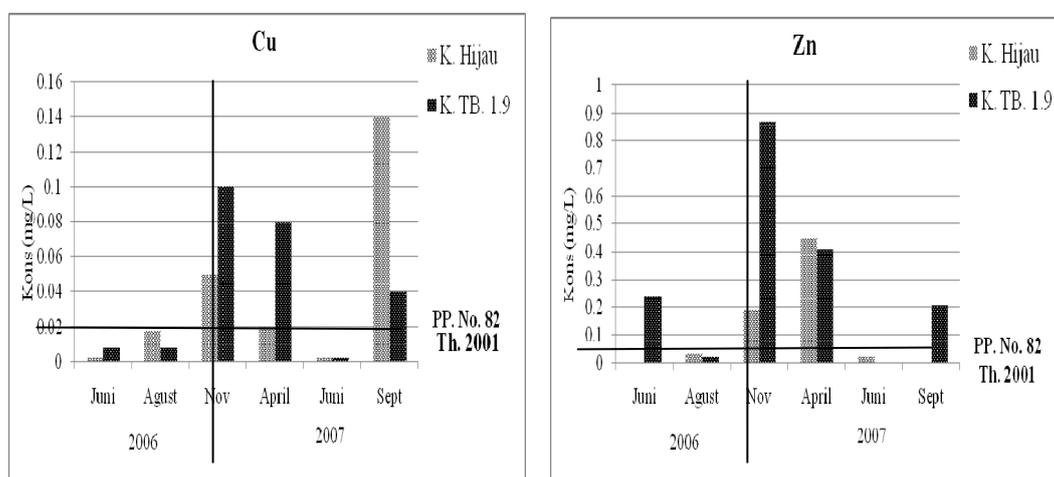


Gambar 2: Profil kandungan Fe dan Al pada kolong Hijau dan kolong TB. 1.9 tahun 2006 – 2007

Di perairan, aluminium (Al) biasanya terserap kedalam sedimen atau mengalami presipitasi. Aluminium dalam bentuk oksida aluminium bersifat tidak larut, akan tetapi garam-garam aluminium sangat mudah larut. Perairan alami biasanya memiliki kandungan Al kurang dari 1,0 mg/L, sedangkan perairan asam memiliki kandungan Al yang lebih tinggi (Effendi, 2003). Kandungan aluminium (Al) di kolong Hijau tahun 2006 - 2007 berkisar antara 0,040 mg/L – 3,340 mg/L (Tabel 2), sedangkan kandungan Al terendah di kolong TB. 1.9 yaitu 7,56 (2007) dan kandungan tertingginya yaitu 80,50. Sama halnya dengan kandungan Fe, kandungan Al di kedua kolong tersebut juga sudah melebihi ambang batas untuk budidaya ikan dan untuk peruntukkan lainnya, karena menurut *Canadian Council of Resource and Environmental Ministers* (1978) dalam Effendi (2003), untuk memelihara kehidupan organisme akuatik, kandungan Al sebaiknya < 0,005 mg/L bagi perairan dengan pH < 6,5 dan < 0,1 mg/L bagi perairan dengan pH > 6,5. Sedangkan kandungan Al untuk keperluan air minum sekitar 0,2 mg/L (Moore, 1991 dalam Effendi, 2003). Pada perairan yang bersifat asam (pH 4,4 – 5,4) logam Al bersifat lebih toksik dan toksisitas Al maksimum terjadi pada pH 5,0 – 5,2 (Schofield & *Canadian Council of Resource and Environmental Ministers* (1978) dalam H. Effendi (2003).

Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang dijumpai pada perairan alami dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, namun kandungan Cu yang berlebihan dapat mengakibatkan air menjadi berasa jika diminum dan dapat mengakibatkan kerusakan pada hati (Effendi, 2003). Pada Tabel 2. kandungan Tembaga

(Cu) rata-rata pada kolong Hijau tahun 2006 – 2007 yaitu 0,023 - 0,053 mg/L, sedangkan kandungan Cu rata-rata pada kolong TB. 1.9 yaitu 0,039 mg/L (2006) dan 0,040 mg/L (2007). Berdasarkan PP. No. 82 tahun 2001 kandungan Cu pada kedua kolong tersebut sudah melebihi ambang batas (0,02 mg/L) baik digunakan sebagai air baku untuk air minum, budi daya ikan maupun untuk peternakan. Menurut Moore (1991) dalam Effendi, (2003), toksisitas Cu (EC_{50}) bagi mikroalga *Scenedesmus quadricauda* berkisar antara 0,1 – 0,3 mg/L, nilai LC_{50} Cu bagi avertebrata air tawar dan laut biasanya 0,5 mg/L, sedangkan terhadap ikan-ikan air tawar biasanya berkisar antara 0,02 – 1,0 mg/L . Toksisitas Cu akan meningkat dengan menurunnya nilai kesadahan dan alkalinitas (Effendi, 2003)



Gambar 3: Profil kandungan Cu dan Zn pada kolong Hijau dan kolong TB. 1.9 tahun 2006 – 2007

Kelarutan unsur seng (Zn) dan oksida seng dalam air relatif rendah, Zn yang berikatan dengan klorida dan sulfat mudah terlarut, sehingga kadar Zn dalam air sangat dipengaruhi oleh senyawanya, akan tetapi jika perairan bersifat asam maka kelarutan Zn akan meningkat (Moore, 1991 dalam Effendi, 2003). Pada Tabel 2, kandungan Zn rata-rata di kolong Hijau pada tahun 2006 - 2007 yaitu 0,076 - 0,160 mg/L. Di kolong TB. 1.9 kandungan rata-rata Zn relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan kolong Hijau yaitu 0,378 mg/L (Tahun 2006) dan 0,205 mg/L pada tahun 2007 (Tabel 2), hal ini disebabkan karena rendahnya nilai pH pada kolong TB. 1.9. Menurut Moore (1991) dalam Effendi (2003), kandungan Zn pada perairan alami < 0,05 mg/L. Sedangkan pada perairan asam mencapai 50 mg/L (McNeely *et al*, 1979 dalam Effendi, 2003).

Berdasarkan PP. No. 82 tahun 2001 kandungan Zn rata-rata pada kedua kolong sudah melebihi ambang batas (0,05 mg/L) baik untuk air baku air minum, budidaya ikan dan peternakan. Toksisitas Zn bagi organisme akuatik (alga, avertebrata dan ikan) sangat bervariasi, yaitu < 1 mg/L hingga > 100 mg/L, sebagai contoh nilai LC₅₀ 48 jam Zn bagi *Daphnia hyalina* adalah 0,04 mg/L (Baudouin dan Scoppa, 1974 dalam *Canadian Council of Resource and Environmental Ministers*, 1978 dalam H. Effendi, 2003). Toksisitas Zn akan menurun dengan meningkatnya kesadahan, sedangkan meningkatnya suhu dan menurunnya oksigen akan meningkatkan toksisitas dari Zn. (*Canadian Council of Resource and Environmental Ministers* (1978) dalam Effendi (2003).

Kandungan setiap logam pada kolong TB. 1.9 yang masuk kategori kolong muda pada umumnya lebih tinggi (Gambar 2 & 3) bila dibandingkan dengan kolong Hijau (kolong tua), kecuali pada logam Cu, dimana kandungan Cu relatif sama pada kedua kolong tersebut. Tingginya kandungan tiap logam pada kolong TB. 1.9 karena kolong ini merupakan kolong muda, dimana pH pada kolong ini sangat rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Brahmana dkk, (2004) yang menyatakan kualitas air kolong muda menunjukkan kualitas air yang buruk dengan pH berkisar 2,9 – 4.5 dengan kandungan logam berat seperti Fe, Al, Pb, dan Mn sangat tinggi. Kandungan logam berat pada kolong muda di pulau Bangka bisa mencapai 5 – 8 mg/L. Jeffries & Mills (1996) dalam Effendi (2003) mengemukakan asidifikasi melarutkan banyak logam di perairan, kadar beberapa logam berat toksik cenderung meningkat pada suasana asam, misalnya merkuri (Hg) dan Seng (Zn).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Fe, Al, Cu dan Zn di Kolong Hijau terendah yaitu 2,480 mg/L, 0,040 mg/L, < 0,002 mg/L dan < 0,007 mg/L. Sedangkan kandungan tertingginya berturut-turut yaitu : 8,17 mg/L, 3,340 mg/L, 0,140 mg/L dan 0,450 mg/L. Di kolong TB. 1.9 kandungan terendah untuk Fe, Al, Cu dan Zn yaitu 2,230 mg/L, 7,560 mg/L, 0,0 mg/L dan 0,0 mg/L, sedangkan kandungan tertingginya berturut-turut sebagai berikut: 32,270 mg/L, 80,000 mg/L, 0,080 mg/L dan 0,870 mg/L. Berdasarkan PP. No. 82 tahun 2001, rata-rata kandungan tiap logam tahun 2006 – 2007 di kedua kolong melebihi ambang batas, baik untuk air baku air minum,

budidaya ikan maupun peternakan. Rata-rata kandungan logam Fe dan Al di Kolong Hijau maupun Kolong TB. 1.9 cenderung lebih tinggi dari logam Cu dan Zn untuk tahun 2006 – 2007. Bila dibandingkan antara kolong Hijau yang merupakan kolong tua dengan kolong TB. 1.9 yang masuk kategori kolong muda terlihat bahwa rata-rata kandungan hampir tiap logam lebih tinggi di kolong TB. 1.9, kecuali untuk logam Cu konsentrasinya relatif sama .

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendukung data-data yang sudah ada dalam proses pengolahan air kolong sehingga keberadaan air kolong tersebut dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, AWWA. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21th edition, Washington DC.
- Cynthia Henny, A. B. Santoso, G.S. Ajie, Gunawan, Rosidah, H. Fauzi, 2006. Laporan Akhir Tahunan Program Penelitian Dan Pengembangan Iptek Riset Kompetitif LIPI. Pusat Penelitian Limnologi LIPI Kegiatan Program Kompetitif LIPI
- Cynthia Henny, 2011. “Kolong” Bekas Tambang Di Pulau Bangka : Permasalahan Kualitas Air Dan Alternatif Solusi Untuk Pemanfaatan. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, Vol. 37 No. 1 Puslit Oseanologi. Puslit Limnologi LIPI Jakarta - Bogor
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia Jakarta
- H. Effendi, 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius Yogyakarta
- Peraturan Pemerintah, 2001. Nomor 82 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Presiden republik Indonesia.

BUDIDAYA SEMI INTENSIF IKAN PELANGIPELANGI KUROMOI (*Melanotaenia parva*) DENGAN PADAT TEBAR BERBEDA

Tutik Kadarini

Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias Depok

ABSTRAK

*Budidaya semi intensif ditandai padat tebar rendah dan pakan sebagian masih mengandalkan alam sehingga biaya operasional pakan berkurang akhirnya usaha budidaya lebih efisien. Pendederan ikan pelangipelangi kurumoi (*Melanotaenia parva*) dilakukan pada wadah jaring berwarna hijau sebanyak 12 buah berukuran 1x1x1 m³ kedalaman air sekitar 60 cm yang diletakan di kolam tanah. Sebelumnya kolam dipupuk kotoran ayam dengan dosis 25 kg/25 m². Ikan uji yang digunakan ikan pelangipelangi kurumoi berumur sekitar 1 bulan berukuran panjang total 1,74 cm, panjang standar 1,52 cm dan berat 0,0575 g. Ikan ditebar dengan padat yang berbeda sekaligus sebagai perlakuan adalah sebagai berikut : A. 50 ekor/wadah, B. 80 ekor/wadah, C. 110 ekor/wadah dan D. 140 ekor/wadah. Selama satu bulan ikan tidak diberi pakan dan pakan hanya mengandalkan dari pakan alami yang ada di kolam, selanjutnya ikan diberi pakan berupa pelet apung dengan kandungan protein sekitar 35%. Pakan pellet diberikan sebanyak 3% dari berat badan dan frekuensi pemberian 2 kali sehari yaitu pagi pukul 09:00 dan sore pukul 15:30. Selama penelitian parameter yang diamati adalah pertumbuhan, sintasan dan kualitas air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa padat tebar yang terbaik adalah 110 ekor /wadah dengan rata-rata bobot ikan 0,47 g, panjang total 3,24 cm, panjang standart 2,72 dan sintasan 97,67 %.*

Kata kunci : *Pelangi, padat tebar, pertumbuhan dan kelangsungan hidup*

ABSTRACT

*Semi-intensive cultivation is characterized by low stocking density and feed partly still rely on the nature so that the cost of feed is reduced to make the aquaculture operations become more efficient. Rainbow kurumoi fish (*Melanotaenia parva*) nursery performed in 12 units green net 1x1x1 meter³ with water depth of about 60 cm which placed in an outdoor soil pond. Before hand ponds was fertilized with chicken manure of 25 kg/25m². The experimental fish was rainbow kurumoi about 1 month old with total length of 1.74 cm, standard length 1.52 cm and weight 0.0575 g. The fish stocked with different density as follows: A. 50 fishes /container, B. 80 fishes/container, C. 110 fishes /container and D. 140 fishes /container. During initial one month the fishes were not given any feed in which the fishes life just relied on natural feed in the pond, and then fed a floating pellet with a protein content of about 35% afterward. The pellet feed was given as much as 3% of the body weight at frequency of 2 times a day ie morning and evening at 09:00 at 15:30. Parameters were observed during the study is the growth, survival rate and water quality. The results shows that the optimum culture density was 110 fish/container with an average fish weight of 0.04 grams, 3.24 cm total length, standard length of 2.72 and 97.67% survival rate.*

Keywords: *Rainbow, culture density, growth and survival*

PENDAHULUAN

Menurut Tappin (2010) ada 95 jenis ikan pelangi berasal dari Sulawesi dan Papua. Di Balai Riset Budidaya Ikan Hias Air tawar Depok telah didomestikasi ikan pelangi sebanyak 21 jenis diantaranya jenis kuromoi. Ikan ini menarik karena seluruh

tubuh berwarna orange kemerahan. Akan tetapi jenis ikan ini tingkat produktivitasnya masih rendah, sehingga masih perlu dioptimalkan teknik budidayanya.

Budidaya ikan hias mengalami perkembangan pesat, hal ini dikarenakan permintaan ikan hias terus meningkat baik untuk keperluan ekspor maupun konsumsi lokal. Sistem budidaya ikan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu intensif, semi intensif dan tradisional. Budidaya semi intensif ditandai dengan padat tebar rendah dan masih mengandalkan pakan dilingkungannya (pakan alami). Budidaya ikan semi intensif dapat dilakukan di kolam karena biasanya akan tumbuh plankton sebagai pakan alami untuk ikan. Padat tebar ikan akan mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Padat tebar rendah peluang ikan untuk mendapatkan pakan lebih banyak tetapi dalam usaha budidaya kurang efisien karena ada tempat yang terpakai sehingga tidak optimal. Sebaliknya padat tebar tinggi membutuhkan pakan lebih banyak yang dapat mempengaruhi kualitas air yang akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup (sintasan). Dalam hal ini diperlukan padat tebar yang optimal untuk kegiatan budidaya di kolam secara semi intensif. sehingga usaha budidaya akan efisien.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan selama 1,5 bulan di Laboratorium Balai Riset Budidaya Ikan Hias Depok. Wadah yang digunakan jaring berwarna hijau yang diletakan di kolam tanah. Sebelum digunakan kolam di pupuk dengan kotoran ayam dengan dosis 25 kg/25 m² dan tujuan pemupukan ini untuk menumbuhkan pakan alami berupa plankton yang merupakan pakan alami ikan. Jaring yang digunakan sebanyak 12 buah berukuran 1x1x1 m³ dengan kedalaman air sekitar 60 cm. Ikan uji yang dipakai ikan pelangi kuromoi berumur sekitar 1 bulan berukuran panjang total 1,74 cm, panjang standar 1,52 cm dan berat 0,0575 g. Ikan ditebar dengan padat yang berbeda sebagai berikut : A. 50 ekor/wadah, B. 80 ekor/wadah, C. 110 ekor/wadah dan D. 140 ekor/wadah. Selama satu bulan ikan tidak diberi pakan dan pakan hanya mengandalkan dari kolam, dan selanjutnya ikan diberi pakan berupa pelet apung dengan kandungan protein sekitar 35%. Pakan pellet diberikan sebanyak 3% dari berat badan dan frekuensi pemberian 2 kali sehari yaitu pagi pukul 09:00 dan sore pukul 15:30. Selama penelitian parameter yang diamati adalah pertumbuhan, sintasan, dan kualitas air. Metoda penelitian adalah

rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Analisa data dengan ANOVA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

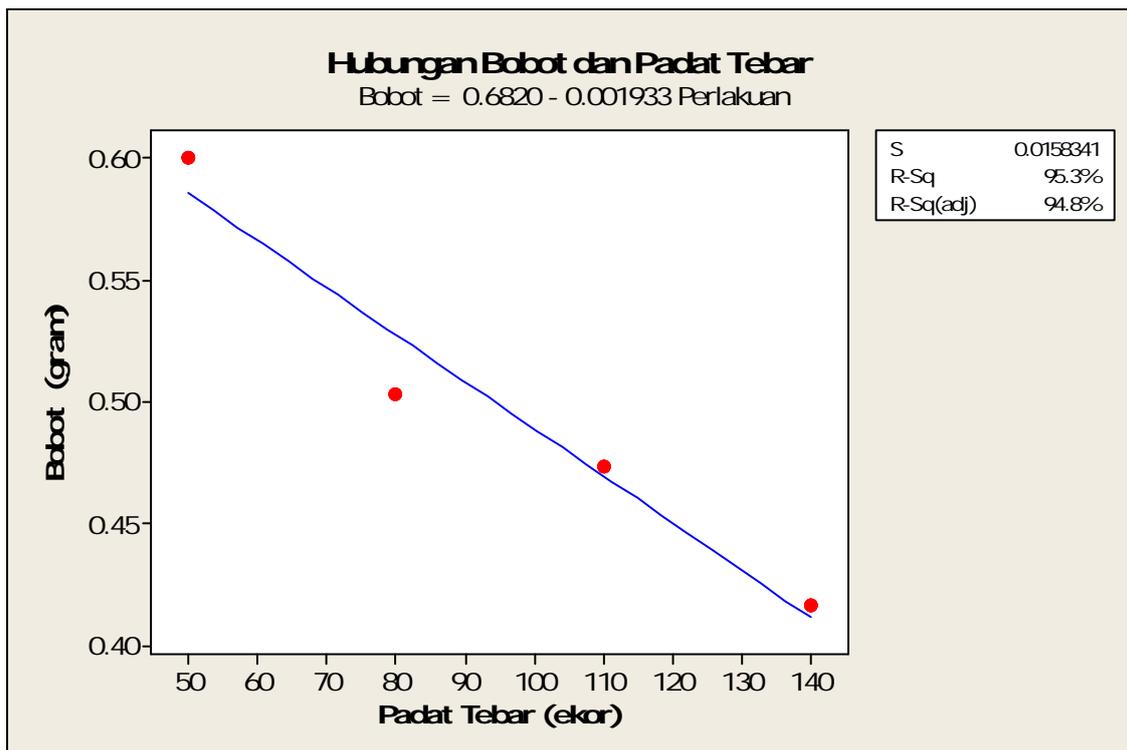
Pertumbuhan

Pertumbuhan pertambahan baik bobot, panjang total dan panjang standar dalam waktu yang ditentukan. Pertumbuhan bobot selama 1,5 bulan menghasilkan rata-rata berat ikan berkisar 0,42 – 0,60 gr/ekor. Berat ikan menurun seiring dengan padat penebaran ikan. Padat penebaran ikan 50 ekor mencapai berat 0,60 gram/ekor sedangkan padat tebar 140 ekor beratnya rata-rata 0,42 gram/ekor Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bobot, Panjang Total dan Panjang Standar ikan pelangi kurumoi selama 1,5 bulan

Parameter	Perlakuan padat tebar			
	50 ekor	80 ekor	110 ekor	140 ekor
Bobot (g)	0,60±0,02 ^a	0,50±0,091 ^{ab}	0,47±0,0058 ^{ab}	0,42±0,023 ^b
Panj Total (cm)	3,59±0,031 ^a	3,27±0,32 ^{ab}	3,24±0,051 ^{ab}	2,95±0,025 ^b
Panjang Standar(cm)	3,05±0,064 ^a	2,73±0,338 ^{ab}	2,72±0,067 ^{ab}	2,44±0,096 ^b

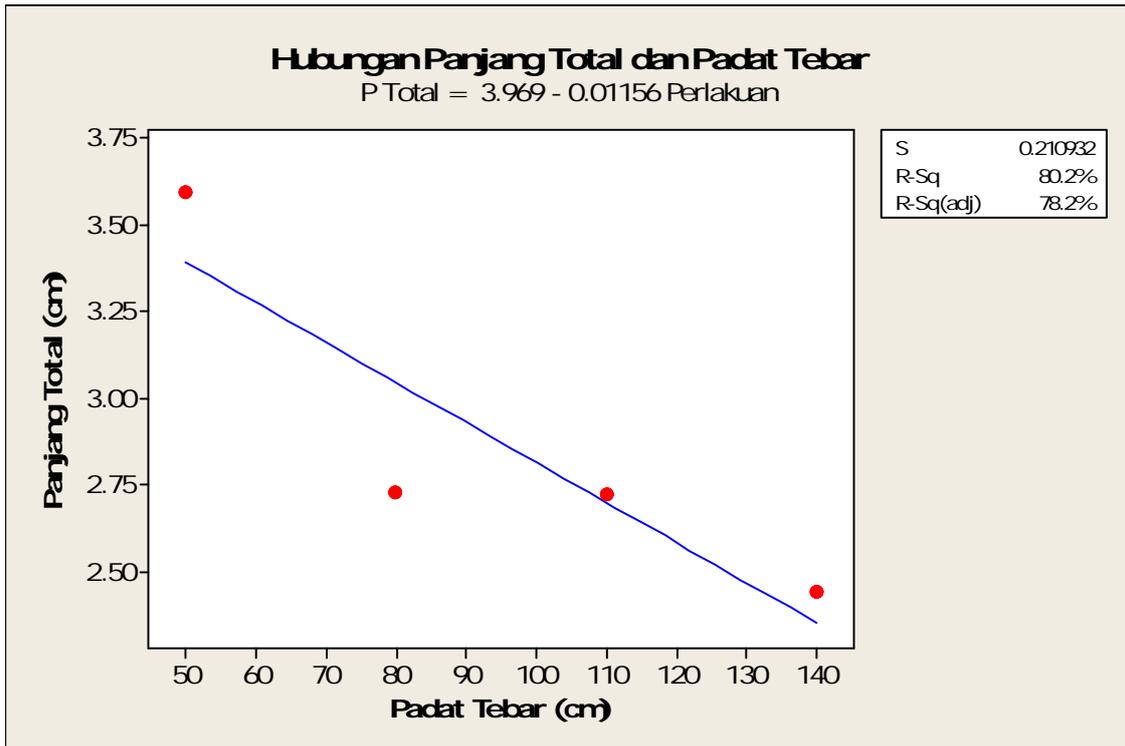
Hasil statistik menunjukkan bahwa perlakuan padat tebar berpengaruh terhadap bobot akhir . Uji BNT memperlihatkan bahwa perlakuan padat tebar 50 ekor tidak berbeda dengan dengan perlakuan padat tebar 80 ekor dengan 110 ekor tetapi berbeda dengan padat tebar 140 ekor sedangkan padat tebar 80 ekor, 110 ekor dan 140 ekor tidak berbeda nyata. Gambar 1 memperlihatkan hubungan bobot dan padat tebar membentuk garis linier dan analisa regresi berbeda nyata dimana R-sq nilainya 95,3%.



Gambar 1. Hubungan bobot dan padat tebar ikan pelangi kurumoi

Panjang ikan dibedakan menjadi dua yaitu panjang total dan panjang standart. Panjang total ikan diukur dari ujung mulut hingga ujung ekor. Panjang total berkisar 2,95 cm dihasilkan dari padat tebar 140 ekor/wadah, 3,24 cm (110 ekor/wadah), 3,27 cm (80 ekor/wadah) dan 3,59 cm (50 ekor/wadah). Analisis statistik memperlihatkan pola panjang total senada dengan bobot, memberikan indikasi bahwa perlakuan padat tebar berpengaruh terhadap panjang total. Uji BNT menunjukkan bahwa perlakuan padat tebar 50 ekor tidak berbeda dengan perlakuan padat tebar 80 ekor dan 110 ekor tetapi berbeda dengan padat tebar 140 ekor. Sedangkan padat tebar 80 ekor, 110 ekor dan 140 ekor tidak berbeda nyata

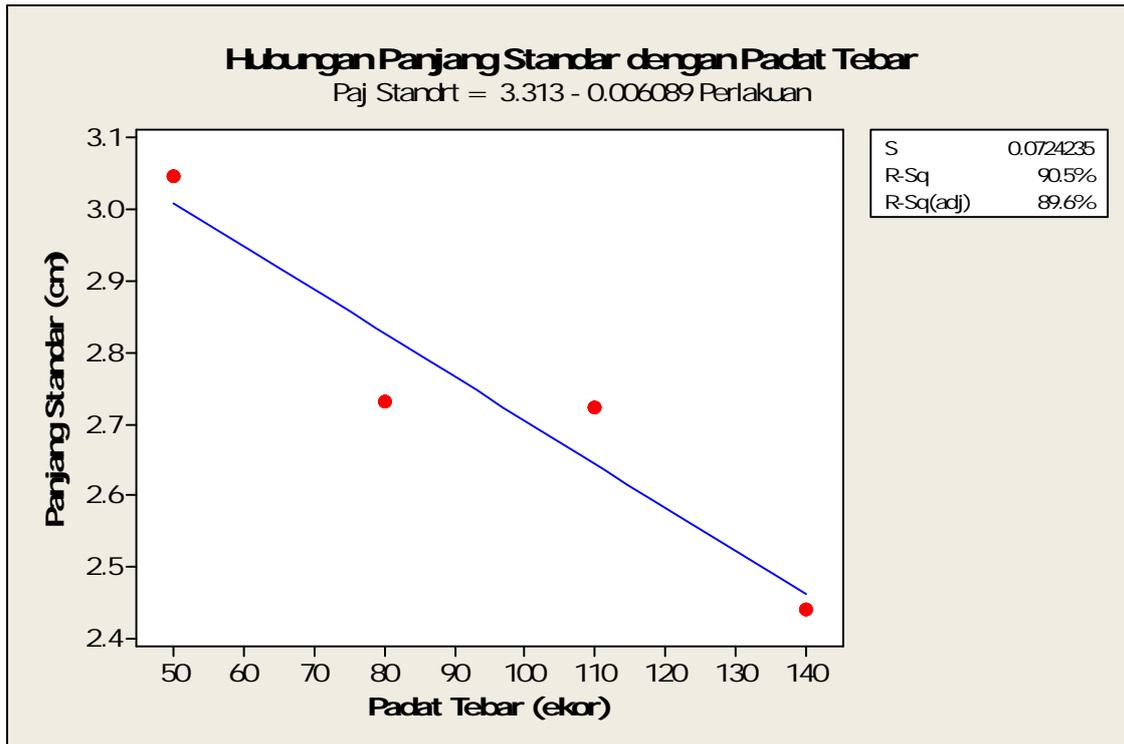
Gambar 2 memperlihatkan hubungan panjang total dan padat tebar membentuk garis linier dan analisa regresi berbeda nyata dimana R-sq nilainya 80,2%.



Gambar 2. Hubungan panjang total dan padat tebar ikan pelangi kurumoi

Panjang standar ikan diukur dari ujung mulut hingga pangkal ekor ikan. Panjang standar menurun seiring dengan padat tebar yang berarti dengan padat tebar paling tinggi maka panjang standar paling rendah yaitu 2,44 cm, sebaliknya pada padat tebar paling rendah 50 ekor/wadah panjang standarnya paling tinggi yaitu 3,05 cm.

Analisa statistik pada parameter panjang standar ini memberikan hasil yang senada dengan bobot, dan panjang total. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan padat tebar berpengaruh terhadap panjang standar. Uji BNT memperlihatkan bahwa perlakuan padat tebar 50 ekor tidak berbeda dengan perlakuan padat tebar 80 ekor dan 110 ekor tetapi berbeda dengan padat tebar 140 ekor sedangkan padat tebar 80 ekor, 110 ekor dan 140 ekor tidak berbeda nyata. Gambar 3 memperlihatkan hubungan panjang standar dan padat tebar membentuk garis linier dan analisa regresi berbeda nyata dimana R-sq nilainya 90,5%.



Gambar 3. Hubungan panjang total dan padat tebar ikan pelangi kurumoi

Rendahnya pertumbuhan selama penelitian yaitu pada perlakuan padat tebar 140 ekor/wadah dikarenakan pakan yang tersedia terbatas dan ikan yang makan lebih banyak dibandingkan yang lain karena selama satu bulan ikan mengandalkan pakan alami berupa plankton terutama *Moina sp* yang tumbuh dikolam dan tanpa adanya pakan tambahan. Pertumbuhan plankton hanya selama satu bulan dan selanjutnya pertumbuhan plankton mengalami penurunan sehingga diberi pakan tambahan berupa pellet sebanyak 3% dari berat badan.

Sintasan

Sintasan ikan pelangi selama penelitian cukup baik yaitu berkisar 92,78 – 99,33% dapat dilihat Tabel 4. Sintasan tertinggi 99,33% pada perlakuan padat tebar 50 ekor/wadah dan yang terendah 92,78% pada perlakuan padat tebar 140 ekor/wadah.

Tabel 4. Rataan sintasan (%) pada benih pelangi kuromoi selama penelitian

Ulangan	Perlakuan padat tebar			
	50 ekor	80 ekor	110 ekor	140 ekor
1	98	96,3	100	91,33
2	100	96,3	95	95
3	100	95	98	92
Rataan	99,33±1,15 ^a	95,89±0,075 ^{ab}	97,67±2,52 ^a	92,78±1,97 ^b

Hasil statistik menunjukkan bahwa perlakuan padat tebar berpengaruh terhadap sintasan. Untuk membedakan antar perlakuan diuji BNT yang menghasilkan perlakuan padat tebar 50 ekor berbeda dengan perlakuan lainnya. Perlakuan padat tebar 80 ekor dengan 110 ekor tidak berbeda nyata tetapi berbeda dengan padat tebar 140 ekor

Pada umumnya sintasan cukup baik dalam penelitian ini dan rendahnya sintasan pada perlakuan 140 ekor/wadah dikarenakan padat tebar yang tinggi hal ini kemungkinan adanya persaingan tempat dan pakan dalam hal ini bisa menyebabkan kematian yang akhirnya menyebabkan sintasan rendah. Hasil penelitian lebih baik dibanding hasil penelitian Siti Subandiyah (2011) sintasan ikan pelangi kuromoi berkisar 42-57% pendederan ikan pelangi kuromoi yang dipelihara jaring yang dipasang di kolam.

Sintasan mempunyai kecenderungan makin tinggi padat penebaran sintasan yang diperoleh semakin tinggi dalam hal ini termasuk komoditas udang vanamei (Hendrajat E.A 2007) dan udang galah (Hadie W, 2008). Walaupun demikian mempunyai batas toleransi kepadatan yang layak untuk budidaya.

Produksi Moina

Moina biasanya diberikan pada ikan ukuran 10 hari hingga 2 bulan. Moina yang tumbuh di kolam sebagai pakan ikan. Penelitian ini ikan tidak diberi pakan tambahan selama satu bulan pemeliharaan dan hanya mengandalkan dari Moina yang tumbuh di kolam. Selama penelitian produksi Moina setiap hari 2,5-5 gr selama satu bulan selanjutnya produksi moina sudah mengalami penurunan sehingga ikan diberi pakan pellet sebanyak 5% dari berat badan.

Kualitas Air

Tabel 5. Untuk parameter oksigen terlarut (DO) mempunyai nilai kisaran relatif rendah yaitu berkisar 2,1-7 mg/L. Nilai terendah dilakukan pada saat analisis pertama hal ini kemungkinan oksigen dibutuhkan untuk respirasi bagi organisme air (bakteri) dalam proses perombakan bahan organik dari pupuk. Selanjutnya analisis kedua dan ketiga nilai oksigen terlarut dalam air 7 mg/L. Menurut Effendi (2003) Bahwa oksigen terlarut dalam air sebaiknya berkisar 6-8 mg/L. Secara umum parameter kualitas mempunyai nilai kisaran layak untuk pemeliharaan ikan.

Tabel 5. Kualitas air selama penelitian

Parameter	Perlakuan padat tebar			
	50 ekor	80 ekor	110 ekor	140 ekor
Suhu	27-28	27-28	27-28	27-28
PH	6,5-7	6,5-7	6,5-7	6,5-7
CO ₂	7,99	7,99	7,99	7,99
DO	2,1-7	2,1-7	2,1-7	2,1-7
Alkalinitas	22,65-33,98	22,65-33,98	22,65-33,98	22,65-33,98
Kesadahan	52,69-66,55	52,69-66,55	52,69-66,55	52,69-66,55
NH ₃	0,0005-0,0014	0,0005-0,0015	0,0005-0,0016	0,0005-0,0019
NO ₂	0,00037-0,0064	0,00037-0,0066	0,00037-0,0069	0,00037-0,007

KESIMPULAN

Padat tebar yang terbaik adalah 110 ekor /wadah dengan rata-rata bobot ikan 0,47 gr, panjang total 3,24 cm, panjang standart 2,72 dan sintasan 97,67 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R dan U. M. Tang. 2002. Fisiologi hewan air. Unri Press, Riau, 217 hal.
- Daelami, D.A.S, 2001. Usaha pembenihan ikan hias air tawar. Penebar Swadaya (anggota IKAPI). Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Jurusan MSP FPIK IPB. Bogor.
- Hadie W dan Lies Emmawati 2008. Korelasi Padat Tebar dan Debit Air Dalam Teknik Pendederan Benih Udang Galah (*Macrobrachim rosenbergii*) secara intensif

Hendrajat E.A.dan Markus Mangampa.2007. Pertumbuhan dan Sintasan Udang Vanamei Pola Tradisional Plus Dengan kepadatan Berbeda. Jurnal Riset Akuakultur Volume 2 Nomor 2 Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta. 288 Hal

Prihandani E. 2009. Pembenuhan ikan pelangi (*Melanotaenia spp*) asal Sungai Sawiat Papua di Loka Riset Budidaya Ikan Hias Air Tawar Depok Laporan Praktek Kerja lapang. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Jatinangor.

Sachlan M.1981. Planktonologi. Fakultas Peternakan dan Perikanan. UNDIP. Semarang.

Subandiyah S. 2010. Pemeliharaan Larva Ikan Hias Pelangi Asal Danau Kuromoi umur 7 hari dengan pakan alami. Proseding Seminar Nasional Biologi UGM Yogyakarta.

Subandiyah S, Sulasy R dan Rina Himawati. Pengamatan pemeliharaan 3 jenis benih ikan pelangi asal papau pada jarring di kolam. Proseding Fita Pusat Penelitian dan Pengembangan Budidaya. Jakarta 545 hal.

Tappin, A.R., 2010. Pelangi Fishes: Their care & keeping in capacity. Pelangi fishes@ptunesnet.com.av. Copyright.

LAJU PEMANGSAAN FITOPLANKTON OLEH *Daphnia magna*

**Tjandra Chrismadha, Fachmijani Sulawesti, Awalina, Mey R. Widoretno, Yayah
Mardiati, Dian Oktaviani, Deni Hadiansyah**

*Puslit Limnologi LIPI, Kompleks LIPI Cibinong, Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong
Telp. 021 8757071, Faks. 021 8757076, email: tjandra@limnologi.lipi.go.id*

ABSTRAK

*Percobaan untuk mengukur laju pemangsaan fitoplankton oleh *Daphnia magna* pada sekala laboratorium telah dilakukan pada 12 buah akuarium berukuran 40x10x40 cm³ yang diisi air hijau sebanyak 12 L dari kolam beton yang dipupuk oleh pupuk organik, dan diaerasi untuk pengadukan dan suplai oksigen. Perlakuan yang diberikan adalah tingkat kepadatan mulai dari 0 (kontrol), 100, 200, 400, 800, dan 1600 ekor/akuarium. Pengamatan dilakukan selama 3 hari berturut-turut terhadap parameter klorofil dan bahan organik total (TOM; total organic matter) dalam air untuk mewakili kepadatan fitoplankton dalam air. Laju pemangsaan fitoplankton oleh *Daphnia magna* selanjutnya dihitung berdasarkan laju penurunan kandungan klorofil dalam akuarium-akuarium tadi. Hasil percobaan memperlihatkan penurunan kandungan klorofil dan TOM dalam air selama masa pengamatan. Laju pemangsaan fitoplankton oleh *daphnia* berkisar 0,0066 – 0,02325 g/ekor/hari, dan bila diasumsikan kandungan klorofil adalah 1% dari berat biomassa fitoplankton, angka laju pemangsaan ini setara dengan 1,2 – 4,1 % dari berat tubuh *daphnia*.*

Kata kunci: *Pemangsaan, fitoplankton, klorofil, zooplankton, *Daphnia magna**

PENDAHULUAN

Dalam jejaring makanan zooplankton terutama berperan penting sebagai konsumen tingkat pertama yang mengkonversi biomassa dari berbagai mikroorganisme menjadi berbentuk lebih besar dan tersedia untuk hewan konsumen tingkat berikutnya. Keberadaan zooplankton dalam ekosistem perairan sering dikaitkan dengan komunitas fitoplankton sebagai sumber pakannya. Akan tetapi hingga saat ini pemahaman tentang hubungan fungsional antar kedua kelompok trofik ini masih belum sepenuhnya difahami. Hal ini disebabkan oleh kompleksitas hubungan antar komponen ekosistem perairan alami, terutama hubungan kompetisi dan pemangsaan yang menyebabkan hubungan spesifik antar dua kelompok populasi sulit diukur. Kompleksitas hubungan kedua kelompok trofik ini tercermin dari berbagai laporan hasil penelitian yang telah dilakukan. Sebagai contoh Lau & Lane (2002) memberikan gambaran intervensi kehadiran makrofita terhadap hubungan zooplankton-fitoplankton di suatu perairan dangkal, dimana kehadiran tumbuhan air memberikan perlindungan kelompok zooplankton terhadap predator, namun pada saat yang bersamaan menjadi kompetitor bagi pertumbuhan fitoplankton. Sementara Ha & Hanazato (2009) melaporkan

terjadinya kompetisi antar jenis zooplankton yang intensitasnya terkait dengan laju pemangsaan kelompok zooplankton ukuran besar oleh ikan planktivora. Demikian juga dinamika komunitas baik zooplankton dan fitoplankton yang dipengaruhi oleh musim dan ketersediaan unsur hara telah dilaporkan mempengaruhi tingkat hubungan kedua kelompok biota perairan tersebut (Vanni & Temte, 1990). Selain itu masih banyak fenomena lain yang telah dikaitkan dengan intensitas hubungan kedua kelompok biota tersebut, mulai dari tingkat kepadatan populasi, musim, stratifikasi suhu, serta perilaku metabolisme internal terkait siklus nutrisi (Sarnelle, 2003; Head & Harris, 1996; Lampert & Grey, 2003; Grigorczyk et al., 1998; Rothhaupt, 1997; Plath 1998). Hal di atas masih ditambah dengan kenyataan bahwa kelompok zooplankton mempunyai pilihan jenis pakan yang luas, mulai dari bakteri, fungi, hingga berbagai bahan detritus ((Peterson et al., 1978; Mitchell, et al., 1991; Sterner, 1993; Jotaro, et al., 1997; Heugens, et al., 2006; Lurling, 2003). Lotocka (2001) dan Mohammed (2001) melaporkan adanya sifat racun beberapa jenis fitoplankton, terutama dari kelompok alga biru terhadap jenis *Daphnia magna*, yang juga memberikan implikasi pentingnya memperhatikan hubungan antar jenis secara lebih spesifik.

Pemahaman mekanisme hubungan fungsional antar kelompok trofik, khususnya zooplankton-fitoplankton sangat penting sebagai dasar pengelolaan lingkungan dan produktivitas perairan darat. Seperti dilaporkan oleh Pinto-Coelho et al. (2003) dan Zhen et al. (2009) kemampuan kelompok kladoseira besar untuk membersihkan populasi padat fitoplankton dan menekankan potensi kelompok hewan ini sebagai agen biomanipulasi untuk menjernihkan air. Demikian juga berbagai jenis zooplankton telah diketahui memegang peranan penting sebagai pakan alami dalam kegiatan pembenihan ikan konsumsi dan ikan hias air tawar (Mujiman, 2011; Rellstab & Spaak, 2006; Morris & Mischke, 1999). Pemahaman hubungan trofik zooplankton-fitoplankton juga dapat membantu dalam optimasi proses budidaya zooplankton untuk keperluan anakan ikan pada kegiatan budidaya perikanan.

Pada penelitian ini telah telah dikaji hubungan trofik zooplankton-fitoplankton melalui pengukuran laju pemangsaan fitoplankton dari perairan kolam oleh zooplankton - diwakili oleh *Daphnia magna*, pada skala laboratorium dengan mengeliminasi kompleksitas faktor-faktor lain yang mempengaruhinya. Dengan demikian hubungan pemangsaan zooplankton-fitoplankton dapat terukur, khususnya pada jenis biota uji

Daphnia magna di atas, dan diharapkan dapat memberikan sumbangan untuk melengkapi informasi hubungan antara kedua kelompok trofik ini.

METODE

Fitoplankton disiapkan dalam akuarium kaca berukuran 20x20x100 cm³ yang diisi air dan dipupuk bahan organik berupa kotoran ayam sebanyak 2,5 g/L, dilengkapi dengan aerasi untuk pengadukan dan dibiarkan di bawah atap polikarbonat semi-transparan hingga airnya terlihat berwarna hijau.

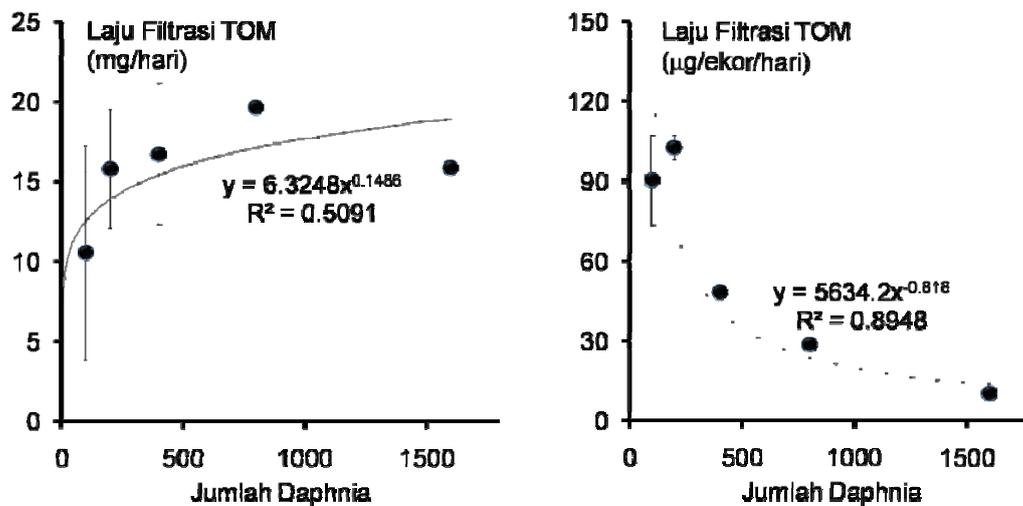
Biota uji *Daphnia magna* didapat dari koleksi Lab Planktonologi Pusat Penelitian Limnologi – LIPI. Stok daphnia ini dipelihara di ruang laboratorium dengan atap polikarbonat semi-transparan pada bak konikal volume 700 L dengan media air PDAM yang dipupuk dengan bahan organik secara rutin, serta diberi aerasi untuk pengadukan air dan suplai oksigen. Sebelum percobaan daphnia diadaptasikan pada air hijau berisi fitoplankton yang telah disiapkan di atas selama 2 hari dan selanjutnya dipilih individu dewasa sejumlah yang diperlukan untuk percobaan.

Percobaan dilakukan pada 12 buah akuarium berukuran 40x10x40 cm³ yang diisi air hijau sebanyak 12 L dan diaerasi untuk pengadukan dan suplai oksigen. Akuarium-akuarium uji ini diletakan di ruang laboratorium dengan sinar matahari tidak langsung dengan ventilasi yang baik. Suhu ruang uji berkisar 26 – 32 oC, sementara pH air 7,6 – 7,9 dan oksigen terlarut 5,3 – 5,8 ppm. Perlakuan yang diberikan adalah tingkat kepadatan daphnia mulai dari 0 (kontrol), 100, 200, 400, 800, dan 1600 ekor/akuarium. Pengamatan dilakukan selama 3 hari berturut-turut terhadap parameter klorofil dan bahan organik total (TOM; *total organic matter*) dalam air untuk mewakili kepadatan fitoplankton dalam air. Kedua parameter pengamatan ini dianalisis sesuai dengan metode standar APHA (1998). Laju pemangsaan fitoplankton oleh *Daphnia magna* selanjutnya dihitung berdasarkan laju penurunan kandungan klorofil dan TOM dalam akuarium-akuarium tadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Terjadi penurunan kandungan TOM dalam air selama masa pengamatan, yang merupakan indikasi terjadinya proses filtrasi bahan organik dalam air oleh populasi

daphnia. Laju filtrasi harian total bahan organik cenderung meningkat sejalan dengan kepadatan kultur daphnia, yaitu dari 10,56 mg/hari pada kepadatan 100 ekor hingga 19,64 mg/hari pada kepadatan 800 ekor. Akan tetapi bila dihitung laju filtrasi bahan organik harian per ekor daphnia, terlihat pola penurunan secara logaritmik sejalan dengan kepadatan kulturnya. Hal ini dapat dikaitkan dengan terjadinya peningkatan kompetisi antar individu pada kepadatan tinggi serta ketersediaan bahan organik yang terbatas.

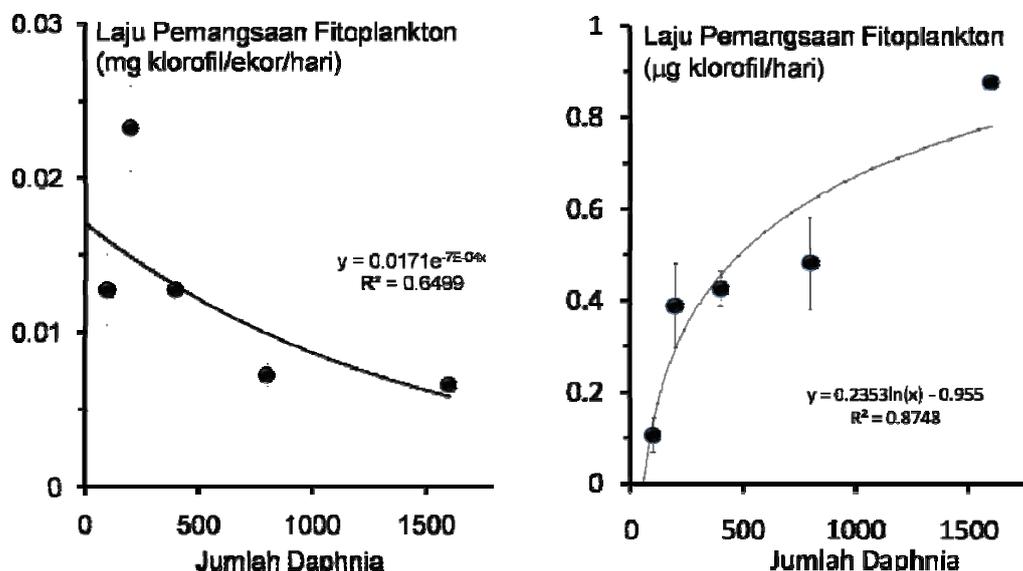


Gambar 1. Laju filtrasi TOM oleh *Daphnia magna* pada berbagai kepadatan

Selama masa pengamatan juga terjadi penurunan kandungan klorofil dalam air selama masa pengamatan. Penurunan kandungan klorofil dalam air media merupakan indikasi langsung terjadinya pemangsaan fitoplankton oleh daphnia. Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa pada proses pemangsaan ini degradasi klorofil terjadi pada fase awal pencernaan, sehingga klorofil tidak ditemukan sama sekali pada feses berbagai jenis kladosea yang diamati (Head & Harris, 1996; Pandolfini, et al., 2000; Thys, et al., 2003). Dengan demikian perubahan kandungan klorofil dalam media dapat dianggap akibat proses pemangsaan fitoplankton oleh daphnia secara keseluruhan.

Pola hubungan kepadatan populasi daphnia dengan laju pemangsaan fitoplankton relatif sama dengan pola filtrasi bahan organik, dimana jumlah fitoplankton yang dimangsa per hari oleh populasi daphnia meningkat seiring dengan kepadatan kultur, namun laju pemangsaan hariannya cenderung menurun pada kepadatan tinggi, yang juga disebabkan oleh tingkat kompetisi yang semakin meningkat atau ketersediaan

fitoplankton yang semakin terbatas. Hampir sejalan dengan hasil penelitian ini, Sarnelle (2003) melaporkan tingkat pemangsaan yang tinggi populasi fitoplankton oleh daphnia pada kepadatan rendah dan tingkat pemangsaan ini menurun drastis pada tingkat kepadatan daphnia yang tinggi. sementara itu, Zhen, *et al.* (2009) mengamati kemampuan daphnia untuk menurunkan populasi fitoplankton hingga 83% yang selaras dengan turunnya kandungan klorofil sebesar 81%, dalam air danau yang mendapat perlakuan biomanipulasi *Daphnia carinata*. Laju pemangsaan fitoplankton oleh daphnia pada penelitian ini berkisar 0,0066 – 0,02325 μ g klorofil/ekor/hari, dan bila diasumsikan kandungan klorofil adalah 1% dari berat biomassa fitoplankton, angka laju pemangsaan ini setara dengan 1,2 – 4,1 % dari berat tubuh daphnia.



Gambar 2. Laju pemangsaan fitoplankton oleh *Daphnia magna* pada berbagai kepadatan

Hubungan trofik daphnia-fitoplankton dari hasil penelitian ini mempertegas potensi peran daphnia sebagai pengendali ledakan populasi fitoplankton di perairan alami. Seperti dilaporkan oleh Meijer, *et al.* (1999) stimulasi pertumbuhan populasi daphnia melalui kontrol kepadatan ikan pemangsanya sangat efektif dalam upaya menjernihkan perairan danau, meskipun perlu juga diperhatikan aspek perkembangan populasi daphnia yang tidak stabil (Pinto-Coelho, 2003) sehingga waktu siklus unsur nutrisi menjadi lebih yang pendek dan memberikan resiko ledakan populasi fitoplankton yang berulang. Hubungan trofik daphnia-fitoplankton juga memberikan potensi pengelolaan produksi biomassa daphnia yang banyak dimanfaatkan sebagai

pakan alami pada pembenihan ikan dengan mengontrol kesuburan air dan perkembangan populasi fitoplankton di dalam media kulturnya.

KESIMPULAN

Hasil percobaan ini memperlihatkan hubungan trofik, yaitu hubungan mangsa-pemangsa antara fitoplankton sebagai organisme produsen dan daphnia sebagai organisme konsumen tingkat pertama. Laju pemangsaan fitoplankton oleh daphnia sangat dipengaruhi oleh ukuran kepadatan populasi hewan air tersebut, berkisar 1,2 – 4,1 % dari berat tubuh daphnia

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapat dukungan dana dari Program Peningkatan Kinerja Peneliti dan Perakayasa (PKPP) Kementerian Riset dan Teknologi tahun 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Washington DC: 1231 pp.
- Grigorszky, I., S. Nagy, A. Toth, C. Mathe, Z. Muller and G. Borbely. 1998. Effect of large- and of small-bodied zooplankton on phytoplankton in a eutrophic oxbow. *Journal of Plankton Research*. 20(10): 1989-1995.
- Ha, J-Y. & T. Hanazato. 2009. Role of interference from *Daphnia* and predation by cyclopoid copepods in zooplankton community structure: experimental analysis using mesocosms. *Plankton and Benthos Research*. 4(4): 147–153.
- Head, E.J.H., & L.R. Harris. 1996. Chlorophyll destruction by *Calanus* spp. grazing on phytoplankton: kinetics, effects of ingestion rate and feeding history, and a mechanistic interpretation. *Marine Ecology Progress Series*. 135: 223-235.
- Heugens, E.H.W., L.T.B. Tokkie, M.H.S. Kraak, N.M. van Straalen, & W. Admiraal. 2006. Population growth of *Daphnia magna* under multiple stress conditions: Joint effects of temperature, food, and cadmium. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(5): 1399-1407.
- Jotaro, U., J. Clsen, & R.W. Sterner. 1997. Phosphorus limitation of *Daphnia* growth: is it real? *Limnology and Oceanography*, 42(6): 1436-1443.

- Lampert, W. & J. Grey. 2003. Exploitation of a deep-water algal maximum by *Daphnia*: a stable-isotope tracer study. *Hydrobiologia*. 500: 95–101.
- Lau, S.S.S. & S.N. Lane. 2002. Nutrient and grazing factors in relation to phytoplankton level in a eutrophic shallow lake: the effect of low macrophyte abundance. *Water Research*. 36: 3593–3601.
- Lotocka, M. 2001. Toxic effect of cyanobacterial blooms on the grazing activity of *Daphnia magna* Straus. *Oceanologia*. 43(4): 441–453.
- Lurling, M. 2003. *Daphnia* growth on microcystin-producing and microcystin-free *Microcystis aeruginosa* in different mixtures with the green alga *Scenedesmus obliquus*. *Limnology and Oceanography*, 48(6): 2214-2220.
- Meijer, M-L., I. de Boois, M. Scheffer, R. Portielje, and H. Hoser. 1999. Biomanipulation in shallow lakes in The Netherlands: an evaluation of 18 case studies *Hydrobiologia*. 408/409: 13–30.
- Mitchell, S.F., F.R. Trainor, P.H. Rich, & C.E. Goulden. 1991. Growth of *Daphnia magna* in the laboratory in relation to the nutritional state of its food species, *Chlamydomonas reinhardtii*. *Journal of Plankton Research*, 14 (3): 379-391.
- Mohamed, Z.A. 2001 Accumulation of cyanobacterial hepatotoxins by daphnia in some Egyptian irrigation canals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 50, 4-8.
- Morris, J. E. & C. C. Mischke. 1999. *Plankton Management for Fish Culture Ponds*. Department of Animal Ecology, Iowa State University, Ames, IA.
- Pandolfini, E., I. Thys, B. Leporcq, and J.-P. Descy. 2000. Grazing experiments with two freshwater zooplankters: fate of chlorophyll and carotenoid pigments. *Journal of Plankton Research*. 22(2): 305–319.
- Peterson, B.J., J.E. Hobbie, and J.F. Haney. James F. Haney 1978. *Daphnia* grazing on natural bacterial. *Limnology and Oceanography*. 23(5): 1039-1044.
- Pinto-Coelho, R.M., J.F. Bezerra-Neto, A. GIANI, C.F. MACEDO, C.C. FIGUEREDO, and E.A. CARVALHO. 2003. The collapse of a *Daphnia laevis* (Birge, 1878) population in Pampulha reservoir, Brazil. *Acta Limnology Brazilian*. 15(3):53-70.
- Plath, K. 1998. Adaptive feeding behavior of *Daphnia magna* in response to short-term starvation. *Limnology and Oceanography*. 43(4): 593-599.
- Rellstab, C. & P. Spaak. 2009. Lake origin determines daphnia population growth under winter conditions. *Journal of Plankton Research*, 31(3): 261-271.
- Rothhaupt, K.O. 1997. Grazing and nutrient influences of *Daphnia* and *Eudiaptomus* on phytoplankton in laboratory microcosms. *Journal of Plankton Research*. 19(1): 125-139.

- Sarnelle, O. 2003. Nonlinear Effects of an Aquatic Consumer: Causes and Consequences. *The American Naturalist*. 161(3): 478-496.
- Sterner, R.W. 1993. *Daphnia* growth on varying quality of *Scenedesmus*: Mineral limitation of zooplankton. *Ecology*, 74:2351–2360.
- Thys, I., B. Leporcq, and J-P. Descy. 2003. Seasonal shifts in phytoplankton ingestion by *Daphnia galeata*, assessed by analysis of marker pigments. *Journal of Plankton Research*. 25(12): 1471–1484.
- Vanni, M.J. and J. Temte. 1990. Seasonal patterns of grazing and nutrient limitation of phytoplankton in a eutrophic lake. *Limnology and Oceanography*. 10(3): 697-709.
- Zhen, Z., C. Feizhou, Z. Wanping, and L. Zhengwen. 2009. Effects of *Daphnia carinata* grazing on the phytoplankton of Lake Xuanwu, Nanjing. *Journal of Lake Science*. 21(3): 415-419.

POTENSI PENGEMBANGAN UDANG HIAS ASAL DANAU MALILI, SULAWESI SELATAN

I Wayan Subamia, Yogi Himawan

Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias

Jl. Perikanan No.13, Pancoran Mas, Depok

Email : yogihimawan@yahoo.com

ABSTRAK

*Indonesia memiliki keragaman ikan hias yang sangat tinggi dan potensial untuk dikembangkan, salah satunya adalah udang hias. Salah satu daerah yang terkenal dengan potensi udang hiasnya adalah Sulawesi, khususnya di kawasan danau Malili. Keunggulan udang hias terletak pada variasi dan pola warna yang mencolok sehingga memiliki nilai jual yang tinggi. Penelitian dan pengembangan udang hias perlu dilakukan untuk menjaga kelestarian spesies endemik dan ekologi danau serta dapat menjadi dasar pengelolaan sumberdaya perikanan yang berkelanjutan. Selain hal tersebut, diharapkan pengembangan udang hias tidak hanya mengandalkan dari tangkapan alam akan tetapi berasal dari budidaya sehingga populasi dan keragamannya tetap lestari. Informasi menunjukkan bahwa keragaman udang hias Indonesia khususnya dari Danau Malili sangat potensial untuk dikembangkan dan dapat menjadi salah satu komoditas andalan dalam bidang ikan hias. Beberapa spesies yang terdapat di Danau Malili antara lain *Caridina spongicola*, *C. spinata*, *C. profundicola*, *C. parvula*, *C. lingkonae*, *C. striata* dan lain-lain*

KATA KUNCI : *Udang hias, danau malili, komoditas ikan hias.*

PENDAHULUAN

Danau Malili sebenarnya bisa dikatakan suatu kompleks (*Malili Lake Complex*) karena terdiri dari 5 danau besar dan kecil. Yang pertama adalah Danau Matano yang merupakan sebuah danau tektonik purba yang terbentuk dari aktifitas pergerakan lempeng kerak bumi pada akhir masa Pliosen sekitar 1-4 juta tahun yang lalu (Haffner *et al.* 2001). Posisi danau ini tepat berada di atas zona patahan/sesar aktif yang disebut “patahan Matano” (Ahmad, 1977). Selain danau Matano, di sekitar zona sesar ini juga terbentuk dua danau besar; Mahalona dan Towuti serta dua danau satelit yang ukurannya jauh lebih kecil, yaitu Wawantoa/Lantoa dan Masapi. Sistem danau Malili dihubungkan oleh jaringan sungai yang bermuara ke Teluk Bone (Gambar 1). Danau Matano-Mahalona dihubungkan oleh sungai Petea (sepanjang 9,5 km-selisih elevasi 72 m). Mahalona-Towuti dihubungkan oleh sungai Tominanga (selisih elevasi 17 m). Towuti-Wawantoa/Lantoa juga dihubungkan oleh sebuah sungai yang posisi tepatnya masih diperdebatkan. Satu-satunya danau yang tidak memiliki hubungan dengan danau lainnya adalah danau Masapi. Danau yang bentuknya menyerupai kawah ini memiliki aliran sungai tersendiri yang akan menyatu dengan sungai Larona sebelum bermuara ke

teluk Bone. Sistem danau juga dikelilingi oleh daerah perbukitan yang berhutan cukup lebat. Sungai-sungai kecil banyak ditemukan di kaki bukit dan umumnya mengalir menuju danau. Dengan demikian, sungai-sungai kecil tersebut berperan sebagai penyuplai air (*river inlet*) bagi danau. Dasar danau Matano umumnya terdiri dari lapisan lumpur tipis atau bongkahan batu berukuran besar.



Gambar 1. Peta Topografi Kompleks Danau Malili. Garis kuning menunjukkan sistem sungai yang menghubungkan masing-masing danau dan menjadi satu sebelum bermuara ke Teluk Bone. Garis putih menunjukkan sungai penyuplai air (*river inlet*). Dari peta topografi di atas terlihat bahwa seluruh danau dikelilingi oleh bukit-bukit dengan ketinggian 500-700 m. Sumber : Wikipedia.

Adapun profil dari danau-danau yang termasuk dalam Kompleks Danau Malili dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Profil Kompleks Danau Malili.

Parameter	Matano	Mahalona	Towuti	Wawantoa	Masapi
Luas Area (km ²)	164	24.4	561.1	1.6	2.2
Ketinggian (m dpl)	382	310	283	586	434
Kedalaman Maksimum (m)	590	73	203	3	4

Kompleks danau ini, secara keseluruhan ataupun sebagian besar kawasan inti sistemnya berada dalam wilayah administratif pemerintahan daerah Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, yang secara kelakar sering dimudahkan orang dengan sebutan daerah di “kawasan selangkangan” Pulau Sulawesi. Selain dari Danau Matano,

yang luasnya 16.408 hektare, juga dikenal sebagai danau terdalam kedelapan di dunia dan danau terdalam di Asia Tenggara, terdapat Danau Mahalona dengan luas 2.440 hektare, serta Danau Towuti dengan luas 56.108 hektare atau danau terluar kedua di Indonesia.. Ketiganya merupakan ekosistem air tawar yang mengalir ke Sungai Larona dan Malili. Ada dua danau kecil lain dalam kawasan yang sama tersebut, yakni Danau Massapi dan Danau Wawantoa. Letaknya berada pada sisi timur wilayah kabupaten, membujur dari arah Barat Laut hingga ke Tenggara. Kompleks Danau Malili, akhir-akhir ini ramai diakui dunia sebagai kawasan yang menyimpan sejumlah fenomena keunikan geologi, keragaman hayati, budaya, peninggalan arkeologi dan panorama.

Sejumlah rujukan pada sejumlah studi sebelumnya, telah menambah daftar keunikan hayati wilayah ini, terutama setelah mencermati adanya temuan yang diproklamirkan kira-kira 150 tahun silam oleh Alfred Russel Wallace, seusai melakukan perjalanan ilmiah di Nusantara, yang dikenal dengan Garis Wallacea (*Wallacea Lines*), berupa adanya garis maya yang membagi wilayah fauna bagian barat dan timur melalui laut dalam. Menurut pandangannya, sejumlah hewan di wilayah ini tidak ditemukan di kawasan daratan Asia dan Australia. Dia membuat garis imajiner dari utara di sebelah timur Filipina melalui Selat Makassar sampai selatan antara Pulau Bali dan Lombok. Sebanyak 125 ribu spesimen dikumpulkan Wallace selama penelitiannya di Nusantara dari 1854 sampai 1862. Hasil perjalanannya itu ditulis dalam buku berjudul *The Malay Archipelago*. Berdasarkan data fauna, dia menamainya sebagai Kawasan Wallacea atau *Wallacea Region*. Perhatian mengenai kawasan “Kompleks Danau Malili”, ternyata tidak hanya terhenti sampai di situ. Sejumlah kekayaan biologi telah menarik minat peneliti untuk melakukan penelitian lapangan lanjutan sejak tahun 1980-an hingga sekarang di Danau-danau yang termasuk dalam kawasan Malili (Matano, Mahalona, Towuti, Massapi dan Wawantoa). Dalam laporan Douglas Haffner, ahli limnologi dari Kanada, disebut juga sejumlah keunikan bahwa tidak seperti umumnya danau-danau purba lain yang memiliki spesies endemik sebanyak 40-50%, lebih dari 90% spesies di Danau Matano adalah spesies endemik, yang berarti bahwa spesies itu hanya ditemukan di tempat tersebut, tidak ditemukan di tempat lainnya. Yang menarik adalah spesies endemik di ketiga danau purba tersebut masing-masing unik dan berbeda.

Salah satu spesies endemik yang berada di kompleks Danau Malili adalah udang hias, terutama dari genus *caridina*. Beberapa spesies yang bisa dijumpai adalah

Caridina spongicola, *C. spinata*, *C. profundicola*, *C. parvula*, *C. lingkonae*, *C. striata* dan lain-lain. Udang hias yang berukuran rata-rata 2,5-3 cm tersebut memiliki warna yang indah dan kontras sehingga cocok untuk dijadikan komoditas ikan hias andalan Indonesia. Udang-udang hias asal Sulawesi memang terkenal bercorak indah. Salah satu yang cukup terkenal adalah *Caridina spongicola* atau disebut juga *Celebes beauty*. Selain itu *red orchid bee* yang memiliki corak kombinasi garis dan titik. Selain itu, kakinya belang-belang dan merah marun dan putih. Di luar itu masih ada *half back bee* yang mirip *six banded bee*. *Half back bee* memiliki karapas punggung putih mulus dari ujung kepala sampai ekor. Pada *six banded bee* corak putih berupa 6 garis lurus horizontal. Beberapa udang hias baru juga terekspos oleh kolektor udang hias mancanegara. Sebut saja *red nose* alias pinokio (*Caridina gracilirostris*). Tubuhnya ramping dengan rostrum, bagian di kepala menyerupai hidung, panjang berwarna merah sehingga mendapat julukan si pinokio.

Namun demikian, seiring meningkatnya permintaan akan udang hias memaksa meningkatnya penangkapan udang tersebut dari habitat aslinya sehingga keberadaan udang hias asli dari Danau Malili tersebut terancam. Badan Konservasi Sumber Daya Alam, menyebutkan, saat ini terdapat 12 spesies hidup di kompleks Danau Malili yang dikategorikan habitat langka karena tidak terdapat di daerah lain, salah satunya adalah Udang Hias. Dikhawatirkan penangkapan yang berlebih akan merusak ekosistem kompleks danau dan menjadikan udang hias dari danau tersebut tinggal namanya saja tanpa dibarengi usaha untuk budidayanya. Berdasarkan hal tersebut di atas, perlu kiranya dilakukan eksplorasi seberapa besar potensi udang hias dari Danau Malili sehingga selanjutnya bisa dilakukan langkah-langkah pelestariannya melalui usaha budidaya.

BAHAN DAN METODE

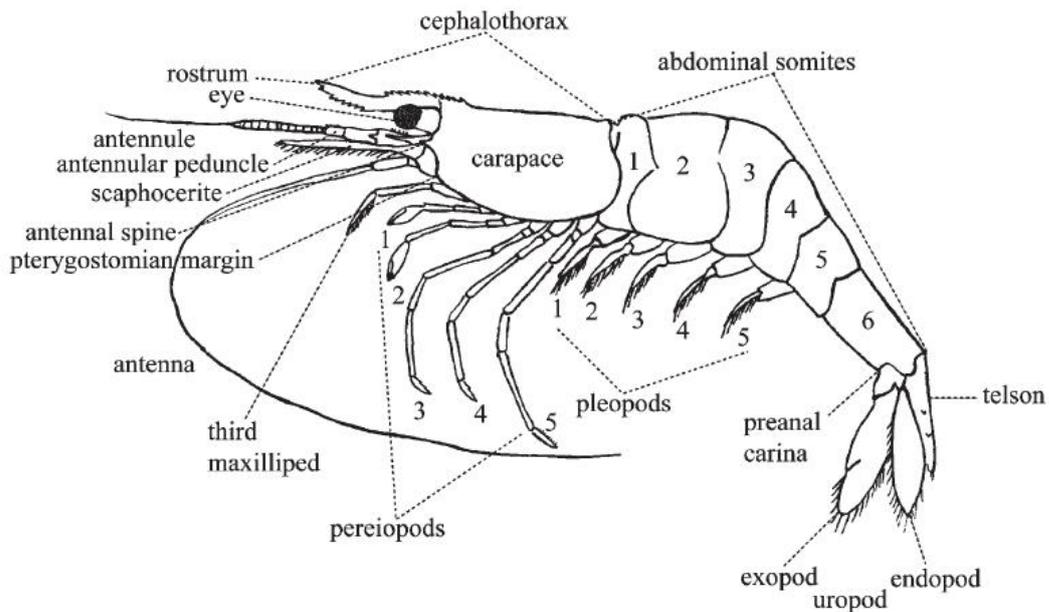
Penelitian menggunakan metode studi pustaka dan dijelaskan secara deskriptif. Pembahasan dilakukan berupa review dan beberapa hasil penelitian udang hias yang sudah dilakukan di Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Udang hias Danau Malili

Menurut Herder *et al.* (2006), Fritz dan Paul Sarasin, geologis dan naturalis berkebangsaan Swiss adalah dua orang barat pertama yang menjelajahi danau Matano dan Towuti pada tahun 1896. Mereka juga orang pertama yang membuat peta danau dan mengumpulkan koleksi ikan endemik danau Matano dan Towuti yang kemudian dilaporkan oleh Boulenger (1897). Geografer dan Geologis berkebangsaan Belanda, E. C. Abendanon, melakukan penjelajahan di danau Matano dan Towuti dan kemudian “menemukan” tiga buah danau lainnya yang berukuran lebih kecil, yaitu: Mahalona, Wawontoa/Lantoa dan Masapi pada tahun 1909. Abendanon juga membuat peta dan deskripsi yang detail dari seluruh danau yang ada. Penelitian terakhir yang dilakukan terhadap sampel air oleh Giesen *et al.* (1991) dan penelitian limnologi oleh Haffner *et al.* (2001), menunjukkan bahwa seluruh danau yang ada di kompleks danau Malili tergolong danau Ultra-Oligotrofik. Perbedaan ketinggian dari tiap-tiap danau, menyebabkan dimungkinkannya aliran air dari danau yang letaknya lebih tinggi menuju ke danau yang lebih rendah. Matano yang letaknya lebih tinggi bertindak sebagai hulu bagi ketiga danau terbesar. Sedangkan Towuti yang letaknya paling rendah menjadi daerah hilirnya. Perbedaan elevasi juga menjadi penghalang (*barrier*) bagi migrasi organisme antar danau terutama dari arah hilir menuju hulu. Hal ini menimbulkan pola penyebaran/distribusi organisme yang unik, dimana beberapa danau memiliki spesies endemiknya sendiri (yang tidak dimiliki oleh danau lainnya) walaupun letak danau-danau tersebut saling berdekatan.

Berdasarkan karakteristik kompleks danau malili yang unik di atas, beberapa spesies udang hias yang hidup memiliki perbedaan morfologi terutama pada bagian rostrum, uropod dan pola warnanya. Morfologi udang hias asal danau Malili secara umum terutama dari genus *Caridina* ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Morfologi umum udang hias genus *caridina* (Modifikasi dari Holthuis,1955)

Berdasarkan informasi ekologi dan biota endemik yang terdapat di kompleks danau Malili cukup besar, perlu bagi kita untuk mengetahui beberapa spesies udang hias endemik yang berada di kawasan tersebut sebagai dasar acuan pelestariannya melalui teknologi budidaya. Tingginya varietas udang hias, terutama dari genus *Caridina*, di danau tersebut mencerminkan besarnya potensi udang hias yang bisa dikembangkan kedepannya sehingga produksi udang hias Indonesia bisa meningkat khususnya melalui budidaya. Beberapa spesies udang hias asal Danau Malili ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesies udang hias asal danau Malili, Sulawesi Selatan

No	Gambar/Spesies
1	
	<i>Caridina spongicola</i>
	
	<i>Caridina dennerli</i>
	
	<i>Caridina glaubrechtii</i>
	
	<i>Caridina holthuisi</i>
	
	<i>Caridina lanceolata</i> woltereck

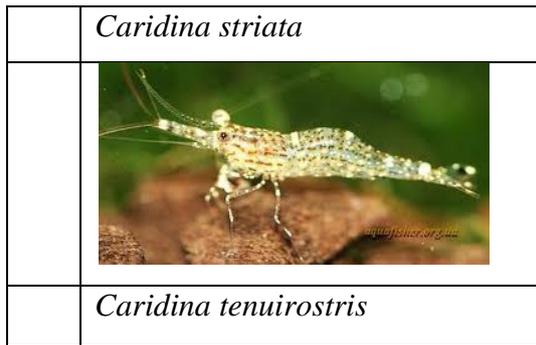

<i>Caridina lingkonae</i> woltereck

<i>Caridina loehae</i> Woltereck

<i>Caridina masapi</i>

<i>Caridina profundicola</i>

<i>Caridina spinata</i>

Sumber : Rin&Cai (2009)

Dari beberapa spesies udang hias endemik danau Malili terdapat spesies yang masuk kategori baru, diantaranya *Caridina dennerli*, *C. glaubrechti*, *C. holthuisi*, *C. parvula*, *C. profundicola*, dan *C. striata*. Keberadaan spesies baru tersebut melengkapi spesies yang sudah ditemukan sebelumnya.

Upaya pelestarian

Perairan tropis di sekitar wilayah Indonesia merupakan pusat keanekaragaman hayati (*biodiversity*) di dunia. Banyak sungai dan danau merupakan habitat asli ikan Indonesia (*endemic species*). Sebagaimana dimaklumi sumberdaya genetik telah lama dimanfaatkan secara terus-menerus dan bahkan meningkat eksploitasinya untuk perdagangan. Pada tingkat global, kurang lebih tiga perempat dari spesies yang belum diketahui hilang dari beberapa pulau yang terisolasi (WCMC, 1992). Dewasa ini telah muncul kesadaran dari banyak lembaga konservasi terhadap kegiatan yang sedang berlangsung seperti penggundulan hutan, pembendungan waduk, eksplorasi laut sebagai kegiatan yang tidak berkelanjutan. Namun demikian sering dihadapi bahwa eksploitasi sumberdaya alam dan konservasi sering berbenturan kepentingan. Meskipun telah tersedia hukum untuk mengefektifkan konservasi keanekaragaman hayati namun pelaksanaan dan pengawasannya menunjukkan banyak masalah khususnya yang berkaitan dengan perdagangan gelap satwa liar/langka dan keberadaan perusahaan kayu bahkan di lokasi kawasan lindung. Dalam beberapa pecan terakhir, terlalu sering kita membaca dan mendengar banyaknya bencana yang timbul akibat ulah dan keserakahan manusia berupa banjir dan tanah longsor. Tentu saja bencana ini akan sangat mempengaruhi keberadaan spesies-spesies ikan yang kita miliki akibat rusaknya habitat, *spawning* dan *nursery ground* yang sangat menentukan keberlangsungan hidup. Mengingat betapa pentingnya peranan sumberdaya genetik, sudah seharusnya dilakukan

penegakan hukum secara menyeluruh dan keterpaduan dalam pengelolaan aset yang kita miliki. Dewasa ini berkembang suatu pandangan bahwa kriteria utama untuk melakukan konservasi (pelestarian) adalah perbedaan *phylogenetic* (pohon keturunan) (Stiassny, 1994; Vrijenhoek, 1998). Dari sisi taksonomi, perbedaan yang jauh dari suatu biota memberikan kontribusi yang besar terhadap keseluruhan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu perbedaan *phylogenetic* sudah sepatutnya memperoleh prioritas yang lebih tinggi untuk keperluan konservasi (Bowen, 1999). Usulan pendekatan konservasi ini memiliki banyak kemiripan dengan pendekatan yang memberikan prioritas lebih tinggi kepada area yang memiliki banyak endemik spesies.

Perbedaan antara pendekatan ekologi dengan sistematik adalah bahwa pada konservasi dari suatu ekosistem tidak tergantung pada keberadaan spesies yang terancam punah atau jenis endemik, melainkan untuk mencegah hilangnya keanekaragaman hayati dari pengrusakan habitat. Oleh karena itu spesies-spesies yang memainkan peranan penting dalam proses ekologi akan mendapatkan prioritas yang lebih tinggi untuk dikonservasi. Dua pendekatan di atas dapat dijadikan acuan bagaimana program konservasi udang hias dari Danau Malili akan kita jalankan untuk melindungi kekayaan hayati yang kita miliki. Upaya-upaya pelestarian plasma nutfah yang telah dilakukan adalah: 1) penetapan dan pembiakan ikan yang populasinya terbatas. Kegiatan ini dilakukan oleh lembaga riset, perguruan tinggi, dan pengusaha/petani maju; 2) penetapan wilayah konservasi oleh institusi terkait baik berupa kawasan suaka alam terpadu maupun suaka perikanan di perairan tertentu; 3) pengaturan lalu lintas plasma nutfah berupa introduksi spesies asing atau dan transplantasi suatu spesies ke wilayah lain; 4) penebaran ulang (*restocking*) berbasis masyarakat yang bertujuan untuk meningkatkan pendapatan masyarakat nelayan dan pelestarian *stock* ikan dalam suatu perairan umum; 5) pembentukan wadah koleksi, dapat berupa taman rekreasi ataupun wisata seperti gelanggang samudra dan taman akuarium ikan air tawar; 6) pengembangan jaringan pemanfaatan dan pelestarian sumberdaya plasma nutfah, diantaranya *Indonesian Network on Fish Genetics Research and Development* (INFIGRAD).

KESIMPULAN

1. Potensi pengembangan udang hias endemik Danau Malili sangat besar, beberapa spesies udang hias yang teridentifikasi mencapai 15 spesies, 5 diantaranya merupakan spesies baru, diantaranya *Caridina dennerli*, *C. glaubrechti*, *C. holthuisi*, *C. parvula*, *C. profundicola*, dan *C. striata*.
2. Upaya pelestarian dan produksi udang hias endemik Danau Malili bisa dilakukan melalui pendekatan budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, W. 1977. Geology along the Matano Fault Zone East Sulawesi, Indonesia. Regional Conference on the Geology and Mineral resources of South East Asia, Jakarta.
- Bowen, B.W. 1999. Preserving Genes, Species, or Ecosystem? Healing the Fractured Foundation of Conservation Policy. *Mol. Ecol.* 8: S5–S10.
- Bramburger, A.J., Haffner, G.D., Hamilton, P.B., Hinz, F., Hehanussa, P.E. 2006. An examination of species within the genus *Surirella* from the Malili Lakes, Sulawesi Island, Indonesia, with descriptions of 11 new taxa. *Diatom Res.* 21, 1-56.
- Crowe, S.A., Carriayne Jones, Sergei Katsev, Cedric Magen, Andrew H. O'Neill, Arne Sturm, Donald E. Canfield, G. Douglas Haffner, Alfonso Mucci, Bjorn Sundby dan David. A Fowle. 2008. Photoferrotrophs thrive in an Archaean Ocean analogue. *PNAS October 14, 2008 vol. 105 no. 41 15938-15943.*
- Giesen, W., Baltzer, M., Baruadi, R. 1991. Integrating conservation with land-use development in wetlands of South Sulawesi. Directorate General of Forest Protection and Nature Conservation, Bogor.
- Gray, S., McKinnon, J.S.. 2006. A comparative description of mating behavior in the endemic telmatherinid fishes of Sulawesi's Malili Lakes. *Env.. Biol. Fishes* 75, 471-482.
- Hadiaty, R.K., Wirjoatmodjo, S. 2002. Studi pendahuluan Biodiversitas dan distribusi Ikan di Danau Matano, Sulawesi Selatan (Preliminary study: Biodiversity and distribution of fishes in Lake Matano, South Sulawesi). *J. Iktiologi Indonesia* 2, 23-29.
- Haffner, G.D., Hehanussa, P.E., Hartoto, D. 2001. The biology and physical processes of large lakes of Indonesia: Lakes Matano and Towuti, pp. 182-192. In: *The Great Lakes of the world (GLOW) Food web, health and integrity* (Munawar, M., Hecky, R.E. eds). Backhuis Publishers, Leiden.

- Herder, Fabian, Julia Schwarzer, Jobst Pfaender, Renny K. Hadiaty, and Ulrich K. Schlieven. 2006. Preliminary checklist of sailfin silversides (Teleostei: Telmatherinidae) in the Malili Lakes of Sulawesi (Indonesia), with a synopsis of systematics and threats. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ichthyologie Band 5*, 2006, 139-163.
- Hutchinson, G.E. 1957. *A treatise on limnology*. John Wiley & Sons, New York.
- Kottelat, M. 1990a. Sailfin silversides (Pisces: Telmatherinidae) of Lakes Towuti, Mahalona and Wawontoa (Sulawesi, Indonesia) with descriptions of two new genera and two new species. *Ichthyol. Explor. Freshwaters* 1, 35-54.
- Kottelat, M. 1990b. The ricefishes (Oryziidae) of the Malili Lakes, Sulawesi, Indonesia, with description of a new species. *Ichthyol. Explor. Freshwaters* 1, 151-166.
- Kottelat, M. 1991. Sailfin silversides (Pisces: Telmatherinidae) of Lake Matano, Sulawesi, Indonesia, with descriptions of six new species. *Ichthyol. Explor. Freshwaters* 1, 321-344.
- Kottelat, M., Whitten, T., Kartikasari, S.N., Wirjoatmodjo, S. 1993. *Freshwater fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Editions, Hong Kong.
- Roy, D., Docker, M.F., Hehanussa, P.E., Heath, D.D., Haffner, G.D. 2004. Genetic and morphological data supporting the hypothesis of adaptive radiation in the endemic fish of Lake Matano. *J. Evol. Biol.* 17, 1268-1276.
- Stiassny, M.L.J. 1994. Systematics and Conservation. In *principles of Conservation Biology* (Editors: G.K. METTE and C.R. CAROL). Sinauer Assoc. Inc., Sunderland, Mass., USA. p: 64-66.
- von Rintelen, T., Glaubrecht, M. 2003. New discoveries in old lakes: three new species of *Tylomelania* Sarasin & Sarasin, 1897 (Gastropoda: Cerithioidea: Pachychilidae) from the Malili Lake system on Sulawesi, Indonesia. *J. Moll. Stud.* 69, 3-17.
- Von Rintelen, Yixiong C. 2009. Radiation of endemic species flocks in ancient lake : systematic revision of the freshwater shrimp *Caridina* H. Milne Edward, 1837 (*Crustacean : Atyidae : Decapoda*) from the ancient lake of Sulawesi, Indonesia, with the description of eight new species. *The Raffles Bulletin of Zoology. National University of Singapore.* 57(2): 343-452.
- Vrijenhoek, R.C. 1998. Conservation Genetics of Freshwater Fishes. *J. Fish. Biol.* 53: (Supp.A): 394-412.
- WCMC. 1992. *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources*. London, Chapman. Hall.

EKOSISTEM DAN LINGKUNGAN SANGAT BERPENGARUH TERHADAP HASIL TANGKAPAN IKAN DI WADUK KOTOPANJANG KABUPATEN KAMPAR RIAU

Emmy Dharyati dan Elva Dwi Harmilia
Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum
Jl. Mariana No. 308 Telp. (0711) 537194 Palembang
E-mail: emmy-perikanan@yahoo.co.id

ABSTRAK

Waduk merupakan tipe perairan umum yang dibuat untuk keperluan irigasi, PLTA, PAM, Perikanan, dan Pariwisata. Waduk Kotopanjang mempunyai luas (12.000 ha) berada di Kabupaten Kampar, Propinsi Riau. Penelitian bertujuan untuk menganalisis dan mendiskripsikan potensi sumberdaya perikanan berdasarkan ekosistem dan aspek lingkungan yang ada di dalam dan sekitar Waduk. Penelitian dilakukan pada bulan Juli, September dan Nopember 2009. Metode penelitian dilakukan dengan survey, sampling dan wawancara pada nelayan, sementara penetapan stasiun penelitian dilakukan secara purposif. Parameter yang diamati meliputi: ekosistem, habitat termasuk lingkungan, kualitas air dan hasil tangkap keanekaragaman jenis ikan ekonomis penting. Data hasil pengamatan karakteristik habitat dan lingkungan dikumpulkan dan hasil tangkap ikan dianalisa secara deskriptif. Jenis ikan yang tertangkap sebanyak 24 jenis dari 7 jenis alat yang diamati yaitu jaring, jala, sempirai, sagang, ngkirai, pancing dan senapan. Ikan yang tertangkap termasuk bernilai ekonomis penting yaitu: toman (*Channa micropeltes*), tapah (*Wallago leeri*), dan belido (*Chitala lopis*), selebihnya ikan yang dominan tertangkap yaitu: motan (*Tynichthys polylepis*), selansik (*Barbodes schwanefeldii*) dan ikan paweh (*Osteochilus hasseltii*). Aktivitas perikanan telah berjalan sejak lama dengan usaha penangkapan ikan dari beberapa alat tangkap yang masih bersifat tradisional, disamping adanya usaha budidaya perikanan dengan Jaring Apung (KJA). Habitat ikan dari beberapa stasiun hampir sama mempunyai lekukan lekukan kecil dan pada musim kemarau umumnya perairan ini tidak kering, kedalaman rata rata 10-25 meter, banyak ditumbuhi vegetasi semak belukar ditepian air, serta banyak pohon mati dan kayu berduri. Kualitas air masih layak untuk kehidupan ikan dan biota lainnya. Aktivitas penangkapan ikan belum optimal karena masih menggunakan alat tangkap tradisional. Karakteristik lingkungan dan habitat yang dapat dikumpulkan menunjukkan bahwa waduk termasuk dalam kesuburan tinggi, dimana kualitas air sangat layak untuk kehidupan bagi ikan dan biota lainnya, suhu rata rata 24,5 °C, O₂ terlarut berkisar 8,24 mg/L dan pH berkisar 7. Waduk dikelilingi bukit yang banyak ditumbuhi hutan dan terdapat tebing sekitar waduk yang terjadi abrasi karena penggundulan hutan.

Kata kunci: hasil tangkap, ikan bernilai penting, alat tangkap dan aktivitas perikanan.

PENDAHULUAN

Waduk Koto Panjang yang terdapat di Propinsi Riau dengan luas genangan air 12.400 hektar yang mencakup 8 desa yang berada dalam Kabupaten Kampar dan 2 desa lainnya berada dalam Kabupaten Limapuluh kota Propinsi Sumatera Barat (LPU Pajajaran, 1986). Waduk Kotopanjang merupakan wilayah lembah dan perbukitan dengan tipe perairan umum yang sangat potensial pada sektor perikanan tangkap yang telah dimanfaatkan ±12 tahun, sedangkan kegiatan budidaya mulai berkembang beberapa tahun terakhir (Nur, 2006). Pembuatan waduk biasanya digunakan untuk

keperluan pembangkit tenaga listrik, irigasi pertanian, pariwisata dan perikanan (Nurdin, 2003). Waduk Kotopanjang terbentuk dari sungai yang dibendung dan mendapat masukan aliran air dari beberapa sungai lainnya.

Secara ekologis daerah tepian pantai (litoral) yang cukup luas umumnya merupakan habitat biota air, termasuk ikan dan banyak sumber makanan dari daratan. Perairan waduk yang dalam memungkinkan adanya stratifikasi perairan berdasarkan suhu dan cahaya. Pada waduk yang dalam suhu air dipermukaan panas dan makin dalam secara bertahap suhu semakin dingin karena adanya lapisan epilimnion, termoklin dan hypolimnion, (Mitsch & Jorgensen 2004). Keberadaan banyak teluk menjadikan perairan waduk daerah tergenang yang tenang terlindung. Terbentuknya sungai menjadi waduk maka kualitas air waduk akan lebih stabil dan produksi perikanan biasanya lebih tinggi dari sungai (Ilyas *et al.*, 1989). Waduk Kotopanjang merupakan perairan yang subur dan memiliki keragaman jenis ikan yang cukup tinggi mencapai 26 jenis ikan (Loka Riset Pemacuan Stok Ikan 2005 *dalam* Nastii *et al.*, 2008). Permasalahan sumberdaya perikanan di waduk Kotopanjang dimasa akan datang yang perlu diwaspadai, diantaranya terjadinya penurunan produksi ikan, tekanan ekologi yang tinggi dan berkurangnya populasi ikan. Masalah ini biasa terjadi pada sumberdaya perikanan air tawar akibat dari aktivitas penangkapan ikan dengan intensitas yang cukup tinggi (Welcomme, 1996). Selain itu dapat juga akibat dari degradasi lingkungan (FAO, 1996).

Waduk Koto Panjang yang merupakan tipe perairan umum yang sifatnya multiguna dibuat untuk bermacam keperluan termasuk perikanan. Akan tetapi pada sektor perikanan tangkap belum banyak informasi mengenai hasil tangkap dan aktivitasnya sehingga masih banyak riset yang harus dilakukan terutama mengenai hasil tangkap ikan dan aktivitasnya. Karena itu perlu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mendapatkan data dan informasi hasil tangkap ikan dan aktivitas perikanan terkini di waduk Kotopanjang.

BAHAN DAN METODA

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Waduk Kotopanjang Kabupaten Kampar Propinsi Riau (Gambar1). Metode penelitian dilakukan bersifat survei, observasi lapangan dan

wawancara dengan nelayan, untuk mendapatkan data dan informasi hasil tangkap ikan, ikan yang bernilai ekonomis penting, jenis alat tangkap dan aktivitas perikanan. Lokasi penelitian ditentukan secara purposif di 5 lokasi sampling sebagai stasiun pengamatan yang merupakan kawasan yang padat penangkapan ikan. Pengamatan lapangan dilakukan 3 kali mewakili musim kemarau dan musim hujan yaitu pada bulan Juli dan September 2009 (musim kemarau) dan bulan Nopember 2009 (musim hujan). Parameter yang diamati terdiri dari hasil tangkap ikan, jenis alat tangkap, komposisi jenis ikan yang tertangkap dan aktivitas perikanan.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dengan metode survei (stratified sampling method menurut Nielson & Johnson, 1985), melakukan wawancara pada nelayan (*Participatory Rural Appraisal dan Rapid Rural Appraisal*) dan melalui enumerator. Pengumpulan data melalui enumerator dengan cara membagikan blanko daftar isian hasil tangkapan pada beberapa nelayan yang berpengalaman sebagai enumerator. Data dari enumerator dikumpulkan kembali pada saat melakukan survey berikutnya. Enumerator terlebih dahulu diajarkan cara mengukur ikan dan mencatat dalam blanko yang sudah disiapkan. Hasil tangkapan ikan dikelompokkan jenis-jenisnya, ditimbang dan dicatat. Ikan yang belum diketahui jenisnya di masukan dalam plastik, diawetkan dengan formalin 5% dan ditaruh dalam cool box untuk diidentifikasi di laboratorium Balai Riset Perikanan Perairan Umum berdasarkan panduan Kottelat (1993), bila ada jenis ikan yang telah diketahui langsung dikelompokkan. Pengumpulan data jenis alat, jenis ikan dan cara operasi alat tangkap dengan melakukan percobaan penangkapan ikan. Pada setiap stasiun pengamatan dicatat kegiatan penangkapan dan tipe habitat daerah penangkapan ikan sehingga mengetahui alat tangkap yang digunakan dan dicatat nama lokal dan dikelompokkan berdasarkan pada klasifikasi alat tangkap ikan menurut Brandt (1972) dan Welcome (1979).

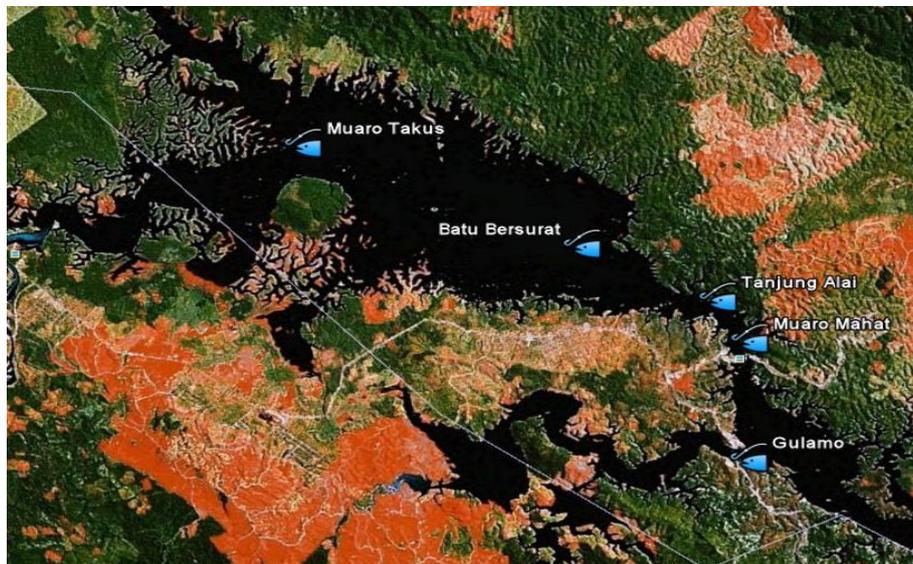
Aktivitas Perikanan

Aktivitas perikanan yang dikumpulkan adalah rangkuman dari hasil penelitian yang sedang berlangsung dan informasi kegiatan perikanan pada tahun sebelumnya di waduk Kotopanjang yang didapat berdasarkan wawancara dan data skunder. Untuk

mendapatkan data karakteristik nelayan seperti jumlah nelayan berkelompok, usia, pengalaman bekerja dengan melakukan wawancara pada nelayan dengan panduan yang telah disiapkan.

Analisa Data

Data hasil tangkap berdasarkan jenis alat yang dioperasikan diolah secara deskriptif dan dibuat tabulasi data, sehingga kelihatan alat tangkap yang banyak menangkap ikan. Jenis alat tangkap difoto sehingga dapat mengenal alat tangkap yang digunakan pada setiap stasiun pengamatan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Di Waduk Kotopanjang Riau

HASIL DAN PEMBAHASAN

Loksi Penelitian

Lokasi penelitian meliputi 5 stasiun, yaitu stasiun Tanjung Alai, Batu Bersurat, Muara Takus, Gulamo dan Muara Mahaberdasarkan posisi geografis disajikan pada Tabel 1, sedangkan karakteristik lingkungan perairannya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Stasiun Penelitian berdasarkan Posisi Geografis

Stasiun	Posisi Geografis
Tanjung Alai	N: 00 ⁰ .19.446' E: 100 ⁰ .46.332'
Batu Bersurat	N: 00 ⁰ .20.174' E: 100 ⁰ .44.809'
Muara Takus	N: 00 ⁰ .21.554' E: 100 ⁰ .41.680'
Gulamo	N: 00 ⁰ .17.245' E: 100 ⁰ .46.927'
Muara Mahat	N: 00 ⁰ .18.877' E: 100 ⁰ .46.688'

Tabel 2. Karakteristik lokasi penelitian pada waduk Kotopanjang

Nama stasiun penelitian	Karakteristik lokasi
Tanjung Alai	Perairan Tanjung Alai dengan karakteristik perairan yang luas, tergenang dan banyak vegetasi yang membusuk. Banyak ditumbuhi rerumputan dan sebagian perairan tidak terlindung pepohonan. Padat dengan aktivitas penangkapan.
Batu Besurat	Perairan Batu bersurat dengan karakteristik perairan yang luas, arus relatif tenang. Dipinggir waduk ditemukan vegetasi yang membusuk, hanya sedikit dikelilingi pohonan dan rumput rumputan.
Muara Takus	Muara Takus adalah habitat ikan hidup yang padat dengan aktivitas penangkapan merupakan bagian dari sungai Kampar. Pada bagian tertentu terdapat lubuk yang dalam, dasar air berlumpur. Ditepian sungai (perairan waduk) terdapat banyak tumbuhan kayu berduri dan rimbun dengan pohon sehingga sebagian perairan terlindung. Banyak terdapat tonggak pohon kayu yang sudah mati. Muara Takus tidak pernah kering, berarus lambat dan banyak terdapat jenis jenis ikan yang dapat hidup.
Gulamo	Ditepian sungai (perairan waduk) terdapat banyak tumbuhan kayu berduri dan rimbun dengan pohon sehingga sebagian perairan terlindung. Banyak terdapat tonggak pohon kayu yang sudah mati.
Muara Mahat	Muara Mahat adalah habitat ikan yang baik. Berdasarkan geografisnya terdapat banyak lekukan/teluk. Tepian air waduk banyak ditumbuhi tanaman berduri dan termasuk dalam famili pteridohyta dan vegetasi tanaman perdu. Kedalaman air mencapai 14 m dan pada saat kemarau mengalami kekeringan. Aktivitas penangkapan sedikit.

Hasil Tangkap dan alat tangkap

Hasil tangkapan ikan dari 8 jenis alat tangkap pada bulan Juli, September dan Nopember 2009 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil tangkapan ikan berdasarkan alat tangkap dan bulan pengamatan

Alat Tangkap	Bulan Pengamatan			Hasil Tangkap	
	Juli	Sept.	Nop.	(kg)	(%)
1. Pukat jaring <i>Gillnets</i>	210	260	440	910	21,6
2. Jaring insang <i>Trammel nets</i>	355	685	995	2.035	51,1
3. Jala <i>Cast nets</i>	29	72	35	136	3,2
4. Sagang <i>Set longlines</i>	67	109	80	256	6,3
5. Sempirai <i>Trap (pots)</i>	170	139	148	457	11,3
6. Tangguk <i>Lift net</i>	23	48	59	130	3,2
7. Pancing <i>Hooks and Lines</i>	16	35	22	73	1,6
8. Senapan air	22	26	31	79	1,7
Jumlah	892	1.361	1.739	3.976	100

Pada Tabel 3 terlihat alat tangkap pukat jaring dan jaring insang mendapat hasil yang tertinggi mencapai 440 kg dan 995 kg pada bulan Nopember, dikarenakan pada kondisi menjelang air akan tinggi memasuki musim hujan, nelayan menggunakan pukat jaring dan jaring insang dengan intensitas tinggi. Hal ini karena pemasangan alat sangat tergantung kondisi air dan gerakan ikan mencari makan. Alat tangkap jaring insang dikelompokkan dalam golongan (*Trammel nets*) menurut Brandt (1972). Jenis ikan yang tertangkap hampir seluruh jenis ikan, antara lain ikan Motan (*Thynnichthys polilepis*), siban (*Cyclophelichthys apogon*), pingping (*Oxygater anomalura*), mali (*Labaiobarbus festivus*), kepiek (*Barbodes schwanenfeldii*), pawe (*Osteochilus haseltii*) dan ikan teri (*Rasborichthys helfrichi*). Jaring insang termasuk dalam kelompok *gill net/entangling net* dimana dalam operasional alat jaring, ikan-ikan tertangkap dengan terjerat/tersangkut pada jaring dan berpuntal sehingga sulit melepaskan diri dimana biasanya bagian badan sirip atau kepala tersangkut dimata jaring. Jaring insang merupakan alat yang pasif yang biasa ditempatkan pada alur berenangnya ikan atau ruaya ikan yang lewat bergerombol (Klust, 1987). Hasil tertinggi alat tangkap sempirai mencapai 170 kg pada bulan Juli. Alat ini dipasang sepanjang tahun, nelayan hanya mengangkat sempirai pada waktu mengambil ikan yang terperangkap, dan ikan yang tertangkap khususnya ikan ukuran besar seperti ikan tapa (*Wallago leeri*), ikan toman (*Ophiocephalus micropeltes*).

Alat tangkap jala memberikan hasil tertinggi mencapai 72 kg pada bulan September pada musim kemarau akhir memasuki musim hujan, karena ikan-ikan beruaya kepinggir waduk untuk mencari makan sehingga nelayan dapat menjala di pinggir waduk. Alat tangkap sagang dan pancing memberikan hasil tangkap tertinggi sebesar 109 kg dan 39 kg pada bulan September 2009. Alat tangkap ini termasuk dalam kelompok (*Set longlines*) menurut Brandt (1972). Hal ini disebabkan karena pada bulan September air waduk dalam kondisi masuk musim hujan dan akhir kemarau sehingga ikan masih dapat beruaya jauh menuju kepinggir waduk yang banyak tumbuhan rerumputan yang terdapat pakan alami yang melekat pada feripiton sehingga nelayan banyak memasang sagang dan pancing. Ikan yang tertangkap tergantung mata pancing, bisa ukuran kecil sampai besar seperti ikan tapa (*Wallago leeri*), ikan toman (*Ophiocephalus micropeltes*) dan ikan lainnya.

Bila dilihat hasil tangkapan ikan keseluruhan (Gambar 2), yang terjadi pada bulan Juli 892 kg, September 1.361 kg dan bulan Nopember 1.739 kg dengan total 3.976 kg. Hasil tangkap bulan Nopember 2009 merupakan hasil tangkapan paling tinggi, terjadi karena memasuki musim hujan keadaan air tinggi, sehingga nelayan untuk mendapatkan ikan dapat memakai beberapa alat seperti jaring insang, pukut jaring, sempirai, jala dan sagang. Menurut Hoggath & Utomo (1994) jenis alat tangkap ukuran besar biasanya dioperasikan saat kemarau di perairan sungai seperti jaring insang. Jadi terbalik dengan tangkapan ikan di perairan waduk penangkapan ikan banyak terjadi pada saat menjelang masuk musim hujan sampai musim hujan tinggi yaitu sekitar bulan Nopember sampai Januari.

Hasil tangkapan ikan belum maksimal karena nelayan belum bisa menentukan masalahnya cara penangkapan ikan yang benar, akan tetapi karena kebutuhan nelayan tetap melaksanakan penangkapan ikan sedangkan secara naluri alamiah para nelayan telah banyak mengetahui pemanfaatan behavior untuk tujuan menangkap ikan (Ayodhya (1981).



Gambar 3. Grafik hasil tangkap berdasarkan bulan pengamatan

Jenis Alat Tangkap

Jenis alat tangkap yang digunakan di Waduk Kotopanjang sangat banyak mencapai 12 jenis dimana penggunaannya berbeda di 5 lokasi penelitian serta tergantung pada jenis ikan yang akan ditangkap (Tabel 3). Pada saat ini alat tangkap yang sering dioperasikan berjumlah 8 jenis dan jenis lainnya sudah relatif tidak digunakan lagi.

Umumnya cara kerja alat tangkap yang digunakan adalah memanfaatkan pola pergerakan ikan-ikan yang melakukan ruaya ataupun pergerakan air seperti alat tangkap sempirai dan jaring. Alat tangkap jaring insang yang dimiliki nelayan dan digunakan dengan bermacam ukuran dari ukuran jaring pantau $\frac{3}{4}$, $1\frac{3}{4}$, 2, sampai 6 inchi. Penangkapan yang dilakukan oleh nelayan di waduk Kotopanjang masih sangat sederhana karena alat tangkap yang digunakan nelayan dapat dimasukkan kedalam golongan *fishing with lines* seperti pancing, *cash net* seperti alat tangkap jala dan alat tangkap jaring yang termasuk kedalam klasifikasi *gill nets*. Menurut Anung & Barus (1995) suatu usaha penangkapan ikan dengan menggunakan alat tangkap seperti pancing, bubu dan rawai adalah termasuk dalam golongan penangkapan secara tradisional. Bila diamati alat tangkap yang digunakan nelayan diwaduk Kotopanjang masih sangat sederhana dan termasuk dalam golongan yang tradisional.

Pada stasiun penelitian terlihat seluruh alat tangkap dioperasikan semua dan usaha penangkapan ikan sudah berjalan akan tetapi tidak optimal, gambaran ini

menunjukkan kegiatan penangkapan ikan cukup produktif. Alat tangkap yang intensitasnya tinggi adalah jaring insang dan sempirai.

Tabel 4. Jenis-Jenis ikan yang tertangkap di waduk Koto Panjang Riau

Nama Daerah	Spesies
Tebingalan	<i>Puntioplites bulu</i>
Motan	<i>Thynnichtys polilepis</i>
Pingping	<i>Oxygater anomalura</i>
Mali	<i>Labaiobarbus festivus</i>
Kepiek	<i>Barbodes schwanenfeldii</i>
Pawe	<i>Osteochilus haseltii</i>
Barau	<i>Hampala macrolepidota</i>
Teri	<i>Rasborigthys helfrichi</i>
Gabus/Uan/Bocek	<i>Channa striata</i>
Bujuk	<i>Channa lucius</i>
Toman	<i>Channa micropeltes</i>
Nila	<i>Oreochromis niloticus</i>
Kiung/Nulo	<i>Channa bankenensis</i>
Kiung/Nulo	<i>Channa bankenensis</i>
Katung	<i>Pristolepis grooti</i>
Seluang	<i>Rasbora argyrotaenia</i>
Sipaku	<i>Cycloheilichthys sp</i>
Tinggek	<i>Mystus nigriceps</i>
Baung	<i>Mystus nemurus</i>
Tapa	<i>Wallago leerii</i>
Kalui	<i>Osphronemus goramy</i>
Tuakang	<i>Helostoma temminckii</i>
Puyu	<i>Anabes cuvier</i>
Tilan	<i>Mastacembelus armatus</i>
Julung julung	<i>Xenentodon canciloides</i>
Belido	<i>Chitala lopis</i>

Jenis ikan yang tertangkap saat ini mencapai 24 jenis sedangkan pada saat terbentuknya waduk Kotopanjang mencapai 44 jenis. Penurunan jenis ini terjadi karena adanya jenis ikan yang biasa hidup disungai tidak bisa beradaptasi dengan kondisi air waduk yang tidak mengalir deras seperti air sungai. Hasil penelitian sebelumnya jenis ikan yang tertangkap mencapai 26 jenis (Nastiti *et al.*, 2006). Waduk Kotopanjang termasuk waduk yang subur karena banyaknya teluk-teluk dan masukan air dari banyak sungai yang menampung nutrien dari daratan, karena kesuburan dari air waduk dapat menjamin berlangsungnya kehidupan ikan. Menurut (Ilyas *et al.*, 1989) dengan terbentuknya sungai menjadi waduk maka kualitas air waduk lebih stabil dan produksi

perikanannya lebih tinggi. Namun potensi berkurangnya jenis ikan dapat terjadi seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat sehingga penangkapan yang berlebih bisa terjadi.

Pada Tabel 4, dari 24 jenis ikan terdapat ikan ekonomis penting seperti ikan Toman (*Channa micropeltes*), tapah (*Wallago leeri*) dan belido (*Chitala lopis*), selebihnya ikan yang dominan tertangkap yaitu Motan (*Tynichthys polylepis*), Selansik (*Barbodes schwanefeldii*) dan ikan Paweh (*Osteochilus hasseltii*).

Aktivitas Perikanan Tangkap

Aktivitas perikanan telah berjalan sekitar tahun 1998 artinya sudah berjalan selama kurun waktu 12 tahun terakhir setelah terbentuknya waduk Kotopanjang pada tahun 1996. Dengan terbentuknya perairan waduk Kotopanjang maka kegiatan perikanan menjadi mata pencarian pokok maupun sampingan bagi penduduk disekitar waduk yang kehilangan lahan usaha akibat pembendungan waduk. Usaha perikanan masyarakat di perairan waduk yang paling menonjol adalah penangkapan ikan sedangkan usaha budidaya lebih banyak dimiliki perusahaan. Jumlah nelayan setelah terbentuknya waduk mencapai 400 RTP yang terdiri dari 125 RTP merupakan nelayan sampingan dan selebihnya adalah nelayan penuh. Pemukiman nelayan umumnya berada disekitar waduk dan ada yang bermukim jauh, akan tetapi kegiatan penangkapan ikan tetap dilakukan dan tersebar diseluruh perairan waduk Kotopanjang. Jumlah nelayan saat ini berkemungkinan lebih dari 400 RTP karena nelayan di waduk ini belum teroganisir sehingga sulit untuk mengetahui jumlah yang pasti. Berdasarkan wawancara pada nelayan bahwa hampir setiap rumah tangga nelayan memiliki beberapa jenis alat tangkap, akan tetapi alat tangkap jaringlah yang lebih dominan dioperasikan nelayan setempat.

Penangkapan ikan di perairan umum seperti di waduk Kotopanjang kebanyakan masih menggunakan alat tangkap dan cara penangkapan yang tradisional. Alat tersebut bersifat sederhana dan biasanya dibuat sendiri oleh nelayan. Usaha penangkapan di perairan waduk sangat dipengaruhi oleh stok ikan karena luas perairan yang relatif luas dan kondisi yang terbatas bagi nelayan oleh karena itu apabila pengelolaannya kurang hati-hati maka sumberdaya ikan yang ada di perairan akan mudah terganggu kelestariannya.

KESIMPULAN

1. Hasil penelitian tertangkap 24 jenis dari 8 jenis alat yang diamati yaitu Alat tangkap yang dioperasikan tersebut antara lain Jaring insang (*Trammel nets*), pukat jarring (*Gillnets*), pancing (*Hooks and Lines*), sagang (*Set longlines*), sempirai (*Trap*), tangguk (*Lift net*), Jala (*Cast net*) dan senapan air
2. Ikan yang tertangkap termasuk bernilai ekonomis penting yaitu Toman, tapah dan belido selebihnya ikan yang dominan tertangkap yaitu Motan (*Tynichthys polylepis*), Selansik (*Barbodes schwanefeldii*) dan ikan Paweh (*Osteochilus hasseltii*).
3. Habitat ikan dari beberapa stasiun hampir sama mempunyai lekukan lekukan kecil dan pada musim kemarau umumnya perairan ini tidak kering, kedalaman rata-rata 10-25 meter banyak ditumbuhi vegetasi semak belukar ditepian air, banyak pohon mati dan kayu berduri.
3. Aktivitas perikanan telah berjalan sejak lama dengan usaha penangkapan ikan dari beberapa alat tangkap yang masih bersifat tradisional, disamping adanya usaha budidaya perikanan dengan Jaring Apung (KJA).
4. Aktivitas penangkapan ikan belum optimal karena masih menggunakan alat tangkap tradisional. Dalam upaya pelestarian untuk sustainabilitas sumberdaya perikanan di perairan umum perlu dilakukan pengaturan (*regulasi*) kegiatan perikanan tangkap yang mengacu pada aspek ekologi (intensitas dan selektifitas penangkapan) ekonomi dan sosial.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayodhya, A.V., 1981. Metode Penangkapan Ikan. Yayasan Dwi Sri, Bogor. 97 hal.
- Departemen Pertambangan dan Energi. 1995. Proyek Induk Pembangkit dan jaringan Sumatera Barat dan Riau.
- Anung, A & H.R.Barus. 1995. Status Teknologi Penangkapan Ikan Demersal dan Kemungkinan Pengembangan di Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 1: 1-11.
- APHA, 1981. Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. APHA inc, Washington DC.

- Brandt, A.V. 1972. Revised and enlarged fish catching methods of the world. Fishing News (Books) Ltd. 23 Rosemount Avenue West By Fleet, London EC4, 240pp
- Departemen Pertambangan dan Energi, 1995. Proyek Induk Pembangkit dan Jaringan Sumatera Barat dan Riau- UNRI (Tidak dipublikasikan)
- Hasibuan, A.F. 2006. komposisi Spesies dan Ukuran Ikan tyang tertangkap dengan jaring Insang (Gill net) di Perairan Waduk PLTA Kotopanjang Kecamatan XIII Kotopanjang Kabupaten Kampar, Riau. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNRI Pekanbaru.
- Ilyas, S. S A. Hardjamulia,S.K.Endi. P.Kunto dan S.Disi. 1989. Petunjuk Teknis Perairan Waduk Bagi Pembangunan Perikanan. Ditjen Perikanan.Jakarta. 19 hal
- Klust, G., 1987. Bahan jaring untuk alat Penangkap Ikan. Balai Pengembangan Penangkapan ikan Semarang. 188 h
- Kottelat, M; A.J Whitten; S.N Kartikasari dan S. Wirjoatmodjo, 1993. Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi (Ikan Air tawar Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi Periplus Editions- Proyek EMDI. Jakarta.
- Mitsch, W.J and S.E Jorgensen 2004. Ecological Engeneering and Ecosystem Restoration. John Wiley & Sons, Inc.Canada.
- Nastiti,A, S. Nurdawati, D. Hendro Tjahyo dan A. Nurfiatrin. 2006. Status Terkini Sumberdaya Ikan Waduk Kotopanjang Propinsi Riau. Prosiding Seminar Nasional Ikan IV. Jatiluhur. Hal 273-292
- Nur, M. 2006. Evaluasi pengelolaan Waduk PLTA Kotopanjang sebagai Upaya pelestarian fungsi waduk yang berkelanjutan. Tesis Sekolah Pascasarjanan I PB Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Nurdin, S. 2003 Bahan Kuliah Pengelolaan Waduk. Jurusan Managemenn Sumberdaya Perairan Faperika UNRI. Pekanbaru.
- Pescod, M.B. 1973. Insvestigation of Rational Efflaent and Strem Standards for Countries, ATT, Bangkok. 59 p.
- Weber, M. & De Beaufort. 1916. The fishes of the Indo Australian Archipelago. E. J Brill Ltd. Leiden. 2:404 pp.
- Welcome, R.L. 1979. Fisheries Ecology of Floodplain River, Longman. London. 317 p.

LAMPIRAN



KOMPOSISI JENIS DAN VARIASI UKURAN HASIL TANGKAPAN *GILL NET* DI SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR

Eko Prianto¹⁾ dan Danu Wijaya²⁾

¹⁾ Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumberdaya Ikan

²⁾ Balai Riset Pemulihan Sumberdaya Ikan

ABSTRAK

Penelitian untuk mengetahui komposisi jenis ikan hasil tangkapan gill net di Sungai Musi bagian hilir telah dilakukan pada bulan April dan Juni 2007. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi jenis dan hasil tangkapan ikan di sungai Musi bagian Hilir. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode survei di 17 lokasi di Musi Bagian Hilir. Pengambilan sampel ikan dengan menggunakan jaring insang yang terbuat dari benang nilon dengan ukuran panjang 10 m dengan ukuran mata jaring (0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0 dan 2,5 inci). Jaring dipasang memanjang di bagian tepi kiri dan kanan sungai selama \pm 4 jam untuk kemudian jaring diangkat dengan cara pengambilan melawan arus. Pada bulan April, total hasil tangkapan sebanyak 67 ekor dengan jumlah jenis 24 spesies dan pada bulan Juni total tangkapan 106 ekor dan jumlah jenis ikan sebesar 25 spesies. Mata jaring yang memiliki hasil tangkapan yang lebih bervariasi ditemukan pada ukuran 2,5 inci (April) dan 1,25 inci (Juni). Pada bulan April ukuran mata jaring 1,75 inci memperoleh hasil tangkapan yang lebih tinggi yaitu 546,44 gr. Pada bulan Juni hasil tangkapan yang tertinggi diperoleh pada mata jaring 1,25 inci dengan jumlah 727,10 gr.

KATA KUNCI : komposisi jenis ikan, hasil tangkapan, gill net, purposive sampling, sungai musu bagian hilir.

ABSTRACT

The study on the composition of fish species of gill net catches in down stream of Musi River was done on April and June 2007. The aim of this research is to determine the species composition and the catch yielded of fish in down stream of Musi River. The fish was caught by using of gillnet with the length of 10 m and the mesh size of 0.75, 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, and 2.5 inch. Nets were set along on the left and the right of the river side for 4 hours and after that the nets were pulled. Based on the data analysis, the total fish caught in April was 67 with from 24 species, while in June the total catch was 106 from 25 species. The mesh size that has more varied catch was 2.5 inches (April) and 1.25 inches (June). The 1.75 inch mesh size gave the highest catch of 546.44 g in April, while in June the highest catch obtained from the 1.25 inches mesh with the amount of 727.10 g.

KEYWORD : fish species compotition, fish catch, gill net, purposive sampling, Musi River

PENDAHULUAN

Sungai Musi bagian hilir merupakan jantung transportasi bagi masyarakat sehingga sebagian besar aktifitas masyarakat banyak dilakukan di sepanjang sungai. Disamping itu wilayah ini dijadikan sebagai pusat perindustrian, pemukiman dan pertanian sawah pasang surut oleh masyarakat sekitarnya. Pada sisi lain, dengan memiliki banyak anak sungai, sungai Musi bagian hilir memiliki sumber daya perikanan air tawar yang sangat besar yakni 42.534 ton pada tahun 2006 (Dinas Perikanan

Sumatera Selatan, 2006), sedangkan untuk sungai Musi secara keseluruhan sebesar 72.905 ton dan laut hanya 50,400 ton pada tahun 2001 (Japan International Cooperation Agency and Direktorat General of Water Resources, 2003). Sehingga hampir sebagian besar ikan-ikan yang terdapat di Kota Palembang dan sekitarnya berasal dari hasil penangkapan di perairan umum terutama sungai dan rawa banjiran.

Dilihat dari profil memanjang suatu sungai yang alirannya ke arah laut, sungai dibagi menjadi 2 yaitu bagian hulu (*rhitron*) dan bagian hilir (*potamon*) (Welcome, 1979). Beberapa ahli membagi sungai menjadi 3 zone yang meliputi, bagian hulu (*up stream*), tengah (*middle stream*) dan hilir (*down stream*). Ketiga zona tersebut memiliki karakteristik ekologi yang berbeda-beda. Penangkapan ikan di Sungai Musi bagian hilir merupakan aktifitas yang telah lama dilakukan masyarakat terutama yang hidup di sepanjang sungai. Jika dilihat dari kegiatan penangkapannya maka masyarakat nelayan di sepanjang sungai ini digolongkan menjadi 2 kelompok : 1) nelayan utama, yang sepanjang tahun melakukan aktifitas penangkapan, 2) nelayan sambilan, hanya pada musim-musim tertentu melakukan penangkapan. Dalam melakukan penangkapan, alat tangkap yang digunakan bervariasi sesuai dengan jenis ikan yang ditangkap.

Alat tangkap yang biasa digunakan pada wilayah ini adalah belad (*beach barrier trap*), jaring kantong (*surrounding net*), jaring insang (*gillnet*) dan rawai (*long line*). Penggunaan jaring insang biasanya dilakukan di pinggiran sungai, danau dan rawa banjiran. Kheng (2008) menyatakan penggunaan alat tangkap *gill net* dilakukan oleh sebagian besar oleh nelayan tradisional dan peran mereka sangat penting untuk menjaga ketahanan pangan dan mendukung perekonomian nasional.

Menurut Balik & Cubuk (2001) bahwa *gill net* biasanya digunakan secara luas di daerah pantai dan perairan umum daratan karena harganya murah dan mudah dalam pengoperasiannya. Sebagian besar ikan ditangkap oleh nelayan tradisional di perairan umum dengan menggunakan *gill net* (Lamberts, 2001). Jaring insang biasanya digunakan untuk menangkap ikan yang bergerak dan bermigrasi melewati daerah tangkapan (Kibria & Ahmed, 2005). Pengoperasiannya digunakan pada tipe perairan yang agak tenang atau sungai dengan arus yang relatif lambat.

Menurut Næsje, *et al* (2004) bahwa *gill net* merupakan alat tangkap yang selektif, dalam pengoperasiannya ukuran mata jaring yang berbeda akan menangkap jenis dan ukuran ikan yang berbeda. Alat ini tergolong pasif dan ikan tertangkap

tergantung kepada pergerakannya. Alat ini biasanya dipasang pada perairan terbuka atau ditepi sungai dengan arus yang pelan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi jenis dan variasi ukuran hasil tangkapan jaring insang secara longitudinal di Sungai Musi bagian hilir.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Sungai Musi bagian hilir pada bulan April dan Juni 2007. Lokasi pengambilan sampel seperti terlihat dalam Lampiran 1 dibagi menjadi 17 titik yang tersebar di sepanjang lokasi penelitian (Tabel 1).

Tabel 1. Lokasi sampling di sungai Musi bagian hilir

No	Lokasi Sampling Sampling Station	Posisi GPS/ GPS Position	Keterangan/ Explanation
1.	Anyar	S 2 59.719 E 104 19.993	Desa
2.	Tj. Menang	S 3 01.613 E 104 28.638	Hutan Sekunder
3.	Sejagung	S 3 00.048 E 104 08.244	Hutan Sekunder
4.	Pulokerto	S 3 01.771 E 104 40.683	Desa
No	Lokasi Sampling Sampling Station	Posisi GPS/ GPS Position	Keterangan/ Explanation
5.	Gandus	S 3 01.436 E 104 43.904	Pabrik Karet
6.	Musi 2	S 3 01.284 E 104 43.552	PAM
7.	Begayut	S 3 01.392 E 104 44.381	Anak Sungai
8.	Muara sungai Ogan	S 3 00.467 E 104 45.077	Pabrik Semen
9.	Pusri	S 2 59.078 E 104 48.221	Pabrik Pupuk
10.	Hoktong	S 2 59.076 E 104 48.911	Pabrik Karet
11.	Sinar Alam Permai	S 2 56.242 E 104 53.275	Pabrik Sawit
12.	Borang	S 2 55.330 E 104 54.190	Anak Sungai
13.	Sukses Sumatera Timber	S 2 49.619 E 104 54.509	Pabrik Kayu
14.	Upang	S 2 42.964 E 104 57.595	Desa
15.	Pre Selat cemara	S 2 42.666 E 104 57.311	Sawah
16.	Selat cemara		Sawah
17.	Sungsang		Desa

Penangkapan ikan dilakukan dengan menggunakan jaring tangsi/insang (*gill net*) yang terbuat dari benang nilon dengan ukuran panjang 10 m dan lebar 1 m. Jaring dipasang memanjang di bagian sisi kiri dan kanan sungai dengan jumlah 14 buah. Ukuran mata jaring yang dipasang masing-masing sisi (0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0 dan 2,5 inci). Jaring diikat pada kayu pancang dan masing-masing jaring disambung secara terus menerus. Jaring-jaring ini dipasang selama \pm 4 jam dan setelah empat jam jaring diangkat dengan cara pengambilan melawan arus. Ikan yang tertangkap dicatat jenis, ukuran mata jaring dan lokasinya. Selanjutnya ikan-ikan ini diawetkan dengan

formalin 10 % untuk diidentifikasi di Laboratorium Balai Riset Perikanan Perairan Umum. Sebagai pedoman untuk identifikasi ikan digunakan buku Kottelat (1993) dan Webber and Beauford (1916).

Data yang dikumpulkan meliputi jenis ikan, panjang dan berat ikan, jumlah jenis, lokasi, waktu pemasangan alat tangkap dan pengangkatannya, kedalaman perairan, koordinat lokasi dan ukuran mata jaring. Data jenis ikan yang tertangkap dengan menggunakan jaring selanjutnya ditabulasi untuk dianalisa :

Komposisi jenis

Data jenis ikan yang tertangkap pada jaring insang dengan mata jaring yang berbeda disusun untuk diketahui jumlah dan komposisi jenisnya. Data ini dimaksudkan untuk mengetahui jenis ikan yang tertangkap dan jumlahnya pada setiap ukuran mata jaring.

Variasi ukuran ikan yang tertangkap

Ikan yang tertangkap diukur panjang totalnya berdasarkan ukuran mata jaring. Kisaran panjang ikan pada masing-masing mata jaring dibandingkan satu dengan lainnya untuk mengetahui perbandingan variasi ukuran ikan yang tertangkap.

Hasil Tangkapan

Untuk mengetahui hasil tangkapan ikan per alat tangkap maka ikan hasil tangkapan dipisahkan dan dicatat berdasarkan ukuran mata jaring/lokasi. Total hasil tangkapan dihitung dari penjumlahan data hasil tangkapan/alat tangkap/lokasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis

Pada bulan April 2007 jenis-jenis ikan yang tertangkap di 17 lokasi penelitian adalah sebanyak 70 ekor yang terdiri dari 24 jenis. Jenis ikan yang banyak tertangkap adalah ikan Lundu (*Mystus gulio*) dengan jumlah 11 ekor, Ikan Lumajang (*Cycloheilichthys enoplos*) dan ikan Juaro (*Pangasius polyuranodon*) masing-masing sebanyak 8 ekor. Pada bulan Juni total ikan yang tertangkap yaitu 106 ekor yang terdiri dari 25 Jenis. Jenis yang banyak tertangkap yaitu Lundu (*Mystus gulio*) sebanyak 50 ekor, Lampam (*Barbodes schwanenfeldii*) sebanyak 16 ekor dan Semuruk (*Osteochillus vittatus*) sebanyak 7 ekor.

Menurut Kibria & Ahmed (2005) hasil tangkapan ikan dengan menggunakan *gill net* perairan umum Banglades yang memiliki panjang 10-30 m, lebar 1 meter dan mata jaring 2-3 inci memperoleh jumlah jenis hasil tangkapan sebanyak 30 jenis ikan dengan target utama ikan *Puntius spp*, *Channa punctatus*, *Colisha fasciatus*, dan *Heteropneustes fossilis*. Sedangkan Lamberts (2001) menyatakan sebanyak 8 jenis ikan ekonomis penting yang ditangkap di rawa banjiran dengan menggunakan *gill net*. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ozcan & Balik (2009) penggunaan *gill net* di waduk dan sungai diperoleh jumlah jenis ikan yang tertangkap sebanyak 16 jenis yang terdiri dari family Cyprinidae (10 jenis), Siluridae, Centrarchidae, Balitoridae, Salmonidae dan Moronidae masing-masing 1 jenis.

Sungai Musi memiliki potensi sumberdaya ikan yang tinggi, karena sungai Musi memiliki anak sungai yang banyak dan rawa banjiran yang luas. Menurut Utomo *et al* (2007) jenis ikan yang terdapat di sungai Musi sekitar 125 jenis yang tersebar dari hulu hingga hilir. Seluruh jenis ikan tersebut mendiami berbagai tipe habitat perairan umum di DAS Musi mulai dari rawa banjiran, anak sungai, danau, estuaria dan sungai utama. Husnah *et al* (2008) menyatakan bahwa jumlah jenis ikan yang terdapat di Sungai Musi bagian hilir termasuk estuaria sebanyak 98 jenis. Selengkapnya komposisi jenis ikan hasil tangkapan jaring insang (*gill net*) pada bulan April dan Juni dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi jenis ikan hasil tangkapan jaring insang (*gill net*) pada bulan April dan Juni 2007

No	Jenis Ikan/ <i>Species of fish</i>	Nama Ilmiah/ <i>Scientific names</i>	Jumlah/Total (ekor)	
			April	Juni
1	Sepat siam	<i>Trichogaster pectoralis</i>	1	-
2	Lemajang	<i>Cycloheilichthys enoplos</i>	8	-
3	Coli	<i>Albulichthys albuloides</i>	1	-
4	Seluang batang	<i>Rasbora argyrotaenia</i>	4	3
5	Lundu	<i>Mystus gulio</i>	11	50
6	Sepengkah	<i>Parambassis macrolepis</i>	1	1
7	Juaro	<i>Pangasius polyuranodon</i>	8	2
8	Permato	<i>Lycothrissa crocodilus</i>	5	2
9	Si hitam	<i>Labeo chrysophekadion</i>	7	-
10	Lidah	<i>Achiroides leucorhynchus</i>	2	1
11	Aro mato merah	<i>Osteochillus melanopleura</i>	2	-
12	Selontok dompok	<i>Bostrichthys sinensis</i>	1	-
13	Parang-parang	<i>Chirocentrus dorab</i>	2	-
14	Lidah	<i>Achiroides melanorhynchus</i>	1	-
15	Lambak	<i>Labeobarbus ocellata</i>	1	1
16	Selontok	<i>Glossogobius giuris</i>	1	1
17	Bilis	<i>Escualosa thoracata</i>	1	-
18	Kakap	<i>Lates calcarifer</i>	2	-
19	Baung	<i>Mystus nemurus</i>	1	-
20	Aro padi	<i>Osteochillus schlegelii</i>	1	2
21	Janggut	<i>Polystonemus multifilis</i>	1	1
22	Bulu ayam	<i>Coilia lindmani</i>	2	-
23	Sepengkah	<i>Parambassis wolffii</i>	1	2
24	Udang	<i>Macrobrancium equidens</i>	1	-
25	Bengalan	<i>Puntioplites bulu</i>	-	3
26	Lampam	<i>Barbodes schwanenfeldii</i>	-	16
27	Selontok	<i>Butis butis</i>	-	2
28	Berengit	<i>Mystus nigriceps</i>	-	2
29	Semuruk	<i>Osteochillus vittatus</i>	-	7
30	Udang petak	<i>Harpiosquilla sp</i>	-	1
31	Bulu ayam 1	<i>Coilia borneensis</i>	-	1
32	Betok	<i>Anabas testudineus</i>	-	1
33	Nila	<i>Oreochromis niloticus</i>	-	1
34	Sepatung	<i>Pristolepis fasciata</i>	-	1
35	Selontok	<i>Glossogobius giuris</i>	-	-
36	Gulama keken (kepala batu)	<i>Johnius belengeri</i>	-	2
37	Tirisan putih	<i>Boesemania microlepis</i>	-	1
38	Lele	<i>Clarias batrachus</i>	-	1
39	Palau	<i>Osteochilus hasseltii</i>	-	1
	Jumlah		67	106

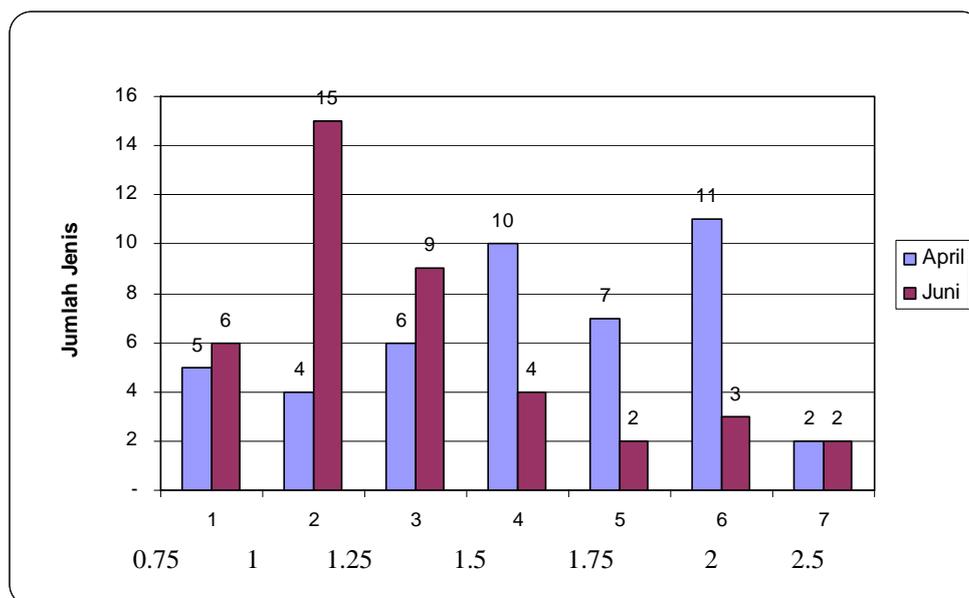
(-) tidak tertangkap

Jumlah jenis ikan yang tertangkap pada bulan April dan Juni tidak berbeda nyata yaitu sebanyak 24 jenis (April) dan 25 jenis (Juni), sedangkan total hasil tangkapan mengalami peningkatan pada bulan Juni sebesar 106 ekor dan bulan April sebesar 67 ekor. Perbedaan ini disebabkan pada bulan Juni (musim kemarau) volume air kecil dan hubungan sungai dengan rawa banjir terputus (sungai dan rawa mulai kering), sehingga sebaran ikan-ikan hanya terbatas di badan sungai. Berbeda dengan bulan April yang kondisi air masih besar sehingga sungai dan rawa banjir masih menyatu. Kondisi ini menyebabkan ikan-ikan pada bulan Juni lebih mudah tertangkap dibandingkan bulan April. Jenis ikan yang banyak tertangkap di sungai Musi adalah ikan Lundu sebanyak 50 ekor (Juni) dan 11 ekor pada bulan April. Jenis ikan ini cukup mendominasi hasil tangkapan nelayan. Ikan Lundu lebih menyukai tempat ditepi sungai yang banyak terdapat tumbuhan air karena lebih mudah untuk mencari makan. Sehingga ketika memasang jarring, maka ikan ini yang lebih banyak ditangkap.

Menurut Næsje, *et al.*, (2004) bahwa musim tidak berpengaruh nyata terhadap hasil tangkapan dengan menggunakan *gill net* di Sungai Kwando. Hal ini dapat dilihat dari jumlah jenis ikan yang tertangkap menggunakan *gill net* pada musim gugur (26 jenis) dan semi (28 jenis) tidak jauh berbeda. Walaupun pada musim gugur terjadi peningkatan tinggi air dan semi terjadi penurunan tinggi air, namun jumlah jenis hasil tangkapan tidak jauh berbeda.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa jumlah jenis ikan yang tertangkap pada bulan April dan Juni berbeda. Pada bulan April jumlah jenis ikan yang banyak tertangkap adalah pada mata jaring 1,5, 1,75 dan 2,0 inci, sedangkan pada Juni, jumlah jenis ikan yang paling banyak tertangkap adalah pada mata jaring 0,75; 1,0 dan 1,25 inci. Perbedaan hasil tangkapan ini berhubungan dengan tinggi air dan migrasi ikan. Pada musim penghujan (November-Februari) ketinggian air disungai Musi mengalami peningkatan (banjir). Pada saat banjir ikan-ikan sungai (ikan putih) akan beruaya mencari makan dan memijah. Namun setelah, air mulai surut ikan-ikan sungai ini akan kembali ke sungai. Pada bulan April kondisi air mulai surut, namun di badan sungai volume air masih besar dan ukuran ikan lebih besar yang mendiami perairan ini, sehingga ketika pemasangan jaring pada bulan April mata jaring yang lebih besar lebih banyak menangkap ikan.

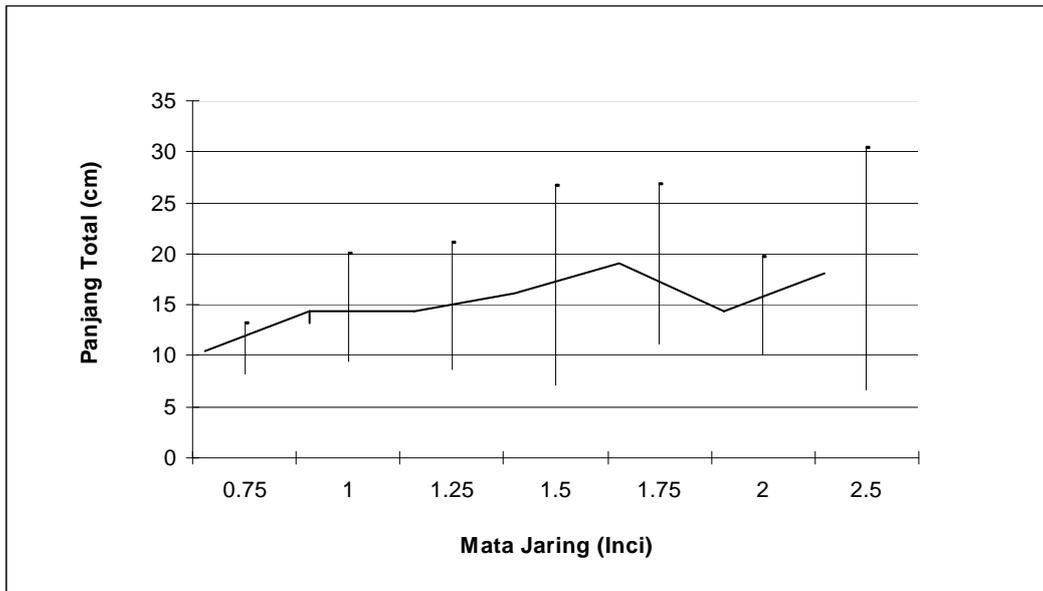
Lambert (2001) menyatakan dalam ekosistem akuatik banyak biota perairan umum yang melakukan migrasi ke wilayah rawa banjir. Dimana, keberadaan habitat rawa banjir ini dibutuhkan oleh beberapa biota perairan sebagai bagian dari perkembangan hidupnya. Selanjutnya tahapan perkembangan ikan dimulai pada saat awal musim banjir dimana ikan melakukan pemijahan dan kondisi ini dapat berguna untuk menentukan tingkatan stok dan produksi ikan.



Gambar 2. Jumlah jenis ikan yang tertangkap pada ukuran mata jaring insang yang berbeda di sungai Musi bagian hilir pada bulan April dan Juni 2007.

Variasi Ukuran Panjang Ikan

Ukuran ikan yang tertangkap dengan menggunakan jaring insang bervariasi. Pada bulan April ukuran ikan terbesar yang tertangkap memiliki panjang total 30,4 cm yaitu ikan juaro (*Pangasius polyuranodon*) dan yang terkecil dengan panjang total 6,7 cm yaitu ikan Lelidah (*Achiroides leucorhynchus*) (Gambar 3). Setiap mata jaring dapat menangkap ikan dengan ukuran yang bervariasi, namun ukuran mata jaring yang berbeda ini memiliki kisaran ukuran ikan tertangkap yang sama. Kisaran ukuran ikan yang sama memiliki kisaran panjang yaitu 11,1-13,2 cm. Artinya untuk menangkap ikan dengan panjang 11-13 cm di bulan April dapat ditangkap dengan mata jaring ukuran 0,75; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2 dan 2,5 inci.



Gambar 3. Variasi ukuran hasil tangkapan jaring insang pada bulan April 2010

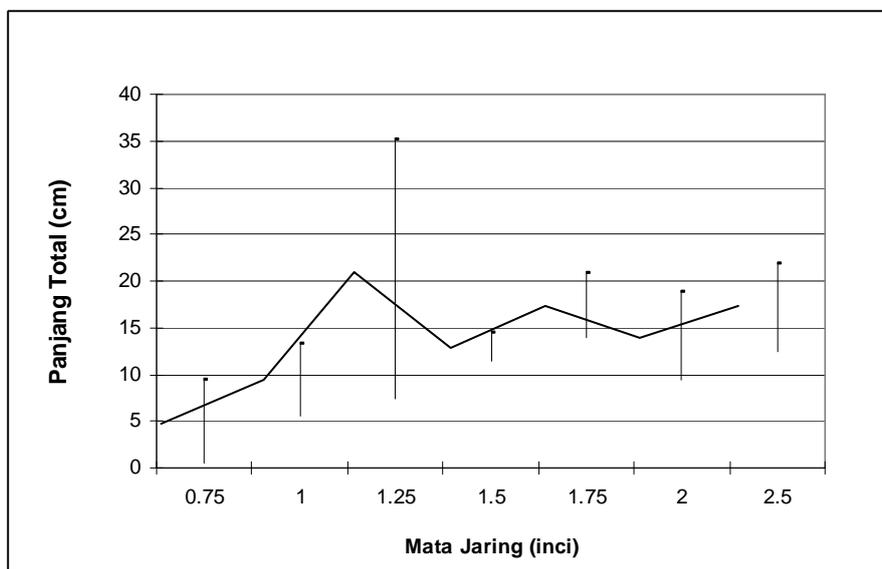
Pada bulan April, mata jaring 1,5 inci lebih banyak menangkap ikan dengan jumlah (15 ekor) dengan rata-rata ukuran panjang $\pm 13,9$ cm, sedangkan mata jaring dengan jumlah yang terendah adalah ukuran 2,5 inci dengan jumlah (3 ekor) dengan rata-rata ukuran panjang $\pm 15,4$ cm. (Tabel 3). Pada Tabel 3 dapat dilihat mata jaring dengan variasi ukuran tangkapan (cm) yang lebar adalah mata jaring 2,5 inci (6,7-30,4 cm) dan yang terkecil mata jaring 0,75 inci (6,1-20,5 cm). Berdasarkan data ini dapat ditelaah bahwa untuk mendapat hasil tangkapan dengan ukuran yang lebih bervariasi pada bulan April dapat digunakan jaring yang berukuran 2,5 inci.

Tabel 3. Jumlah ikan dan ukuran panjang-berat ikan berdasarkan ukuran mata jaring di bulan April.

Mata Jaring	Jumlah Ikan (ekor)	Kisaran Panjang (cm)	Rata-rata Panjang (cm)	Kisaran Berat	Rata-rata Berat
0,75	10	6,1-20,5	9,2	2,1-71,78	10,6
1	4	5-20,3	11,5	1,94-41,62	16,9
1,25	10	8,1-25	13,1	5,02-77,21	27,9
1,5	15	6,5-26,6	13,9	7,4-139,2	29,8
1,75	13	6-26,8	14,7	3-160	39,8
2	12	3,3-19,7	12,8	14,5-89,1	30,2
2,5	3	6,7-30,4	15,4	5,4-197	60,3
Jumlah	67				

Pada bulan Juni ukuran ikan terbesar yang tertangkap memiliki panjang total 35,2 cm yaitu ikan Juaro (*Pangasius polyuranodon*) dan yang terkecil dengan panjang

total 0,5 cm yaitu ikan Bengalan (*Puntioplites bulu*) (Gambar 4). Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa ukuran panjang minimal ikan yang tertangkap mata jaring 0,75-1,75 inci meningkat sesuai dengan ukuran mata jaringnya. Untuk ukuran panjang maksimal ikan mengalami peningkatan yang signifikan pada mata jaring 1,25 inci.



Gambar 4. Variasi ukuran hasil tangkapan jaring insang pada bulan Juni 2010

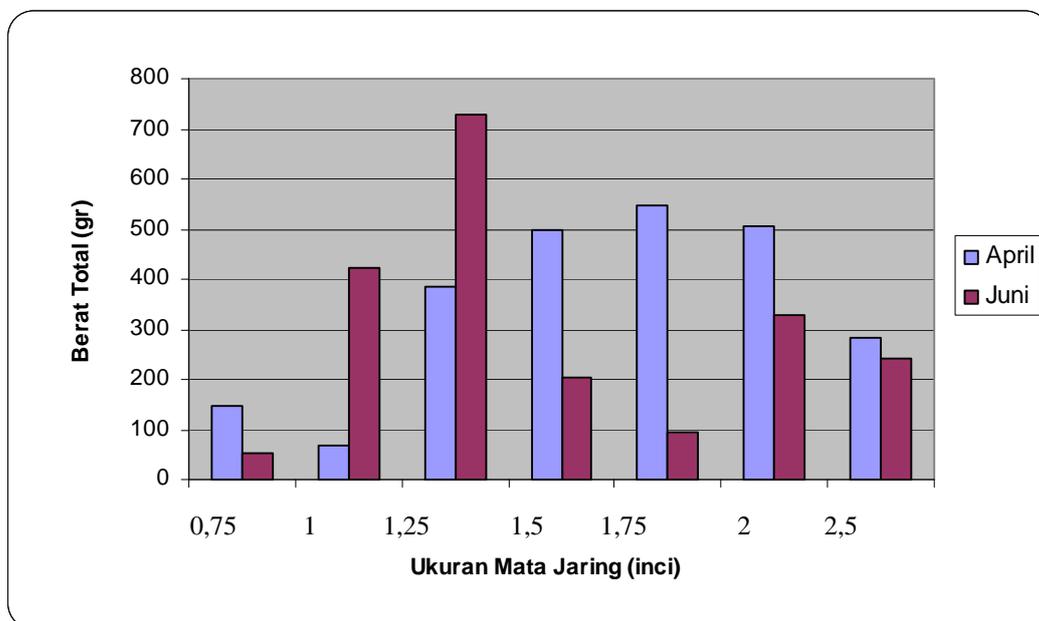
Pada bulan Juni, mata jaring 1 inci memperoleh tangkapan ikan tertinggi sebesar (39 ekor) dengan rata-rata ukuran hasil tangkapan (8,9 cm) dan terendah mata jaring 1,75 dan 2 inci dengan rata-rata ukuran hasil tangkapan (17,4 dan 17,1 cm). Seperti halnya di bulan April, pada bulan Juni jumlah hasil tangkapan setiap mata jaring bervariasi. Variasi ukuran hasil tangkapan yang paling lebar yaitu mata jaring 1,25 inci (7.4-35.2 cm) dan yang terendah yaitu mata jaring 2,5 inci (11.5-14.4 cm). Berdasarkan data ini dapat ditelaah bahwa untuk mendapatkan hasil tangkapan dengan ukuran yang lebih bervariasi pada bulan Juni dapat menggunakan mata jaring 1,25 inci. Kheng (2008) menyatakan ukuran mata jaring yang berbeda akan memperoleh ukuran ikan yang berbeda-beda. Pada ukuran mata jaring 6",7",8" dan 9" inci diperoleh rata-rata ukuran ikan yaitu 83 cm, 87 cm, 95 cm dan 90 cm.

Tabel 4. Jumlah ikan dan ukuran panjang-berat ikan berdasarkan ukuran mata jaring di bulan Juni.

Mata Jaring	Jumlah Ikan (ekor)	Kisaran Panjang (cm)	Rata-rata Panjang (cm)	Kisaran Berat	Rata-rata Berat
0,75	14	0,5-9,4	6,4	1,8-5,6	4,2
1	39	5,6-13,3	8,9	2,6-31,7	11,3
1,25	28	7,4-35,2	12,5	9,6-250	26
1,5	9	11,5-14,4	12,5	17,04-30,45	22,5
1,75	2	13,9-20,8	17,4	26,76-69,2	48
2	12	9,4-18,8	12,7	10,5-65,8	27,2
2,5	2	12,4-21,8	17,1	25,6-216	120,8
Jumlah	106				

Hasil Tangkapan

Hasil yang diperoleh masing-masing alat tangkap (belad, jaring insang, jala, rawai, jaring kantong, bubu dan sebagainya) bervariasi tergantung dengan jenis dan lokasi penangkapan. Penggunaan jaring insang lebih diutamakan untuk menangkap ikan-ikan pelagis yang berada di pinggir sungai dan ukuran ikan yang tertangkap tergantung pada ukuran mata jaring. Hasil tangkapan ikan berdasarkan ukuran mata jaring dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Berat total tangkapan ikan (gram) pada bulan April dan Juni 2007 berdasarkan mata jaring yang berbeda.

Pada Gambar 5 diatas dapat dilihat hasil tangkapan jaring insang di bulan April dan Juni. Pada bulan Juni mata jaring 1,25 inci (727,10 gr) memperoleh hasil tangkapan yang tertinggi dibandingkan dibanding dengan mata jaring lainnya, sedangkan di bulan April mata jaring 1,75 inci (546 gr) memperoleh hasil tangkapan tertinggi. Hasil tangkapan perlokasi dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah.

Tabel 6. Hasil tangkapan jaring insang (*gill net*) berdasarkan lokasi pada bulan April dan Juni 2007

No	Lokasi Sampling Sampling Station	Hasil Tangkapan (gr)/ Catch (gr)		Keterangan/ Remark
		April/ April	Juni/June	
1.	Anyar	0	323	Desa
2.	Tj. Menang	0	197,96	Hutan Sekunder
3.	Sejagung	46,06	530,01	Hutan Sekunder
4.	Pulokerto	124,96	229.39	Desa
No	Lokasi Sampling Sampling Station	Hasil Tangkapan (gr)/ Catch (gr)		Keterangan/ Remark
		April/ April	Juni/June	
5.	Gandus	481,37	83,1	Pabrik Karet
6.	Musi 2	0	10,4	PAM
7.	Begayut	107,51	29,8	Anak Sungai
8.	Muara sungai Ogan	0	157,08	Pabrik Semen
9.	Pusri	0	0	Pabrik Pupuk
10.	Hoktong	374,3	37,84	Pabrik Karet
11.	Sinar Alam Permai	350,52	64,42	Pabrik Sawit
12.	Borang	42,95	69,2	Anak Sungai
13.	Sukses Sumatera Timber	120,94	34,24	Pabrik Kayu
14.	Upang	243,99	204,04	Desa
15.	Pre Selat cemara	219,8	18,33	Sawah
16.	Selat cemara	33,6	638,4	Sawah
17.	Sungsang	360,95	414,63	Desa

Keterangan : 0 (tidak mendapatkan hasil tangkapan)

Dalam Tabel 3 dapat dilihat ada lokasi yang hasil tangkapannya 0 artinya tidak mendapatkan hasil tangkapan seperti Pusri sedangkan beberapa lokasi pada bulan April hasil tangkapannya 0. Untuk Selat Cemara pada bulan Juni memperoleh hasil tangkapan yang tertinggi yakni 638,4 gr.

KESIMPULAN

1. Variasi ukuran hasil tangkapan ikan dengan menggunakan jaring insang (*gill net*) pada bulan April dan Juni berbeda-beda. Pada bulan April variasi hasil tangkapan ikan yang lebar diperoleh pada mata jaring 2,5 inci sedangkan pada bulan Juni mata jaring 1,25 inci. Artinya untuk mendapatkan ukuran ikan dengan ukuran bervariasi dapat menggunakan kedua mata jaring ini sesuai dengan waktu penangkapan (April dan Juni).
2. Untuk tujuan mendapatkan hasil tangkapan yang banyak mata jaring yang dapat digunakan yaitu 1,75 inci (bulan April) dan 1,25 inci (bulan Juni).

PERSANTUNAN

Kegiatan dari hasil riset “Komposisi Jenis Ikan Hasil Tangkapan Gillnet Di Sungai Musi Bagian Hilir” Tahun Anggaran 2007 di biayai oleh APBN di Balai Riset Perikanan Perairan Umum (BRPPU).

DAFTAR PUSTAKA

- Balik, I; H. Cubuk. 2001. *Effect of Net Colours on Efficiency of Monofilament Gillnets for Catching Some Fish Species in Lake Beysehir. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. P 29-32.
- Dinas Perikanan Propinsi Sumatera Selatan. 2002-2006. *Statistika Perikanan*.
- Husnah, Nurhayati, E. And N, K, Suryati. 2008. *Diversity, Morphological Characters and Habitat of Fish In Musi River Drainage Area South Sumatera. Research Institute for Inlandwater Fisheries*.
- Japan International Cooperation Agency (JICA) and Direktorat General of Water Resources. 2003. *The Study on Comprehensive Water Management of Musi River Basin in the Republic of Indonesia*. Direktorat General of Water Resources. 275 hal.
- Kheng, M. 2008. *Gillnet Selectivity: A Case Study In Icelandic Lake And Marine Environments With Reference To Cambodian Fisheries*. United nationan University. Fisheries Training Programme. 34 P.
- Kibria, M. G and K.K.U. Ahmed. 2005. *Diversity of Selective and Non-Selective Fishing Gear and their Impact on Inland Fisheries in Bangladesh. NAGA, World Fish Center Newsletter Vol. 28 No. 1 & 2 Jan-Jun 2005*. P 43-48.

- Kottelat, M., A. J. Whitten., S. N. Kartikasari., S. Wirjoatmodjo. 1993. *Fresh Water Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Editions Limited. 293 hal.
- Lamberts, D. 2001. *Tonle Sap fisheries: a case study on floodplain gillnet fisheries in Siem Reap, Cambodia*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. RAP Publication 2001/11, 133 p.
- Næsje, T.F; C. J. Hay; N. Nickanor; J. H. Koekemoer; R. Strand and E.B. Thorsta. 2004. *Fish populations, gill net catches and gill net selectivity in the Kwando River, Namibia*. Norwegian Institute for Nature Research Tungasletta 2, NO-7485 Trondheim, Norway. 65 P.
- Ozcan, G & S. Balik. 2009. *Species Composition Of The Fish Species In Kemer Reservoir And Akcay Stream, Aydin, Turkey*. Journal of Central European Agriculture. Volume 9 (2008) No.4 (683-688).
- Utomo, A. D. S. Makmur, N. Muflikhah, M.F. Rahardjo dan S. Nurdawaty. 2007. *Ichthyofauna Sungai Musi Sumatera Selatan*. Pusat Riset Perikanan Tangkap. Jakarta. 182 hal.
- Weber, M. and L. F. De Beaufort. 1916. *The Fishes of The Indo-Australian Archipelago*. E. J. Brill Ltd. Leiden. Jilid 1-12.
- Welcomme, R. L. 1979. *Fisheries Ecology of Flood plain Rivers*. Longman, London and New York. P 106-136.

GLOBAL NEWS MODEL FOR CALCULATION OF NITROGEN AND PHOSPHORUS WASTE IN THE COASTAL WATERS OF JAVA

Djoko Suwarno^{1,2}, Budi Widianarko¹, Ansje Löhrr², Carolien Kroeze^{2,3}

¹ Soegijapranata Catholic University Jl. Pawiyatan Luhur IV/1, Semarang, Indonesia

² School of Science, Open University, Valkenburgerweg 177, Heerlen, The Netherlands

³ Environmental Systems Analysis Group, Wageningen University P.O. Box 47, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

(dj.suwarno@gmail.com 081325787090)

ABSTRACT

Global NEWS (Nutrient Export from Watersheds) is a model that can be used for the calculation of nitrogen, phosphorus and carbon export by the river toward coastal waters. The model has successfully been applied at both the regional and global level, using analysis of past trend trends to predict future trends. The model showed a tendency of nitrogen and phosphorus levels to increase in coastal waters with successive years, both elements were being detrimental to aquatic lifes. Prediction of future problems allows for them to be overcome by a 'proactive and reactive' approach, considering action before the problem worsens and action after the problem arises. We presented the Global NEWS model results by using the Millennium Ecosystem Assessment (MEA) scenarios as the basis for the analysis of future trend, in the coastal waters pollution of Java by selected rivers. In the past, the selected rivers showed significant increase in nitrogen and phosphorus levels. Predicted future trends varied among scenarios and nutrient forms. We concluded that the coastal waters pollution will continue to increase during the coming decades. This research illustrated how the application such as the Global NEWS could assist the local environment management aiming at the control of polluted the rivers on Java.

Keywords: *Global NEWS, MEA, nitrogen and phosphorus pollution, past and future trend*

INTRODUCTION

Indonesia is one of the world's largest archipelago nation, with about 17,508 islands that stretches 5,120 km from east to west along the equator and 1,760 km from north to south. Indonesia country's land area of 1.9 million km² and the area of marine waters were approximately 7.9 million km² (Boston, 1996; Encarta, 1998), with a length of about 81,791 km coastline. Coastal waters has the potential of natural resources (biodiversity) is large, in line with the continued increase in construction activity and the increase of population in 2020 is estimated to be approaching 257 million inhabitants and more than 60% lived in this region, will be the cause of increasingly heavy burden for inshore environment (Bakhtiar, 2002).

Based on estimates of JICA (1990), by 2010 the contribution of domestic waste water 10 times greater than the industrial waste. Coastal pollution incident in Jakarta

was characterized by the mass mortality of fish within a few years ago (Sachoemar and Wahjono, 2007)

The sources of nutrients in Indonesian rivers and watersheds have also not been studied to a great extent. Moreover, no existing study quantitatively addresses nutrient release and transport, taking into account the interplay between climate change, hydrology, human activities and coastal eutrophication. This research, therefore, aims to improve our understanding of trends in nutrient export to coastal waters of Indonesia, taking into account future trends in human activities and in hydrology.

We will use the Global NEWS model to analyse the river export of nutrients to the coastal waters of Indonesia for the period 1970–2050. The Global NEWS Nutrient Export from Water Sheds) model was developed to analyse nutrient export by rivers as a function of human activities on land, hydrology and river basin characteristics (Seitzinger et al. 2005; Mayorga et al. 2010). It includes dissolved inorganic N (DIN; Dumont et al. 2005); dissolved inorganic P (DIP; Harrison et al. 2005a); dissolved organic forms (DON, DOP, DOC; Harrison et al.2005b); and particulate N, P and C (PN, PP, POC; Beusen et al. 2005). The future scenarios up to the year 2050 were implemented in Global NEWS based on the Millennium Ecosystem Assessment (MEA) scenarios (Alcamo et al. 2005; Carpenter et al. 2005).

MATERIALS AND METHODS

We studied the 5 largest basin areas in Indonesia that were included in the Global NEWS model. The five rivers flow to the Java Sea (Table 1).

Table 1: Basins of the nineteen selected rivers draining into the coastal waters of Indonesia. Source: Global NEWS data for the year 1970

Basin ID	Basin name ¹	Area (km ²)	Discharge (km ³ /yr)	Population (inh/km ²)	Mouth_ longitude	Mouth_ latitude	Seabasin
696	Brantas	18,353	15	371	113.25	-7.25	Java Sea
812	Solo	15,308	8	455	112.25	-7.25	Java Sea
1184	Citarum	9,198	7	358	107.25	-6.25	Java Sea
1189	Cimanuk	9,192	12	292	108.25	-6.75	Java Sea
1188	Serang	9,192	8	432	110.75	-6.75	Java Sea

¹ Basin names are approximate; they indicate the most important river in the Global NEWS basin area

The Global NEWS model was used for the big rivers same with the output model, so less accurate for small basin (Mayorga et al. 2010). The Global NEWS model has many strengths. It is the first global, spatially explicit model of nutrient export from land to sea that includes multiple nutrients in multiple forms. It is a complete and comprehensive model. It has been used to analyse past and future trends.

Global NEWS (Nutrient Export from Water Sheds) models

There are two versions of the NEWS model available: NEWS-1 (2005) and NEWS-2 (2009). The Global NEWS-1 models include global models for river export of different forms of nutrients (Seitzinger et al. 2005; Dumont et al. 2005; Harrison et al. 2005a, Harrison et al. 2005b; Beusen et al. 2005). The Global NEWS-2 model (Seitzinger et al. 2010; Yan et al. 2010) combines these different N, P and C models into one user interface. Both model nutrient export by rivers as a function of human activities on the land and basin characteristics. The Global NEWS-2 model can be used to predict the annual export at the river mouth of dissolved inorganic N and P (DIN and DIP), dissolved organic N, P and C (DON, DOP and DOC), total suspended solids (TSS) and particulate forms of N, P and C (PN, PP and POC).

Global NEWS-2 thus is a unified modeling environment to facilitate the analyses of river nutrient exports of different scenarios and comparisons by basin and by element or form. Basins are described using STN-30p (version 6.01) (Vörösmarty et al. 2000a; Vörösmarty et al. 2000b). Global NEWS-2 includes a sub-model of dissolved nutrient forms and a sub-model of particulates. The dissolved sub-model takes a mass-balance approach for the land surface (watershed) and river system, which enables analyses of individual source contributions to total export at the basin mouth. The particulates sub-model is largely statistical and can therefore not be used for a detailed source attribution (Yan et al. 2010).

The dissolved sub-model calculates river export of nutrients from diffuse sources and point sources. Both inputs from natural processes and anthropogenic activities are included to quantify diffuse sources.

Particulate nutrients (PN, PP and POC) are calculated as a function of TSS as predicted by the particulates sub-model. TSS loads are calculated as a function of, amongst others, percent grassland and wetland rice, precipitation intensity, relief,

lithology and sediment trapping. For details on the Global NEWS models we refer to the original model descriptions (Seitzinger et al. 2005; Dumont et al. 2005; Harrison et al. 2005a,b; Beusen et al. 2005) and NEWS-2 descriptions (Yan et al. 2010).

River exports of nutrients are calculated by the NEWS models both in terms of yield ($\text{kg}/\text{km}^2/\text{yr}$) and load (kg/yr).

Scenarios

We explore the nutrient export by the 5 river basins to the coastal waters of Indonesia for four Millennium Ecosystem Assessment scenarios (AM, GO, OS, and TG) for the period 1970-2050. The storylines of these scenarios are described by Alcamo et al. (2005) and Carpenter et al. (2005). Model inputs for Global NEWS were developed by quantitative interpretations of these scenarios for diffuse sources of nutrients (Bouwman et al. 2009), point sources (Van Drecht et al. 2009) and hydrology (Fekete et al. 2010). The scenarios vary with respect to socio-economic trends (globalization or regionalization) and environmental management (re-active or pro-active) (Table 2)

- The *Adapting Mosaic (AM)* scenario is a regionalized scenario with a pro-active approach towards ecosystem management.
- The *Global Orchestration (GO)* scenario reflects globalization, characterised by a free global market system and with a reactive approach towards ecosystem management.
- The *Order from Strength (OS)* scenario focuses on security and regional protection of a fragmented market and the approach towards ecosystem management is reactive.
- The *Technogarden (TG)* describes another globalized world, but other than GO with a pro-active approach towards ecosystem management; this scenario assumes high technology solutions.

RESULTS AND DISCUSSION

- Drivers

Present trends in population and economy in the 5 basins. The population increased by almost 80% and per capita GDP by almost 260% between 1970 and 2000. Almost 24 million and 42 million people lived in the 5 river basins respectively in 1970 and 2000. In 2050, the population is projected to be 67 million (AM), 58 million (GO), 68 million (OS) and 61 million (TG).

Per capita GDP in 1970 was less than eight hundred US\$1995/inh/yr and almost tripled to 2.8 thousand US\$1995/inh/yr in 2000. In 2050, per capita GDP is ten to thirty times the 1970 level. The GO scenario has the highest per capita GDP (29 thousand US\$1995/inh/yr in 2050) and OS the lowest (9 thousand US\$1995/ inh/yr in 2050). In all future scenarios per capita GDP increases faster than the population. Focus on economic growth in GO and TG results in growth until 2030 that is maintained until 2050.

The urban population and population connected to sewage systems are projected to increase in the future in the four scenarios. The urban population connected to sewage was zero in 1970, and 2000. The population connected to sewage systems increases faster in scenario TG than in the other three scenarios between 2000 and 2030. In 2050, 41 million people are assumed to be connected to sewage systems in TG, which is more than in GO (37 million), OS (19 million) and AM (14 million). It is interesting to note that the population connected to sewage systems is lowest in AM, which also assumes a pro-active approach towards environmental management. Other than in TG the scenario AM assumes that societies look for local solutions that are not necessarily technological. For sewage N, closing of local cycles is considered an alternative to drainage of wastewater to rivers in scenario AM.

Nutrients export by Rivers

- Total N and P export

The total export of N by rivers was 39 Gg/yr in 1970 and 101 Gg/yr in 2000. In 2030 and 2050 the calculated N export between 76 – 115 and 81 – 131 Gg/yr. For P we calculate river export rates of about 14 - 32 Gg/yr in all scenarios.

These results may seem surprising, given the relatively large increases in population, economy, sewage connection and agricultural N and P inputs. These increases are apparently not associated with large increases in the total export of N and P by rivers. This can be explained largely by hydrological trends as a result of which discharge decreases and the river retention increases over time.

In Global NEWS, the natural discharge fluctuates between years as a result of inter-annual differences in precipitation and evapotranspiration. In the model, the natural discharge is assumed to reflect the effects of climate change (Fekete et al. 2010).

The Solo River showed the largest decrease (about 25%). These trends are the net effect of changes in the natural discharge and in human water consumption.

The retention fractions for DIP and for TSS showed similar trends as for DIN. Their retention fractions for sediments show relatively large increases. In Solo and Citarum, the basin-wide retention fractions for TSS increased by 17% and 7% in the past, and for DIP by 3%. For TSS and DIP they are predicted to increase about 16-24%, depending on the scenario. In the other basins, retention fractions do not change over time. Most basins have a high TSS retention (50% in 1970 and 2000).

The trends in total N and P export by rivers are the net effect of projected trends for dissolved and particulate forms of N. Even though the total N and P export rates do not seem to change largely over time, the loads of dissolved inorganic N and P increase considerably in the future in some scenarios and basins, as will be explained below. These trends are important, because dissolved N and P are biologically available, while not all particulate N and P are biologically available.

The river export of particulate N and P are relatively constant over time. PN and PP export decreased by a few percent between 1970 and 2000. The river export of PN are around 20-21 Gg N/yr in all years and scenarios. Also the PP export is same in the past and future years (around 12 Gg/y).

- **Dissolved N and P (DIN, DON, DIP, DOP)**

For river export of dissolved N and P we analyzed not only the trends over time, but also their sources. We compare trends of the dissolved inorganic nitrogen and phosphorus (DIN and DIP), and dissolved organic nitrogen and phosphorus (DON and DOP).

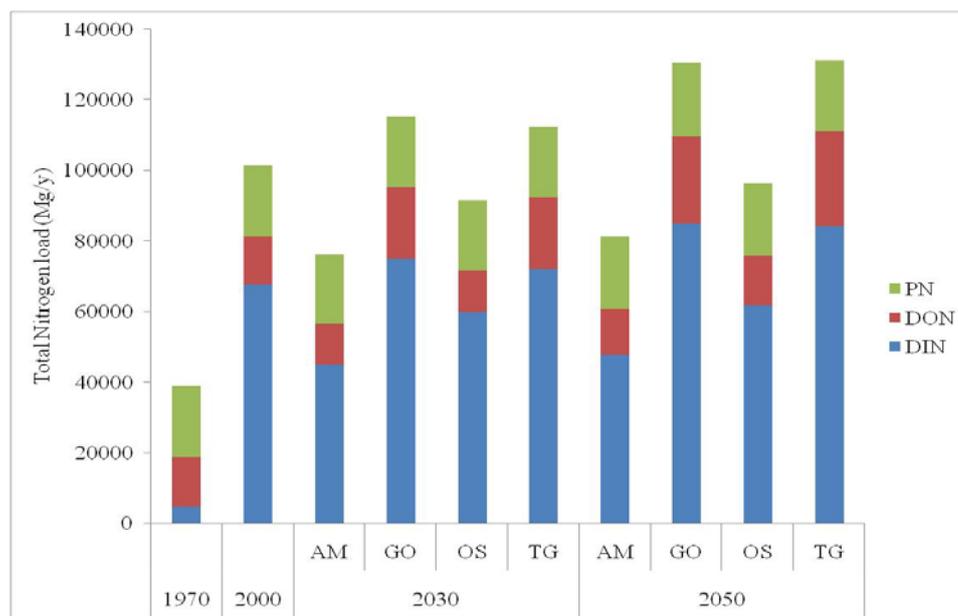


Figure 1 Nitrogen export from the five selected rivers to the Indonesian coastal waters (in Mg/year) in the past (1970 and 2000) and future (2030 and 2050); for scenarios: DIN = dissolved inorganic nitrogen, DON = dissolved organic nitrogen, PN = particulate nitrogen, c70 = contemporary in 1970, c00 = contemporary in 2000, AM (30,50) = Adapting Mosaic in 2030 and 2050; GO (30,50) = Global Orchestration in 2030 and 2050; OS (30,50) = Order from Strength in 2030 and 2050 and TG (30,50) = Technogarden in 2030 and 2050. Source: Global NEWS model.

We calculate a 1270% increase in DIN export in the past, from 5 Gg N in 1970 to 68 Gg N in 2000. This is in line with the relatively large increase in agricultural N inputs. The most important sources of DIN were anthropogenic fertilizer (43 Gg) and manure (11 Gg) in 2000. The increase can be explained in particular by an increase in DIN from anthropogenic fertilizers.

In the future, DIN export rates by rivers may increase or decrease, depending on the scenario. The highest DIN export is projected for GO (85 Gg in 2050). This increase was associated with an increase in DIN from sewage (6-27 Gg/yr) and from manure (3-11 Gg/yr). A more modest increase is calculated for GO and TG (84 Gg/yr) and OS (62 Gg/yr), while for AM we calculate a decrease (48 Gg/yr). This reduction is caused by reduced DIN inputs from anthropogenic fertilizer (t) and anthropogenic fixation (t) in 2050.

The DON load in 1970 and 2000 was 14 Gg/yr and 14 Gg/yr respectively. Also the future trends are modest and show only small increases or decreases. In the future,

an increase in DON export by rivers is projected for TG, GO and OS, and a decrease for AM. DOP load was 0.7 Gg/year in 1970 and 0.7 Gg/y in 2000. DOP export is decreasing slightly in future years, except for GO and TG. Decreasing trends are in part associated with damming of rivers.

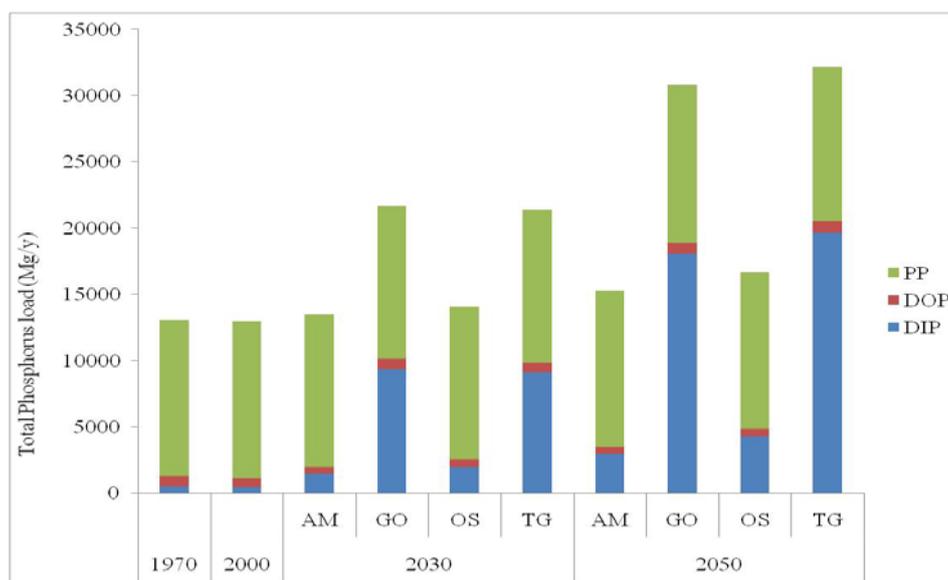


Figure 2 As Figure 1a, but for phosphorus

In the past, for DIP we calculate no increase in river export and by far the largest source of DIP in rivers was weathering. Thus the increases in P inputs in agriculture were not associated with large increased river exports of DIP. Moreover, sewage was not an important source of DIP in rivers yet, because most people lived in rural areas and were not connected to sewage systems. The largest DIP export is projected for TG (about 20 Gg/yr) and GO (less than TG) in 2050. This increase is largely associated with an increase in DIP from anthropogenic

We calculate relatively large increases in DIP export from 2000 sewage (0 in 2050). A more modest increase is calculated for OS (58 Mg) and AM (46 Mg) in 2050.

The river export of DON and DOP is largely associated with diffuse anthropogenic sources such as leaching, fertilizer application and manure application, and to a lesser extent with point sources (sewage) and damming. For the selected areas, the wetland rice area increased in the past but is projected to decrease rapidly in GO after 2000.

It is clear that sewage is an important factor in future trends in river export of nutrients. As a result, the N and P emissions to rivers from human waste (excrement)

and emissions from detergents (laundry and dishwasher) increased. The rapid increase in both N and P from human waste and detergents are estimated to continue between 2000 and 2030 with a higher rate for GO and TG and a lower rate for OS and AM. This is the net effect of several factors such as connection to sewage systems, detergent use and waste water treatment. After 2030, moderate increases or decreases in the N emissions to rivers from human waste are assumed in GO and TG, while the rapid increases in OS and AM will continue. The P input increases in AM and TG are particularly rapid after 2030. The largest inputs are in the TG and the lowest in the OS.

In the future, fertilizer use is projected to increase in all scenarios. However, this does not, in all scenarios, lead to increased fertilizer-nutrient export by rivers. For DIN, for instance, we calculate considerably lower fertilizer-induced export rates in 2050 than in 2000 for AM. This is because of increased fertilizer efficiency in this scenario: more fertilizer N is taken up by crops so that less reaches the river. For GO and TG fertilizer inputs increase over time. This is because in these scenarios fertilizer use increases while the N efficiency of agriculture does not change to a large extent (Bouwman et al 2009).

CONCLUSION

The population of Indonesia increased by almost 80% in the past, and is projected to increase by 30 – 60 % in the future, depending on the scenario. In the past population increased faster than per capita GDP. In the future the reverse is expected. In 2050 per capita GDP is projected to be 2 - 10 times the level of 2000.

In 1970 most of the population lived in rural areas. Urbanization began before 2000 and since then more people have moved to urban areas. By the year 2050 most of the population (180 - 290%) in the 5 rivers basins are assumed to live in urban areas. From 2000 human waste discharge into the river became an important source of nutrients in rivers. This is because of increasing sewage connection. In 2050, 14 to 41 million of the population are assumed to be connected to sewage systems. The scenarios assume that no sewage treatment takes place before 2030.

N and P inputs in agriculture have been increasing since 1970, and are projected to continue to increase in all four scenarios. By 2050, fertilizer N and P usage will be at least ten times the level of 1970. The largest increase, however, happened before 2000.

Between 2000 and 2050, the scenarios of AM and O are assume decrease (2 – 11 %) and GO and TG are assume increase (20 – 30 %).

These trends have implications for nutrient export by rivers. In the past, the DIN export more than doubled. This is in line with past trends in human activities. It is surprising that river export of DIP, DON, DOP, PN and PP did not increase in the past. This can be explained by the low number of people connected to sewage (an important source of DIP) and in some rivers by reduced basin discharge as a result of changes in hydrology.

For future years, we calculate relatively large increases in river export for DIP, caused by increasing sewage inputs as a result of urbanisation and improved sewage connection. For the other nutrient forms we calculate no major changes from 2000 in most scenarios. Again, this is surprising, because of the increased N and P inputs in agriculture that are envisaged in the scenarios. This does not result in large increases in river export of N and P in most scenarios because of changes in hydrology. Climate change and damming of rivers may reduce basin discharge and nutrient retention in the water. As a result, less nutrients are exported to the sea than one would expect on the basis of human activities on the land alone.

Indonesia differs in this respect from many other Asian countries, for which relatively large increases in N and P export by rivers are calculated in the future (Diaz and Rosenberg et al. 2008). Nevertheless, our results indicate an increasing risk for coastal eutrophication in Indonesia. The increased levels of DIP in coastal waters are in some scenarios associated with considerable increases in N export by rivers which is an indication for an increased eutrophication potential (Garnier et al. 2010).

Our study illustrates how the Global NEWS model can be used to support environmental management of river basins. Our analyses indicate that, in order to avoid future coastal eutrophication, improved sewage treatment may be needed, as well as improved N and P use efficiency in agriculture. Our analyses also can be used as a basis for setting research agendas for in-depth analyses of individual river basins to verify the causes and potential impacts of coastal eutrophication with local studies. There is a large need for such studies.

REFERENCES

- Alcamo J, Van Vuuren D, Cramer W, Alder J, Bennett E, Carpenter S. Changes in ecosystem services and their drivers across the scenarios. In: Carpenter S, Pingali PL, Bennett EM, Zurek MB, editors. *Ecosystems and human well-being: Scenarios*, chapter 9. Washington: Island Press 2005; pp.97–373.
- Bachtiar, T, 2002. Koprostanol sebagai indicator kontaminasi dan perunut alamiah limbah domestik di perairan pantai BanjirKanal Timur, Semarang. Jawa Tengah
- Beusen AHW, Dekkers ALM, Bouwman AF, Ludwig W, Harrison JA. Estimation of global river transport of sediments and associated particulate C, N, and P. *Global Biogeochemical Cycles* 2005;19:GB4S05. doi:10.1029/2005GB002453.
- Bouwman AF, Beusen AHW, Billen G. Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050. *Global Biogeochemical Cycles* 2009;23:GB0A04. doi:10.1029/2009GB003576.
- Carpenter SR, Pingali PL, Bennet EM., 2005. *Ecosystems and Human Well-being Scenarios*, findings of the Scenarios Working Group, Millennium Ecosystem Assessment, London, Washington, Coveldo, Island Press.
- Diaz RJ, Rosenberg R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 2008; 321(5891):926.
- Dumont E, Harrison JA, Kroeze C, Bakker EJ, Seitzinger SP. Global distribution and sources of dissolved inorganic nitrogen export to the coastal zone: results from a spatially explicit, global model. *Global Biogeochemical Cycles* 2005;19:GB4S02. doi:10.1029/2005GB002488.
- Fekete BM, Wisser D, Kroeze C, Mayorga E, Bouwman AF, Wollheim WM, Vörösmarty CJ., 2010. Millennium Ecosystem Assessment Scenario drivers (1970-2050): Climate and hydrological alterations, *Global Biogeochemical Cycles*, in press.
- Garnier J, Beusen AHW, Thieu V, Billen G, Bouwman AF. N:P:Si nutrient export ratios and ecological consequences in coastal seas evaluated by the ICEP approach *Global Biogeochemical Cycles* 2010; 24:GB0A05. doi:10.1029/2009GB003583.
- Harrison JA, Caraco N, Seitzinger SP. Global patterns and sources of dissolved organic matter export to the coastal zone: results from a spatially explicit, global model. *Global Biogeochemical Cycles* 2005a;19:GB4S04. doi:10.1029/2005GB002480.
- Harrison JA, Seitzinger SP, Bouwman AF, Caraco NF, Beusen AHW, Vörösmarty CJ. Dissolved inorganic phosphorus export to the coastal zone: results from a

spatially explicit, global model. *Global Biogeochemical Cycles* 2005b;19:GB4S03. doi:10.1029/2004GB002357.

JICA 1990. *The Study on Urban Drainage and Waste Water Disposal Project in the City of Jakarta*.

Mayorga E, Seitzinger SP, Harrison JA, Dumont E, Beusen AHW, Bouwman AF, Fekete B. 2010. Global nutrient export from watersheds 2 (NEWS 2), Model development and implementation, *Environ. Model. Software* 25 (7), 837-853.

Sachoemar, S.I. and Wahjono, H.D. 2007. *Kondisi Pencemaran Lingkungan Perairan di Teluk Jakarta*.

Seitzinger SP, Harrison JA, Dumont E, Beusen AHW, Bouman AF. Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: an overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application. *Global Biogeochemical Cycles* 2005;19:GB4S01. doi:10.1029/2005GB002606.

Seitzinger SP, Mayorga E, Bouwman AF, Kroeze C, Beusen AHW, Billen G, Van Drecht G. 2010. Global river nutrient export: a Scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochem. Cycles*, 24, GB0A08, doi:10.1029/2009GB003587.

Van Drecht G, Bouwman AF, Harrison JA, Knoop JM. Global nitrogen and phosphate in urban waste water for the period 1970–2050. *Global Biogeochemical Cycles* 2009;23:GB0A03. doi:10.1029/2009GB003458.

Vörösmarty CJ, Fekete BM, Meybeck M, Lammers RB. Geomorphometric attributes of the global system of rivers at 30-minute spatial resolution. *J Hydrol* 2000a;237(1–2):17–39.

Vörösmarty CJ, Fekete BM, Meybeck M, Lammers RB. Global system of rivers: its role in organizing continental land mass and defining land-to-ocean linkages. *Global Biogeochemical Cycles* 2000b;14(2):599–621.

Yan W, Mayorga E, Li X, Seitzinger SP, Bouwman AF. Increasing anthropogenic nitrogen inputs and riverine DIN exports from the Changjiang River basin under changing human pressures. *Global Biogeochemical Cycles* 2010;24:GB0A06. doi:10.1029/2009GB003575.

**KUALITAS BIOLOGI PERAIRAN SITU CILEUNCA
KABUPATEN BANDUNG JAWA BARAT
BERDASARKAN BIOINDIKATOR PLANKTON**

Arip Rahman , Sri Endah Purnamaningtyas

Peneliti Balai Penelitian Pemulihan dan Konservasi Sumber Daya Ikan

ABSTRAK

Penelitian ini telah dilaksanakan di perairan Situ Cileunca Kabupaten Bandung Jawa Barat. Pengambilan sampel dilakukan tiga kali yaitu pada bulan Juni, Agustus dan Oktober 2010 dengan menetapkan tiga stasiun pengambilan sampel, yaitu: Stasiun 1 Cileunca, Stasiun 2 Cipanunjang dan Stasiun 3 Cipanyisikan. Data yang diperoleh dihitung dengan menggunakan rumus kelimpahan plankton, indeks Dominansi Simpson, indeks Keanekaragaman Simpson dan Koefisien Saprobik. Hasil identifikasi ditemukan 5 kelas fitoplankton yang terdiri dari 51 genus dan 5 kelas zooplankton yang terdiri dari 18 genus. Kelimpahan fitoplankton terbanyak adalah dari kelas Dinophyceae 329521 sel/L dengan genus yang paling banyak ditemukan adalah Peridinium sp., sedangkan kelimpahan terbanyak zooplankton adalah kelas Copepoda 10172 ind/L dengan genus yang paling banyak ditemukan Cyclops sp. Di perairan Situ Cileunca tidak terjadi dominansi baik fitoplankton maupun zooplankton. Indeks dominansi fitoplankton dan zooplankton berturut-turut 0,14-0,37 (<0,5), 0,23-0,40 (<0,5) menandakan tidak terjadi dominansi sehingga keanekaragaman fitoplankton dan zooplanktonnya tinggi. Indeks keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton berturut-turut 0,63-0,86 (>0,5), 0,60-0,77 (>0,5). Dilihat dari indeks keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton, kondisi ekosistem perairan Situ Cileunca menunjukkan kondisi perairan yang masih stabil dan dilihat dari nilai koefisien saprobik (X) (0,6), tingkat pencemaran perairan Situ Cileunca termasuk perairan yang tercemar ringan (β -mesosaprobik).

Kata kunci: Struktur komunitas plankton, fitoplankton, zooplankton, Koefisien Saprobik, Situ Cileunca.

PENDAHULUAN

Situ Cileunca merupakan suatu badan air yang memiliki luas \pm 180 ha yang terletak di Pangalengan, Kabupaten Bandung bagian selatan. Situ Cileunca dibangun mulai tahun 1919 sampai dengan 1926 dan berada pada ketinggian 1400 dpl. Situ ini diapit oleh empat desa, yakni Warnasari, Margamekar, Pulosari dan Margaluyu. Situ Cileunca sebenarnya ada 2 buah : satu diatas (Situ Cipanunjang dengan luas 210 ha) yang merupakan inlet dari Situ Cileunca (180 ha).

Situ Cipanunjang dan Situ Cileunca termasuk dalam sistem waduk kaskade Sungai Cimulang Cimalik. Karakteristik waduk kaskade sangat khas, dimana kualitas perairan waduk paling bawah dipengaruhi oleh kualitas perairan waduk di atasnya. Sedangkan waduk yang berada paling atas (paling hulu) kualitas perairannya dipengaruhi oleh kualitas perairan Daerah Aliran Sungai di atasnya.

Ekosistem perairan merupakan bagian integral dari lingkungan hidup manusia yang relatif banyak dipengaruhi oleh berbagai macam kegiatan manusia serta dapat

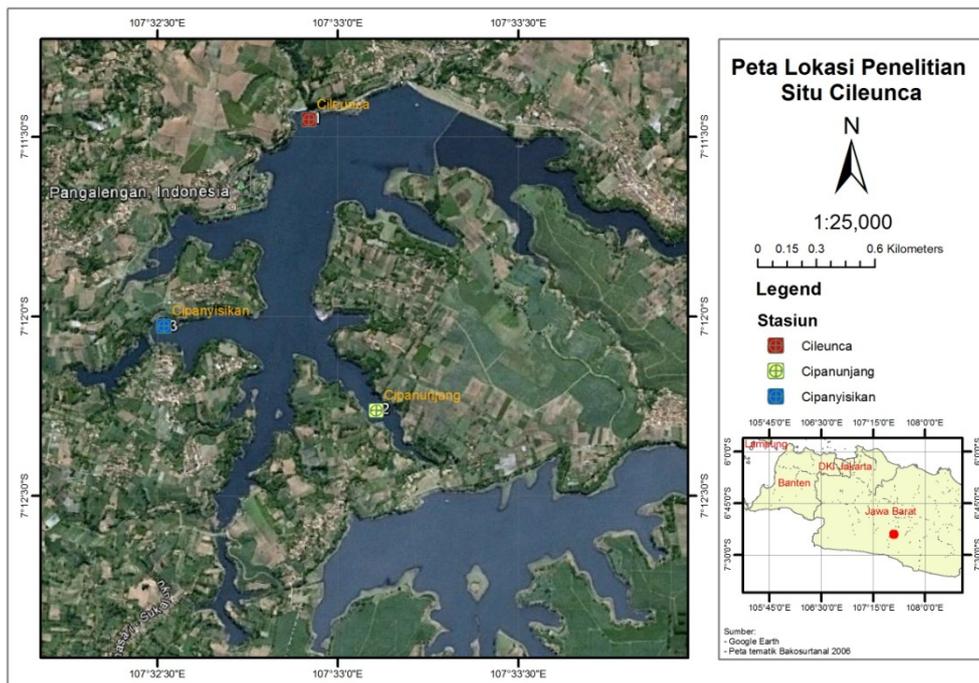
dijadikan sebagai pedoman untuk kerusakan lingkungan. Plankton merupakan organisme perairan yang keberadaannya dapat dijadikan indikator perubahan kualitas biologi perairan. Sachlan (1982) menyebutkan bahwa Plankton mempunyai kepekaan dan toleransi yang berbeda-beda terhadap bahan pencemar, sehingga dapat dijadikan indikator perubahan kualitas lingkungan perairan. Sehingga organisme plankton yang toleran terhadap bahan pencemar tersebut yang dapat bertahan pada kondisi tekanan lingkungan yang tinggi. Struktur komunitas plankton diperoleh dengan mengetahui kelimpahan, keanekaragaman serta dominansi pada habitat plankton tersebut. Pendekatan lainnya yang dapat dilakukan untuk mengetahui kondisi suatu perairan adalah dengan menggunakan indeks saprobik, dimana indeks ini digunakan untuk mengetahui tingkat ketergantungan atau hubungan suatu organisme dengan senyawa yang menjadi sumber nutrisinya. Sehingga dapat diketahui hubungan kelimpahan plankton dengan tingkat pencemaran suatu perairan (Dahuri, 1995).

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi perairan Situ Cileunca berdasarkan bioindikator plankton. Dengan mengetahui kondisi suatu perairan, diharapkan kita bisa merencanakan system pengelolaan perairan tersebut pada masa yang akan datang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni, Agustus dan Oktober 2010. Identifikasi plankton dilakukan di Laboratorium Plankton Balai Riset Pemulihan Sumberdaya Ikan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey. Penentuan lokasi pengambilan sampel ditentukan dengan cara mengikuti pola aliran air dan tata ruang di Situ Cileunca, sehingga didapatkan tiga stasiun pengamatan yaitu, Stasiun 1 Cileunca, Stasiun 2 Cipanunjang dan Stasiun 3 Cipanyisikan (Gb. 1).



Gambar 1. Peta Situ Cileunca dan stasiun pengamatannya.

Untuk mendapat gambaran tentang karakteristik struktur komunitas plankton dan kualitas air dilakukan pengambilan sampel air sebanyak 3 kali setiap dua bulan sekali pada kedalaman 0,5 m dan 2 m. Analisis plankton dilakukan dengan pendekatan yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan secara kuantitatif antara lain adalah pendekatan analisis dengan mengamati komposisi jenis – jenis tertentu yang dominan dan kelimpahan sel. Sedangkan pendekatan secara kualitatif (indeks biologi) yaitu dengan melakukan kalkulasi terhadap komponen-komponen tertentu dari struktur komunitas plankton yang diamati.

Kelimpahan plankton dinyatakan dalam individu per liter. Penentuan kelimpahan individu dilakukan dengan menggunakan metode *Lackey drop microtransect counting* (APHA,1989) dengan persamaan sebagai berikut:

$$N = n \times \frac{A}{B} \times \frac{C}{D} \times \frac{1}{E}$$

Keterangan :

N = jumlah total plankton

n = jumlah rata-rata total individu per lapangan pandang

A = luas gelas penutup (mm²)

B = luas lapangan pandang (mm²)

C = Vol. air terkonsentrasi (ml)

D = Vol. air satu tetes (ml) dibawah gelas penutup

E = Vol. air yang disaring (l)

Indeks keanekaragaman dapat dihitung dengan menggunakan rumus Simpson (Krebs 1985), sebagai berikut:

$$\text{Indeks Keanekaragaman Simpson} = 1 - \sum (P_i)^2$$

Keterangan :

P_i = Proporsi individu dalam genus ke-I

Nilai indeks keanekaragaman berkisar antara 0-1, jika nilai indeks mendekati 0 maka keanekaragamannya rendah dan jika nilai indeks mendekati 1 maka keanekaragamannya tinggi. Kestabilan ekosistem perairan dikatakan baik jika mempunyai nilai indeks keanekaragaman Simpson antara 0,6-0,8 (Odum 1971).

Indeks dominansi dihitung dengan menggunakan rumus indeks dominansi Simpson (Magurran, 1988) sebagai berikut:

$$D = \sum (P_i)^2$$

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan :

D = Indeks Dominansi Simpson

P_i = Proporsi individu dalam genus ke-I

N = Jumlah total individu

n_i = Jumlah individu dalam genus ke i

Nilai indeks dominansi Simpson berkisar antara 0-1, apabila nilai indeks mendekati 1 berarti ada dominansi dari spesies tertentu pada perairan (Magurran 1988).

Sistem Saprobitas digunakan untuk melihat kelompok organisme yang dominan dan banyak digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran dengan persamaan Dresscher dan Van Der Mark:

$$X = \frac{C + 3D - B - 3A}{A + B + C + D}$$

Dimana:

X = koefisien saprobik (-3 sampai dengan 3)

A = kelompok organisme Cyanophyceae

B = kelompok organisme Dinophyceae

C = kelompok organisme Chlorophyceae

D = kelompok organisme Bacillariophyceae

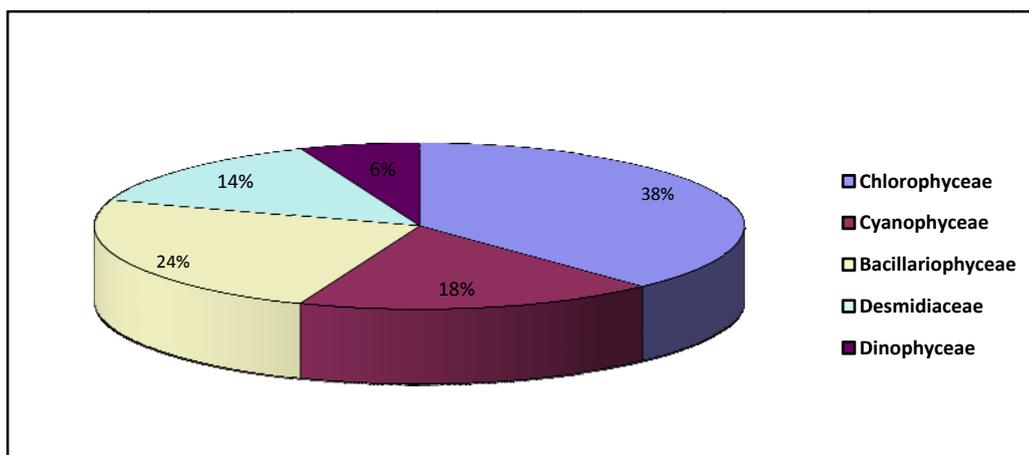
A, B, C, D = jumlah organisme yang berbeda dalam masing-masing kelompok.

Tabel 1. Hubungan Antara Koefisien Saprobik (X) dengan Tingkat Pencemaran Perairan

Bahan Pencemar	Tingkat Pencemar	Fase Saprobik	Koefisien Saprobik
Bahan Organik	Sangat Berat	Polisaprobik, Poli/ α -mesosaprobik	(-3)-(-2) (-2)-(-1,5)
	Cukup Berat	α -meso/polisaprobik α -mesosaprobik	(-1,5)-(-1,0) (-1)-(-0,5)
Bahan Organik dan Anorganik	Sedang	β -mesosaprobik	(-0,5)-(0)
		β/α mesosaprobik	(0)-(0,5)
	Ringan	β -mesosaprobik β -meso/oligosaprobik	(0,5)-(1,0) (1,0)-(1,5)
Bahan Organik dan Anorganik	Sangat Ringan	Oligo/ β -mesosaprobik	(1,5)-(2) (2,0)-(3)
		Oligosaprobik	

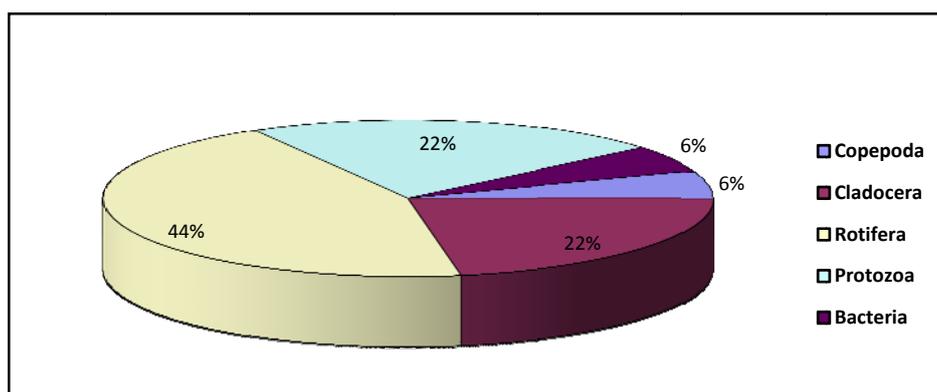
HASIL DAN PEMBAHASAN

Di perairan Cileunca ditemukan 51 genus fitoplankton dan 18 genus zooplankton. Komposisi kelas fitoplankton yang teridentifikasi di perairan Situ Cileunca terdiri dari Chlorophyceae (38%), Cyanophyceae (18%), Bacillariophyceae (24%), Desmidiaceae (14%) dan Dinophyceae (6%).



Gambar 2. Komposisi fitoplankton di Situ Cileunca

Sedangkan komposisi kelas zooplankton yang teridentifikasi di perairan Situ Cileunca terdiri dari Copepoda (6%), Cladocera (22%), Rotifera (44%), Protozoa (22%) dan Bakteria (6%).



Gambar 3. Komposisi zooplankton di Situ Cileunca

Dilihat dari komposisinya jumlah genus fitoplankton kelas Chlorophyceae merupakan yang paling banyak ditemukan, sedangkan berdasarkan kelimpahan kelas Dinophyceae merupakan yang paling besar. Berdasarkan hal tersebut diatas dapat diduga bahwa perairan Situ Cileunca sedang mengalami penyuburan. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Henderson-Sellers dan Markland (1987) yang menyatakan bahwa salah satu ciri terjadinya peningkatan kesuburan perairan adalah terjadinya perubahan jenis fitoplankton yang dominan, yaitu dari Bacillariophyceae menjadi Chlorophyceae dan selanjutnya menjadi Cyanophyceae.

Kelimpahan tertinggi fitoplankton terdapat di Stasiun 3 pada kedalaman 2 m yaitu dari kelas *Chlorophyceae* (670667 sel/L) sedangkan kelimpahan rata-rata tertinggi secara keseluruhan adalah dari kelas *Dinophyceae* (329521 sel/L) (table 2.).

Kelimpahan zooplankton yang tertinggi di dapat pada Stasiun 2 pada kedalaman 2 m dari kelas Copepoda (16431 Ind/L) dan kelimpahan rata-rata tertinggi secara keseluruhan juga adalah dari kelas Copepoda (10172 ind/L). Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan Indeks Dominansi fitoplankton pada perairan Situ Cileunca berkisar antara 0,10-0,57. Dilihat dari indeks dominansi tiap stasiun dan tiap kedalaman, tidak terjadi dominansi dari suatu kelas tertentu, kecuali pada stasiun 2 kedalaman 0,5 m terjadi dominansi dari kelas Dinophyceae dengan nilai indeks dominansi 0,57. Hal ini terbukti dengan persentase kelimpahan yang tinggi dari kelas Dinophyceae pada stasiun 2 kedalaman 0,5 m. Sedangkan untuk zooplankton berdasarkan perhitungan diperoleh nilai indeks dominansinya berkisar antara 0,21-0,62. Terjadi dominansi zooplankton pada stasiun 1 kedalaman 0,5 dan stasiun 3 pada kedalaman 2 m dari kelas Copepoda.

Tabel 2. Kelimpahan Plankton di Perairan Situ Cileunca

No	Organisme	Kelimpahan Rata-Rata												
		(Sel/L)/(Ind/L)						Presentase						
		Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3		Rata-Rata	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	0,5 m	2 m	0,5 m	2 m	0,5 m	2 m		0,5 m	2 m	0,5 m	2 m	0,5 m	2 m	
Fitoplankton														
1	Chlorophyceae	76456	63378	40575	49629	42587	670667	157215	11,28	14,01	4,94	9,87	4,11	57,37
2	Cyanophyceae	160960	112001	107306	119379	144529	145199	131562	23,75	24,75	13,06	23,75	13,95	12,42
3	Bacillariophyceae	63043	29509	22467	25485	22803	38563	33645	9,30	6,52	2,73	5,07	2,20	3,30
4	Desmidiaceae	160576	69505	29509	64049	355452	68408	124583	23,70	15,36	3,59	12,74	34,32	5,85
5	Dinophyceae	216625	178062	621708	244123	470473	246135	329521	31,97	39,35	75,67	48,57	45,42	21,06
	Jumlah	677660	452455	821565	502665	1035844	1168972							
Zooplankton														
1	Copepoda	3018	4024	13413	16431	15761	8383	10171,67	18,00	16,90	48,78	54,45	35,88	41,67
2	Cladocera	9054	3689	4695	5365	7713	5030	5924,333	54,00	15,49	17,07	17,78	17,56	25,00
3	Rotifera	4695	7042	7377	8383	8383	5365	6874,167	28,00	29,58	26,83	27,78	19,08	26,67
4	Protozoa	0	9054	2012	0	9725	0	3465,167	0,00	38,03	7,32	0,00	22,14	0,00
5	Bacteria	0	0	0	0	2347	1341	614,6667	0,00	0,00	0,00	0,00	5,34	6,67
	Jumlah	16767	23809	27497	30179	43929	20119							

Tabel 3. Indeks Dominansi Fitoplankton dan Zooplankton di Perairan Situ Cileunca

Stasiun	Indeks Dominansi Sampling Ke					
	1		2		3	
	0,5 m	2 m	0,5 m	2 m	0,5 m	2 m
Fitoplankton						
1	0,13	0,11	0,22	0,33	0,10	0,12
2	0,22	0,18	0,57	0,12	0,31	0,12
3	0,24	0,17	0,14	0,33	0,36	0,11
Zooplankton						
1	0,29	0,37	0,62	0,37	0,28	0,22
2	0,21	0,36	0,24	0,42	0,24	0,25
3	0,28	0,56	0,50	0,26	0,22	0,36

Tabel 4. Indeks Keanekaragaman Fitoplankton dan Zooplankton di Perairan Situ Cileunca

Stasiun	Indeks Keanekaragaman Sampling Ke					
	1		2		3	
	0,5 m	2 m	0,5 m	2 m	0,5	2 m
Fitoplankton						
1	0,87	0,89	0,78	0,67	0,90	0,88
2	0,78	0,82	0,43	0,88	0,69	0,88
3	0,76	0,83	0,86	0,67	0,64	0,89
Zooplankton						
1	0,71	0,63	0,38	0,63	0,72	0,78
2	0,79	0,64	0,76	0,58	0,76	0,75
3	0,72	0,44	0,50	0,74	0,78	0,64

Nilai indeks keanekaragaman fitoplankton berkisar antara 0,43-0,90 dan zooplankton berkisar antara 0,44-0,79, hal tersebut menunjukkan tingginya tingkat keanekaragaman fitoplankton dan zooplankton di perairan Situ Cileunca. Dan hal ini juga menunjukkan bahwa ekosistem Situ Cileunca masih stabil. Untuk mengetahui tingkat pencemaran di Situ Cileunca dihitung juga nilai koefisien saprobiknya. Dan berdasarkan perhitungan didapat nilai koefisien saprobik (X) (0,6), hal ini menunjukkan bahwa tingkat pencemaran perairan Situ Cileunca tercemar ringan (*β -mesosaprobik*).

Sebagai data pendukung, selama penelitian diambil data kualitas air yang nilainya tertera pada table 5. Sebagai berikut.

Tabel 5. Parameter kualitas air selama penelitian di perairan Situ Cileunca.

Lokasi	Kedalaman	O ₂ (mg/l)	Tot. Alkalinitas (mg/l)	N-NO ₂ (mg/l)	N-NO ₃ (mg/l)	N-NH ₄ (mg/l)	P-PO ₄ (mg/l)	Zat Organik (mg/l)
Stasiun 1	0,5	3,49	25,15	0,02	0,05	0,40	0,04	5,59
	2	2,80	18,68	0,03	0,12	0,65	0,14	5,72
Stasiun 2	0,5	2,83	18,68	0,03	0,38	0,97	0,27	5,28
	2	2,18	21,15	0,04	0,54	1,12	0,23	5,51
Stasiun 3	0,5	3,96	21,98	0,02	0,22	0,64	0,12	6,36
	2	3,10	19,55	0,02	0,20	0,75	0,14	7,41
	rerata	3,06	20,86	0,03	0,25	0,76	0,16	5,98
	SD	0,616	2,490	0,007	0,179	0,257	0,084	0,790

Berdasarkan tabel tersebut diatas, kandungan O₂ berkisar antara 2,18-3,96 mg/L (3,06±0,616). Menurut Pescod (1973) bahwa kandungan oksigen terlarut 2 mg/L di dalam perairan sudah cukup untuk mendukung kehidupan biota akuatik, sedangkan menurut Schmittou (1991) kandungan oksigen terlarut lebih dari 4 mg/L mendukung

kehidupan ikan dengan layak. Total Alkalinitas selama penelitian berkisar antara 18,68-25,15 mg/L ($20,86 \pm 2,490$). Menurut Boyd (1990), perairan alami yang memiliki total alkalinitas 40 mg/L atau lebih dianggap lebih produktif daripada perairan dengan alkalinitas lebih rendah.

Kandungan nitrit selama penelitian berkisar antara 0,02-0,04 mg/L ($0,03 \pm 0,007$). Kandungan nitrit tersebut diatas masih berada pada kisaran aman baku mutu air menurut Storet (PP No. 82 tahun 2001) yaitu 0,06 mg/L. Sedangkan kandungan nitrat selama penelitian berkisar 0,05-0,54 mg/L ($0,25 \pm 0,179$). Menurut kriteria Vollenweider (1968) dalam Wetzel (1983), bahwa perairan dengan kandungan nitrat berkisar 0,00-1,00 mg/L termasuk tipe perairan oligotrof. Jadi dilihat dari kandungan nitratnya perairan Situ Cileunca termasuk tipe perairan oligotrof. Selanjutnya kandungan amonium selama penelitian berkisar 0,40-1,12 mg/L ($0,76 \pm 0,257$). Amonium mempunyai keuntungan dilihat dari segi pemanfaatannya karena plankton langsung dapat memanfaatkan dalam sintesis asam-asam amino (Nontji, 1984).

Kandungan fosfat selama penelitian berkisar antara 0,04-0,27 mg/L ($0,16 \pm 0,084$). Rata-rata nilai kandungan fosfat tersebut diatas masih dibawah standar baku mutu air menurut metode Storet (PP No. 82 tahun 2001). Jadi perairan Situ Cileunca masih dalam kondisi layak untuk usaha perikanan. Kandungan zat organik selama penelitian berkisar antara 5,28-7,41 mg/L ($5,98 \pm 0,790$). Menurut Reid (1961) perairan dengan kandungan zat organik diatas 26 mg/L tergolong subur. Variasi kandungan zat organik tersebut dapat mempengaruhi keragaman fitoplankton.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan nilai rata-rata indeks keanekaragaman dan dominansi, perairan Situ Cileunca masih termasuk perairan yang stabil.
2. Tingkat pencemaran perairan Situ Cileunca berdasarkan nilai koefisien saprobiknya termasuk perairan yang tercemar ringan (*β -mesosaprobik*).
3. Berdasarkan nilai parameter air yang diperoleh selama penelitian, perairan Situ Cileunca masih layak untuk usaha perikanan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Public Health Association (APHA). 1989. *Standard Methods for The Examination of Water and Waste Water*. 17th ed. APHA. Washington DC. 1193 pp.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Pond for Aquaculture*. Alabama: Alabama Aquaculture Experiment Station, Auburn University.
- Dahuri, R. 1995. *Metode dan Pengukuran Kualitas Air Aspek Biologi*. IPB. Bogor.
- Henderson-Sellers, B. and H.R. Markland. 1987. *Decaying Lakes. The Origin and Control of Cultural Eutrofication. Principles and Tecniques in The Environmental Science*. John Willey and Sons Ltd. Chichester. 254 hal.
- Krebs, C.J. 1978. *Ecology : The Experiment Analysis of Distribution and Abundance*. Third Edition. Harper Collins Publisher. New York. 654 hal.
- Magurran, E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Princeton. 179 hal.
- Nontji, A. 1984. *Biomassa dan Produktivitas Fitoplankton di Perairan Teluk Jakarta serta Kaitannya dengan Faktor-Faktor Lingkungan*. Suatu Thesis Fakultas Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. Third Ed. W.B. Saunders Company. Philladelphia. 574 hal.
- Pescod, M.B. 1973. *Investigation of rational effluent stream standard for tropical countries*. AIT, Bangkok. 59 hal.
- Reid, G.K. 1961. *Ecology Inland Water Estuaria*. New York: Reinhold Published Co.
- Sachlan, H.S. 1982. *Planktonologi*. Fakultas Peternakan dan Perikanan. Universitas Diponegoro. Semarang. 117 hal.
- Schmittou, H.R. 1991. *Cage Culture, A method of Fish Production in Indonesia*. Central Research Institute of Fisheries. Indonesia. 126 hal.
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. W.B. Saunders College Company. Philladelphia. London. 373 hal.

PRAKIRAAN DISTRIBUSI TOTAL SEDIMEN TERSUSPENSI DAN BESAR BUTIR PARTIKEL SEDIMEN DASAR PADA DAERAH TANGKAPAN AIR WADUK CIRATA

Moelyadi Moelyo¹, Januar² dan Irfan Sudono³

^{1,2}Balai Lingkungan Keairan, ³Balai Hidrologi dan Tata Air

Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kem. PU, Jl. Ir. Juanda No. 193 – Bandung 40135

Email: moelyadimoelyo@yahoo.com

ABSTRAK

Secara alami, sedimentasi terjadi dimulai dengan jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik dan memecah material sedimen menjadi partikel halus yang terangkut bersama aliran permukaan serta mengendap sebagai sedimen, sesuai dengan kekuatan tenaga angkutnya. Pada umumnya besaran sedimen tampak tegas terjadi pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau proses sedimentasi akan tetap berlangsung meskipun relatif sedikit bila dibandingkan dengan musim penghujan. Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data dan informasi distribusi sedimen tersuspensi dan fraksinasi sedimen dasar untuk mengevaluasi terkait adanya kecenderungan peningkatan angkutan sedimen yang masuk kedalam Waduk Cirata. Penelitian ini selain menggunakan data primer dan sekunder hasil monitoring berbagai institusi terkait dengan pengelolaan sumberdaya air di wilayah Sungai Citarum. Pengukuran dilakukan pada periode bulan November-Desember 2008 dan periode bulan Februari-Maret 2009. Pemeriksaan laboratorium untuk pengujian kadar sedimen tersuspensi dan analisa besar butir partikel sedimen dasar dilakukan dengan cara Gravimetri melalui proses dekantasi, evaporasi dan filtrasi berdasarkan metode pada SNI 03-3414-1994, ASTM Part 19-1981 dan IS 6339-1971. Dari hasil analisis konsentrasi sedimen tersuspensi dari S.Cimeta, S.Cibalagung, S.Cikundul dan S.Cisokan, merupakan anak-anak sungai Citarum yang berada di daerah tangkapan air untuk Waduk Cirata, diperoleh kadar sedimen tersuspensi rata-rata 32.8-216.3 mg/L (S.Cimeta), 34.2-2169 mg/L (S.Cibalagung), 31.2-143.2 mg/L (S.Cikundul) dan 41.4-162.9 mg/L (S.Cisokan). Sedangkan besar butir partikel dominan dari sedimen dasar masing-masing anak sungai umumnya terdiri atas fraksi pasir halus ($\varnothing 0.063-0.125$ mm) sampai koral kasar ($\varnothing 10-20$ mm).

Kata kunci : energi kinetik, sedimentasi, besar butir partikel, dekantasi, gravimetri

ABSTRACT

Naturally, sedimentation occurred beginning with the fall of rain which produces kinetic energy and break down the material into fine particles of sediment are transported with the flow and settle to the sediment surface, according to the labor force transport means. In general, the amount of sediment appears firmly occurs during the rainy season, while during the dry season sedimentation process will still take place despite relatively little when compared with the rainy season. The research activities aim to obtain data and information on suspended sediment distribution and fractionation associated sediments to evaluate the tendency of an increase in sediment transport into Cirata Reservoir. This study uses data other than primary and secondary institutions monitoring results associated with the management of water resources in Citarum river area. Measurements were made in the period from November to December 2008 and February-March period in 2009. Laboratory tests to test levels of suspended sediment particles and sediment grain size analysis performed by a gravimetric basis through a process of decantation, evaporation, and filtration method based on SNI 03-3414-1994, ASTM Part 19-1981, and IS 6339-1971. From the analysis of suspended sediment concentrations of S. Cimeta, S. Cibalagung, S.Cikundul, and S. Cisokan, as tributary of Citarum River catchment area for Cirata Reservoir, suspended sediment levels gained an average of 32.8-216.3 mg / L (S. Cimeta), 34.2-2169 mg / L (S. Cibalagung), 2.31-143.2mg/L (S. Cikundul), and 41.4-162.9 mg / L (S. Cisokan). While the dominant grain size of sediment particles of the base of each tributary is generally composed of fine sand fraction ($\varnothing 0063-0125$ mm) to coarse pebbles (10-20 mm \varnothing).

Keywords : kinetic energy, sedimentation, particle size, decantation, gravimetry

PENDAHULUAN

Proses sedimentasi secara umum mencakup proses erosi, transportasi dan kompaksi dari pada sedimen itu sendiri. Secara alami, sedimentasi terjadi dimulai dengan jatuhnya hujan yang menghasilkan energi kinetik dan memecah material sedimen menjadi partikel halus yang terangkut bersama aliran permukaan serta mengendap sebagai sedimen, sesuai dengan kekuatan tenaga angkutnya. Pada umumnya besaran sedimen tampak tegas terjadi pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau proses sedimentasi akan tetap berlangsung meskipun relatif sedikit bila dibandingkan dengan musim penghujan.

Besarnya angkutan sedimen pada suatu sungai merupakan salah satu komponen informasi hidrologi selain banjir, kekeringan dan potensi sumber daya air. Data angkutan sedimen merupakan data yang sangat dibutuhkan dalam perencanaan prasarana sumber daya air antara lain untuk memperkirakan umur guna waduk (*dead storage*), perhitungan dimensi kantong lumpur (*sandtrap*) dan untuk operasi dan pemeliharaan irigasi. Terdapat beberapa parameter lingkungan yang sangat mempengaruhi angkutan sedimen dalam suatu sungai antara lain vegetasi penutup (*land covering*), penggunaan lahan (*landuse*), jenis tanah dan batuan, kemiringan lahan dan intensitas hujan yang mempengaruhi besaran debit.

Waduk Cirata berada pada ketinggian 223 meter dpl, volume 230.000 m³, kedalaman rata-rata 34.9 m, luas genangan 6.400 Ha dan berada di wilayah Kabupaten Cianjur, merupakan sumber air permukaan penampung air Sungai Citarum dan beberapa anak sungainya antara lain Sungai Cikundul, Sungai Cibalagung, Sungai Cisokan dan Sungai Cimeta. yang dapat membangkitkan energi listrik rata-rata sebesar 1.426 juta kilowatt/jam/tahun serta pengembangan budidaya perikanan darat dan pariwisata. Pada daerah ini, air mengalir sepanjang tahun karena curah hujan cukup tinggi, sehingga musim kemarau tidak terlihat ada kekeringan, karena sungai-sungai yang mengalir mempunyai pola dendritik.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengukuran dan Pengambilan Contoh

Penelitian dilaksanakan pada DAS Citarum dalam periode bulan November-Desember 2008 dan periode bulan Februari-Maret 2009. Pengambilan contoh sedimen

tersuspensi dilakukan berdasarkan SNI 3414:2008, menggunakan alat jenis USDH-48 Sediment Sampler dengan metode *Equal Discharge Increment (EDI)*, yang pengambilan contohnya dilakukan pada titik tengah pada sub penampang melintang sungai yang memiliki besaran debit yang sama. Oleh karena itu sebelum pengambilan contoh dilakukan, harus dilakukan lebih dahulu pengukuran debit untuk menentukan titik pengambilan sedimen tersuspensi.

Pengambilan contoh sedimen tersuspensi dilakukan secara integrasi dimulai dari permukaan air sampai dengan dasar sungai dengan menggunakan alat USDH-48 yang dilengkapi *nozzle*. Besarnya diameter *nozzle* disesuaikan dengan kecepatan arus air pada titik dimana pengambilan contoh sedimen tersuspensi dilakukan sehingga dengan penggunaan waktu pengambilan yang sesuai dengan ketentuan, maka akan diperoleh volume *sample* air berkisar antara 350 cc sampai 400 cc sesuai dengan kapasitas botol untuk pengambilan contoh sedimen.

Pengambilan sedimen dasar sungai dilakukan dengan menggunakan alat jenis Bed Material Grabber jenis Hydrobios atau Van Essen Sampler, pada dasar sungai dengan metode acak karena umumnya dilakukan untuk analisis besar butir partikel sedimen. Hal ini sejalan dengan pesatnya pembangunan infrastruktur, yang menjadikan adanya perubahan tata guna lahan yang menambah tingginya angkutan sedimen tersuspensi serta perubahan karakteristik aliran pada sungai.

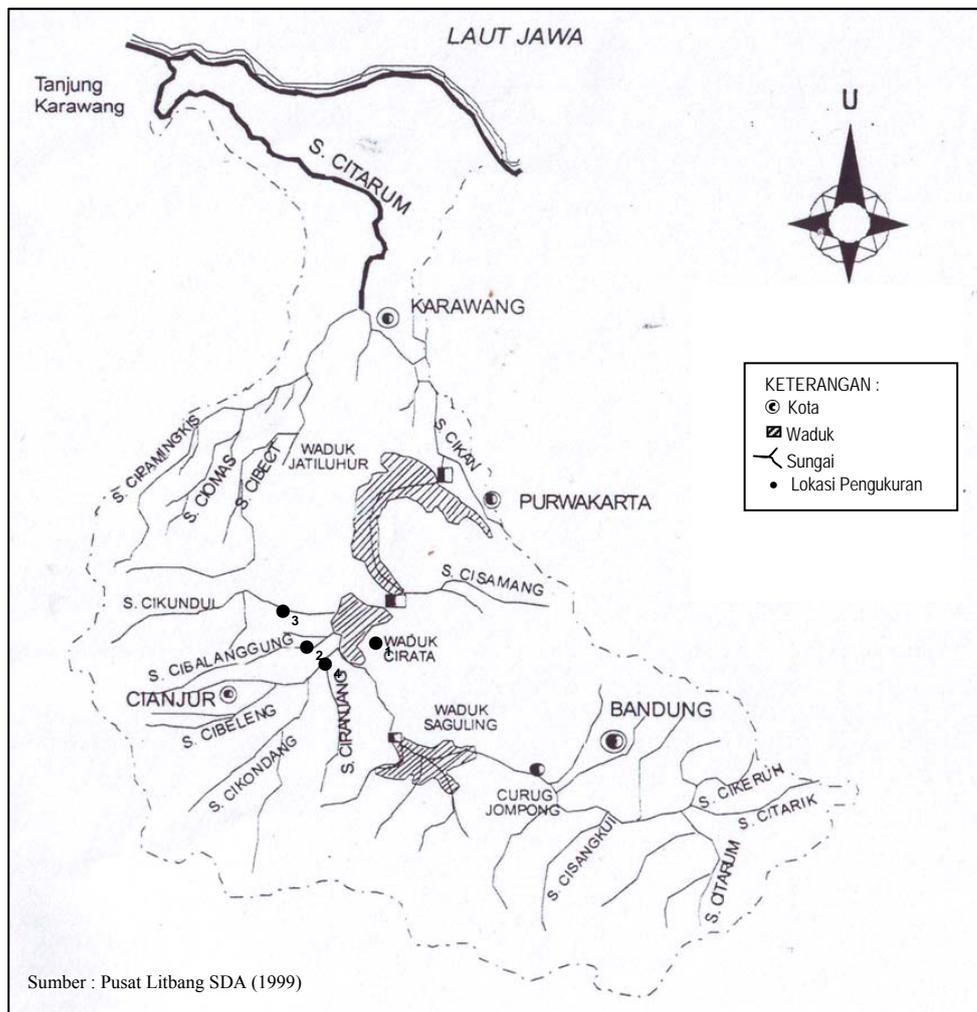
Contoh sedimen tersuspensi yang telah diambil, disimpan dalam wadah dan dimasukkan dalam kotak contoh berbentuk persegi panjang dengan penyekat masing-masing berukuran wadah contoh sedimen. Kotak contoh ini terbuat dari bahan yang mudah dibawa dan tertutup, karena tahap awal pengujian sedimen tersuspensi adalah volume air yang terambil tidak boleh berkurang selama transportasi ke laboratorium. Pengurangan volume contoh selama transportasi, akan mempengaruhi perhitungan konsentrasi sedimen tersuspensi. Untuk sedimen dasar karena ditempatkan dalam wadah berupa kantong plastik poly-bag, dapat disimpan dalam kotak contoh atau tempat penyimpanan lain, yang kuat bocor, resistansi gesekan, bebas kontaminasi dan tidak mudah pecah.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di wilayah kerja Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bandung Barat, Propinsi Jawa Barat, yaitu pada daerah tangkapan air Waduk Cirata sebagaimana diuraikan dalam Tabel 1 dan Gambar 1 berikutnya.

Tabel 1. Lokasi Penelitian Pada Daerah Tangkapan Air Waduk Cirata

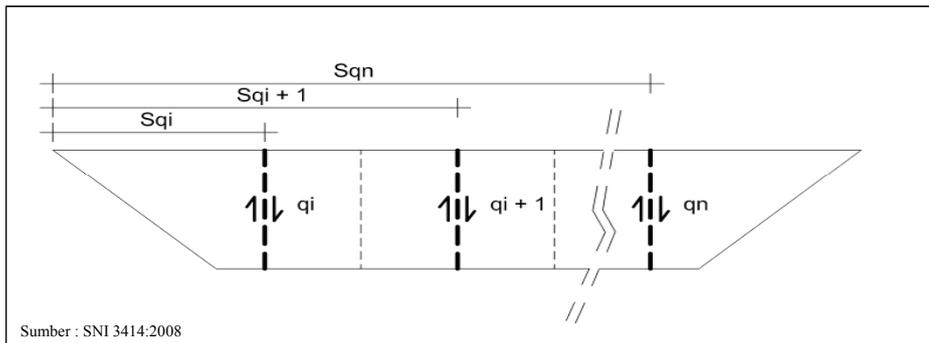
No.	DAS	Sub DAS	Lokasi	Posisi Geografis
1	S. Citarum	S. Cimeta -Bepak	Kp. Pasirangin, Ds. Kertamukti, Kec. Cipatat, Kab. Bandung Barat	06°49'00" LS 107° 23' 09" BT
2		S. Cibalagung - Leuwigarut	Kp. Ciroyom, Ds. Bobojong, Kec. Mande, Kab. Cianjur	06°45'45" LS 107° 14' 00" BT
3		S. Cikundul - Cikerta	Kp. Tarikolot, Ds. Cinangsi, Kec. Cikalong Wetan, Kab. Cianjur	06°44'05" LS 107° 12' 40" BT
4		S. Cisokan - Mangled	Kp. Mangled, Desa Jati, Kecamatan Bojong Picung, Kab. Cianjur	06°49'00" LS 107° 23' 09" BT



Gambar 1. Posisi Waduk Cirata dan Lokasi Penelitian Pada DAS Citarum Titik lokasi pengambilan contoh, dipilih berdasarkan kriteria sebagai berikut :

- a) tidak terpengaruh adanya bangunan air atau arus balik;

- b) dilakukan pada lokasi pengukuran debit;
- c) dasar sungai merata
- d) penampang melintang harus tegak lurus arah aliran;
- e) data pengukuran aktual yang diperlukan sebelum pengambilan contoh muatan sedimen, terdiri dari : i) penampang melintang; ii) debit aliran air; dan iii) tinggi muka air terkait pengukuran;
- f) penetapan titik pengambilan contoh pada q_i , dengan S_{qi} adalah jarak antara titik pengambilan terhadap titik awal seperti diperlihatkan sketsa berikut.



Penetapan Kadar Sedimen Tersuspensi

Metode penetapan kadar sedimen dilakukan dengan metode dekantasi, evaporasi dan gravimetri. Dalam proses dekantasi pemisahan air suspensi dengan sedimen tersuspensi dalam waktu 24 jam, setelah proses sedimentasi dianggap sempurna dapat diketahui volume air suspensi (V mL) dan volume sedimen secara kasar (v mL). Evaporasi air suspensi yang masih terdapat dalam sedimen dilakukan pada Pelat Pemanas (*hot plate*), kemudian dipanaskan pada suhu $103-105^{\circ}\text{C}$ untuk mendapatkan besaran berat tetap sedimen, yang diperoleh melalui penimbangan (g milligram). Sehingga penetapan kadar sedimen tersuspensi melalui rumus empirik :

$$C = g \cdot 1000 / V \text{ (dalam : mg/L)}$$

Untuk : C = kadar sedimen tersuspensi (mg/L); g = berat sedimen (mg); V = volume air suspensi (L)

Penetapan Besar Butir Partikel

Penetapan besar butir partikel sedimen sungai dapat dibagi dalam 3 tahapan penetapan, yaitu :

- a) Tahapan perlakuan awal, yaitu menghilangkan bahan-bahan pengikat yang umumnya berupa bahan organik, ion kalsium dan oksida tanah menggunakan

pendisipersi larutan natrium pirofosfat (13.386 gram $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ dalam 1 liter akuades);

- b) Pemisahan fraksi-fraksi kasar dan material lain non sedimen, sekaligus memisahkan fraksi pasir kasar menggunakan ayakan sesuai ukuran diameter celah (mesh); dan
- c) Pemisahan masing-masing fraksi sedimen menggunakan peralatan : ayakan bergradasi diameter celah, pipet khusus atau hidrometer khusus.

Berdasarkan pada perbedaan ukuran besar butir partikel sedimen, dapat diklasifikasikan susunan butir partikel sedimen sebagai berikut (Klein, 1962) :

Ukuran Besar Butir	Nama Fraksi	Catatan
$\leq 0.5 \mu$	K o l o i d	-
$0.5 \mu - 5 \mu$	L i a t	-
$5 \mu - 64 \mu$	Lempung	-
$64 \mu - 2 \text{ mm}$	Pasir	Pasir Halus
$\geq 2 \text{ mm}$	Kerikil, Korol	Pasir Kasar

Pembagian fraksi sedimen tersebut di atas masih secara garis besar dari klasifikasi sedimen yang sebenarnya menurut *US Bureau of Standards* (Lambe, 1951) sebanyak 24 fraksi ($4,0 \text{ mm} - 0.2 \mu$). Sistem pembagian yang umum digunakan untuk penetapan besar butir partikel sedimen tersuspensi adalah menurut *US Ground Water and Geological Survey* seperti diuraikan berikut ini (Raymond, 1959) :

Partikel Sedimen	Diameter Butir Partikel (mm)	
Kerikil	\geq	2.00
Pasir Sangat Kasar	1.00	- 2.00
Pasir Kasar	0.50	- 1.00
Pasir Medium	0.25	- 0.50
Pasir Halus	0.125	- 0.25
Pasir Sangat Halus	0.063	- 0.125
Lempung	0.004	- 0.063
L i a t	\leq	0.004

Pengukuran Debit Aliran Air

Pengukuran debit dimaksudkan untuk memperoleh data hubungan debit terhadap tinggi muka air, sebagai basis untuk menghitung debit runtu waktu dan sedimen runtu waktu selama periode penelitian. Pengukuran debit dilaksanakan menggunakan metode langsung (*direct method*) dengan cara merawas atau menggunakan perahu. Peralatan pengukuran debit yang digunakan, meliputi : i) alat ukur arus dengan baling-baling

bersumbu horisontal sesuai dengan spesifikasi alat dan kondisi lapangan; *ii*) alat hitung putaran baling-baling; *iii*) alat ukur kedalaman dengan ketelitian 1 cm; *iv*) alat ukur lebar yang tidak berubah dengan ketelitian 1 cm; dan *v*) alat ukur waktu dengan ketelitian 1 detik.

Debit sesaat dihitung menggunakan metode interval tengah (*mid section method*), debit setiap interval (1) dan debit total (2) dihitung dengan persamaan berikut :

$$q_x = V_x d_x \frac{b_{(x+1)} + b_{(x-1)}}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = \sum_{x=1}^n q_x \dots\dots\dots (2)$$

Untuk : q_x = debit pada penampang ke x ; V_x = kecepatan aliran rata-rata pada penampang x ; $b_{(x+1)}$ = jarak titik vertikal sesudah titik vertikal ke x dari titik tetap; $b_{(x-1)}$ = jarak titik vertikal sebelum titik vertikal ke x dari titik tetap; dx = kedalaman pada titik vertikal ke x ; Q = debit seluruh penampang (m³/detik); n = banyaknya penampang bagian.

Angkutan Sedimen Dalam Sungai

Angkutan sedimen secara hidrologi dinyatakan sebagai terbawanya partikel-partikel tanah dalam suatu aliran air, proses ini terjadi karena terkikisnya tanah permukaan pada suatu daerah aliran sungai oleh hujan, banjir, pergerakan tanah dan erosi. Untuk daerah tepian badan air baik sungai alamiah maupun saluran pengairan, partikel tanah tersebut terbawa kedalam aliran sebagai material tersuspensi dalam air (*suspended load materials*).

Dalam badan air tersebut selain terdapatnya sedimen yang tersuspensi, dalam badan air tersebut terdapat pula partikel sedimen lain yang mempunyai ukuran yang lebih besar dan bergerak pada dasar aliran. Partikel-partikel ini umumnya mempunyai berat jenis (*specific gravity*) yang relatif lebih besar yaitu sekitar 1.3 – 2.65, untuk material yang sangat tergantung pada pola aliran air disebut material dasar bergerak (*bed load materials*) sedangkan untuk material yang tidak tergantung pola aliran dan saling mengikat satu sama lainnya disebut sebagai material dasar sungai (*bottom sediment materials*).

Konsentrasi angkutan sedimen dalam suatu aliran akan sangat tergantung pada kecepatan aliran bervariasi dan besar dan kecilnya konsentrasi sedimen tersuspensi. Perbedaan jumlah angkutan sedimen tersebut diantaranya disebabkan oleh : (i) peruncingan aliran, dimana partikel kecil akan terseret oleh luncuran keras partikel besar, perbedaan konsentrasi partikel ini akan menyebabkan perbedaan kecepatan

aliran; (ii) penambahan partikel dari berbagai jenis dan ukuran yang akan berlangsung sepanjang aliran; dan (iii) terdapatnya pengaruh atau faktor lain berupa rintangan yang timbul pada sistem aliran sehingga dapat menghentikan aliran dan mengumpulkan sedimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Sedimen Tersuspensi

Hasil pengukuran sedimen tersuspensi pada beberapa anak sungai di daerah aliran sungai Citarum masing-masing adalah S.Cimeta, S.Cibalagung, S.Cikundul dan S.Cisokan pada periode bulan November-Desember 2008 dan bulan Februari-Maret 2009, secara umum dapat diuraikan sebagai berikut :

a) Sungai Cimeta

Sungai Cimeta pada lokasi Beipak dengan luas daerah tangkapan air 132,5 km², besaran konsentrasi sedimen rata-rata pada periode ini berkisar antara 15.00 mg/L sampai 216.3 mg/L, sedangkan debit aliran air pada lokasi ini rata-rata sebesar 0.84 m³/detik – 9.08 m³/detik, sehingga jumlah angkutan sedimen berkisar antara 1.58 ton/hari sampai 147.3 ton/hari

b) Sungai Cibalagung

Sungai Cibalagung pada lokasi Leuwigarut dengan luas daerah tangkapan air 45.1 km², besaran konsentrasi sedimen rata-rata pada periode ini berkisar antara 34.20 mg/L sampai 2169 mg/L, sedangkan debit aliran air pada lokasi ini rata-rata sebesar 0.80 m³/detik 21.14 m³/detik, sehingga jumlah angkutan sedimen berkisar antara 4.55ton/hari sampai 2205 ton/hari

c) Sungai Cikundul

Sungai Cikundul pada lokasi Cikerta dengan luas daerah tangkapan air 173.4 km², besaran konsentrasi sedimen rata-rata pada periode ini berkisar antara 22.30 mg/L sampai 143.2 mg/L, sedangkan debit aliran air pada lokasi ini rata-rata sebesar 4.57 m³/detik 24.48 m³/detik, sehingga jumlah angkutan sedimen berkisar antara 12.32 ton/hari sampai 93.69 ton/hari.

d) *Sungai Cisokan*

Sungai Cisokan pada lokasi Manglid dengan luas daerah tangkapan air 623 km², besaran konsentrasi sedimen rata-rata pada periode ini berkisar antara 150 mg/L

sampai 162.9 mg/L, sedangkan debit aliran air pada lokasi ini rata-rata sebesar 19.27 m³/detik 81.80 m³/detik, sehingga jumlah angkutan sedimen berkisar antara 89.64 ton/hari sampai 713.81 ton/hari

Distribusi sedimen tersuspensi pada lokasi sungai di wilayah penelitian, tampak adanya keseragaman dalam sebaran konsentrasi sedimennya, sebagaimana diperlihatkan dalam hasil analisis konsentrasi sedimen tersuspensi diuraikan di atas. Secara umum dapat dikatakan, terdapat korelasi positif antara angkutan sedimen terhadap debit aliran air, dimana semakin bertambah besar debit aliran air akan semakin besar pula angkutan sedimen, hal ini tampak dengan semakin keruh konsentrasi sedimennya. Namun demikian, banyak faktor di lapangan yang berpengaruh pula terhadap angkutan sedimen seperti curah hujan dan perubahan tata guna lahan.

Secara empirik analisis sedimen aktual dengan waktu penelitian, dapat dianggap berkorelasi positif apabila faktor alami lainnya dianggap tidak berpengaruh. Untuk itu dalam penelitian ini dapat ditentukan model matematik sederhana berupa persamaan berpangkat (power regression) dan besarnya koefisien determinasi (R) untuk analisis angkutan sedimen tersuspensi (Qs) dan besar debit aliran air (Q) sebagaimana diuraikan tabel berikut ini.

Tabel 2. Model Matematik Lengkung Angkutan Sedimen Tersuspensi

No.	Lokasi Penelitian	Persamaan Berpangkat (Power Regression) Model Lengkung Angkutan Sedimen
1	S. Cimeta -Bepak	$f(Q_s) = 1.8983 Q^{1.6482}$, R = 0.8823
2	S. Cibalagung - Leuwigarut	$f(Q_s) = 7.5570 Q^{1.2422}$, R = 0.9661
3	S. Cikundul - Cikerta	$f(Q_s) = 0.5588 Q^{2.2785}$, R = 0.7374
4	S. Cisokan - Mangled	$f(Q_s) = 9.3660 Q^{1.0187}$, R = 0.9366

Laju Sedimen Tersuspensi

Menurut Bennet (1939) dan Hudson (1976) dalam Pusat Litbang SDA (2001), menyatakan bahwa untuk pembentukan lapisan tanah setebal 25 mm (375 ton/ha) di bawah kondisi alamiah akan berlangsung selama 300 tahun, namun apabila disertai dengan usaha pemeliharaan tanah dengan baik, jangka waktu tersebut dapat dipercepat menjadi 30 tahun. Sehingga apabila pembentukan tanah setebal 375 ton/ha perlu waktu 30 tahun (12.50 ton/ha/tahun), maka untuk lapisan tanah setebal 25 mm yang terkikis selama 30 tahun ekuivalen dengan laju sedimentasi 0.8333 mm/tahun. Dalam hal

ini dapat dinyatakan bahwa, batas laju erosi atau sedimentasi yang dapat ditoleransi pada suatu daerah aliran sungai adalah 0.8333 mm/tahun

Tabel 3. Laju Sedimen Tersuspensi Menurut Perhitungan Periode Penelitian

DAS	Jumlah Angkutan Sedimen			Luas DAS (km ²)	Laju Sedimentasi (mm/tahun)
	(ton/hari)	(m ³ /hari)	(m ³ /tahun)		
S. Cimeta – Beipak	319.90	290.82	1740.17	132.5	0.0131
S.Cibalagung- Leuwigarut	3167.5	2879.5	17229.9	45.1	0.3820
S.Cikundul - Cikerta	966.56	878.69	5257.75	173.4	0.0303
S.Cisokan - Manglid	7353.1	6684.7	39998.6	623	0.0642

.Bila kriteria batas laju sedimentasi atau erosi yang dapat ditoleransi pada daerah aliran sungai adalah 0.8333 mm/tahun, maka untuk daerah aliran sungai di wilayah penelitian dapat dinyatakan bahwa tingkat laju sedimentasi untuk : S.Cimeta di Beipak (0.0131 mm/th), S.Cibalagung di Leuwigarut (0.3820 mm/th), S.Cikundul di Cikerta (0.0303 mm/th) dan S.Cisokan di Manglid (0.0642 mm/th) masih belum melampaui batas toleransi (laju sedimentasi/erosi relatif rendah) kecuali S.Cibalagung-Leuwigarut termasuk kriteria laju erosi relatif sedang.

Distribusi Sedimen Dasar Sungai

Karakteristik angkutan sedimen setiap lokasi, masing-masing menyajikan informasi sedimen tersuspensi sebagaimana diuraikan di atas, juga sedimen yang terbawa aliran lain seperti sedimen dasar. Karakteristik fisik sedimen adalah semakin tinggi padatan tetapnya akan semakin tinggi fraksi pasir sampai ke gravel yang menjadi bahan sedimen dasar.

Dari hasil karakterisasi fisik sedimen dasar sungai dapat diketahui bahwa fraksi dominan dalam sedimen dasar sungai. Sebagaimana diuraikan berikut :

a) Sungai Cimeta

Karakteristik fisik sedimen dasar dalam Sungai Cimeta - Beipak rata-rata pada periode penelitian masing-masing adalah : fraksi pasir halus berkisar antara 1.68 % sampai 9.06 %, fraksi pasir kasar antara 69.1 % sampai 77.94 % dan fraksi kerikil-koral antara 13.00 % sampai 29.21%.

b) Sungai Cibalagung

Karakteristik fisik sedimen dasar dalam Sungai Cibalagung - Leuwigarut rata-rata pada periode penelitian masing-masing adalah : fraksi liat-lempung berkisar antara

3.87 % sampai 28.33 %, fraksi pasir halus-pasir kasar antara 70.20 % sampai 71.50% dan fraksi kerikil-koral antara 0.17% sampai 25.93 %.

c) Sungai Cikundul

Karakteristik fisik sedimen dasar dalam Sungai Cikundul - Cikerta rata-rata pada periode penelitian masing-masing adalah : fraksi pasir halus berkisar antara 1.69 % sampai 42.11 %, fraksi pasir kasar antara 37.31 % sampai 70.03 % dan fraksi kerikil-koral antara 20.58 % sampai 28.28 %.

d) Sungai Cisokan

Karakteristik fisik sedimen dasar dalam Sungai Cisokan - Manglid rata-rata pada periode penelitian masing-masing adalah : fraksi pasir halus berkisar antara 1.19 % sampai 6.39 %, fraksi pasir kasar antara 72.72 % sampai 92.30 % dan fraksi kerikil-koral antara 1.31 % sampai 26.09 %.

Distribusi sedimen dasar sungai pada lokasi sungai di wilayah penelitian umumnya terdiri dari pasir dan kerikil yang bercampur dengan ukuran yang berbeda-beda. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pergeseran dan gaya seret sedimen dasar sungai, antara lain berat jenis pasir dan kerikil itu sendiri. Berat jenis pasir dan kerikil sebagai salah satu karakteristik sedimen dasar sungai, secara dominan akan mempengaruhi hasil pengukuran pergerakan sedimen dalam dasar sungai, dimana setiap kesalahan relatif 5% dalam pengukuran berat jenis akan menjadi 2 kali jika kondisi dalam air, untuk itu penentuan berat jenis menjadi faktor penting dalam pengujian sedimen dasar sungai.

Pengamatan distribusi besar butir sedimen dasar sungai berdasarkan hasil pengukuran dapat diketahui bahwa, secara umum dapat diketahui tidak terdapat korelasi distribusi sedimen dasar sungai dengan debit aliran air sewaktu. Hal ini disebabkan banyak faktor di lapangan yang berpengaruh sangat besar pula, terhadap distribusi besar butir partikel sedimen dasar selain curah hujan dan perubahan tata guna lahan.

KESIMPULAN

Kajian sedimentasi sungai sangat diperlukan dukungan data dan informasi yang lengkap dan komprehensif, terutama terkait dengan perubahan tata guna lahan dan variasi musim dengan siklus panjang. Mengingat korelasi angkutan sedimen dan laju

sedimentasi, sangat tergantung pada kondisi lingkungan daerah tangkapan airnya. Hal ini tampak dari hasil penelitian distribusi sedimen tersuspensi dalam sungai di daerah tangkapan air Waduk Cirata, sebagaimana disimpulkan berikut :

1. Konsentrasi sedimen tersuspensi masing-masing sungai pada musim hujan (November-Desember) adalah 32.80-216.30 mg/L (S.Cimeta), 34.20-2168.6 mg/L (S.Cibalagung), 31.20-143.20 mg/L (S.Cikundul) dan 41.40-162.90 mg/L (S.Cisokan). Sedangkan pada musim kering (Februari-Maret) adalah 15.00-51.7 mg/L (S.Cimeta), 61.20-126.9 mg/L (S.Cibalagung), 22.30-66.20 mg/L (S.Cikundul) dan 88.60-150.00 mg/L (S.Cisokan).
2. Terdapat korelasi positif debit aliran air dengan jumlah angkutan sedimen tersuspensi, setiap sungai yaitu 0.84-9.08 m/detik dengan 1.58-147,3 ton/hari (S.Cimeta), 0.80-21.14 m³/detik dengan 4.55-2205 ton/hari (S.Cibalagung), 4.57-22.48 m³/detik dengan 12.32-93.69 ton/hari (S.Cikundul) dan 19.27-81.80 m³/detik dengan 89.64-713.81 ton/hari (S.Cisokan).
3. Distribusi partikel sedimen dasar sungai umumnya didominasi fraksi pasir halus dan pasir kasar, sebagaimana ditunjukkan oleh dominansi persentase tembus akumulatif besar butir diameter median (D_{50}), masing-masing adalah pasir kasar (S.Cimeta), pasir halus (S.Cibalagung), pasir halus (S.Cikundul) dan pasir kasar (S.Cisokan).
4. Besaran angkutan sedimen menurut perhitungan laju sedimentasi masing-masing sungai pada daerah penelitian adalah 0.031 mm/tahun (S. Cimeta), 0.3820 mm/tahun (S.Cibalagung), 0.0303 mm/tahun (S.Cikundul) dan 0.0642 mm/tahun (S.Cisokan). Namun demikian, menurut kriteria *Bennet (1939)* dan *Hudson (1976)* batas laju sedimentasi sungai pada daerah tangkapan air Waduk Cirata ini masih dalam kriteria relatif laju erosi rendah sampai sedang.

SARAN

Dalam pelaksanaan kegiatan penelitian masih terdapat permasalahan yang perlu dikembangkan dalam kajian distribusi sedimen tersuspensi masa mendatang, diantaranya :

1. kajian parameter lingkungan DAS dan elemen meteorologi sewaktu
2. perlu adanya ketentuan jelas yang mengatur pemanfaatan sumber daya alam pada daerah pengaliran sungai.

3. pola penggunaan tanah disesuaikan dengan kondisi lereng, kemiringan tanah, kultur, tehnik dan jenis tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Lingkungan Keairan dan Kepala Balai Hidrologi Tata Air, Pusat Litbang Sumber Daya Air atas kesempatan dan dorongan dapat melakukan kegiatan penelitian lintas balai. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala UBP Waduk Cirata dan rekan-rekan Teknisi Laboratorium dan Surveyor Balai LK dan Balai HITA atas dukungan data dan informasi yang diberikan pada tim penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Lambe, William, T., 1969, *Soil Testing for Engineering*, John Willey & Sons, Inc, New York-London-Sydney.
- Moelyadi Moelyo, 2003, *Teknik Sampling Sedimen, Preparasi, Transportasi, Penyimpanan dan Stabilitas Sampel Sedimen*, Materi Ajar pada Kursus Teknik Sampling Air, Tanah Terkontaminasi dan Limbah B3, Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung
- Nana Terangna & Moelyadi M, 2001, *Aspek Pencemaran Sedimen Dalam Pengelolaan Sumberdaya Air dan Lingkungan Keairan*, Presentasi Paper Pada Hari Air Sedunia 2001, Departemen Kimpraswil, Jakarta
- , 2001, *Studi Sedimentasi Saluran Micro-Sub-Macro Wilayah Jakarta Pusat*, Laporan Akhir, Sudin PU Jakarta Pusat - Pusat Litbang SDA, Bandung
 - , 1978, *Ilmu Tanah Umum*, Departemen Ilmu-Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
 - , 1971, *Penuntun Analisa Tanah*, Lembaga Penelitian Tanah, Bogor.
 - , 1981, *Preparation of Samples for Collaborative Testing of Methods for Analysis of Sediments*, Annual Book of ASTM Standard, D-3975-80.
 - SNI 3414:2008, *Tata Cara Pengambilan Contoh Muatan Sedimen Melayang di Sungai Dengan Cara Integrasi Kedalaman Berdasarkan Pembagian Debit*, BSN, Jakarta
 - SNI 03-2412-1991, *Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air*, BSN, Jakarta.

- SNI 03-2414-1991, *Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung*, BSN, Jakarta

APLIKASI TRIX INDEX DALAM PENENTUAN STATUS TROFIK DI DANAU LAUT TAWAR, KABUPATEN ACEH TENGAH, PROVINSI ACEH

Husnah

*Balai Penelitian Perikanan Perairan Umum
Jl. Mariana No. 308 Telp. (0711) 537194 Palembang*

ABSTRAK

Status trofik merupakan salah satu komponen yang dibutuhkan dalam pengaturan pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya perairan dan ikan. Status trofik dapat ditentukan dengan berbagai pendekatan dan salah satunya adalah Trix index. Hasil studi di wilayah pesisir Eropa mengindikasikan bahwa Trix Index lebih sesuai diaplikasikan pada perairan dengan konsentrasi klorofil tinggi. Sedangkan di Indonesia belum banyak dilakukan. Danau Laut Tawar merupakan sumber air Sungai Krung Peusangan dan memberikan kontribusi besar terhadap produksi perikanan perairan umum di Kabupaten Aceh Tengah. Beberapa informasi mengindikasikan bahwa status trofik danau tergolong mesotrofik, namun berdasarkan karakteristik perairan lainnya tergolong oligotrofik. Penelitian pendahuluan bertujuan mengetahui kesuaian Trix index untuk menentukan status trofik di Danau Laut Tawar dilakukan pada bulan Maret 2012. Empat stasiun pengamatan ditentukan berdasarkan perbedaan mikrohabitat. Contoh air untuk pengukuran beberapa parameter air yang berkaitan dengan status trofik diambil dari tiga kedalaman yaitu 1 dan 10 meter dari permukaan dan 7 meter dari dasar perairan. Empat parameter yaitu klorofil a, oksigen terlarut jenuh, fosfor dan nitrogen total digunakan untuk analisa Trix index, sedangkan parameter lainnya digunakan sebagai pembanding. Hasil pengukuran dengan Trix index menunjukkan status trofik Danau Laut Tawar tergolong eutrofik dengan index 5.33. Berdasarkan parameter lainnya mengindikasikan perairan yang oligotrofik menuju mesotrofik dengan kecerahan pada kisaran 3.21-7.99 m dan produktivitas primer pada kisaran 0.33- 63 mg C/m²/hari Hal ini didukung juga dengan nilai rata-rata klorofil sebesar 6.23 µg/L dan kelimpahan total plankton pada kisaran 1.500-38.900 sel/L. Hasil studi ini menunjukkan penentuan status trofik menggunakan Trix index pada perairan danau dengan kandungan klorofil rendah sebaiknya dilengkapi dengan data trofik lainnya.

Kata Kunci : *Trix indeks, status trofik, danau laut tawar*

PENDAHULUAN

Trofik secara ekologi didefinisikan sebagai sumber utama makanan pada lapisan dasar (awal) dari jaring-jaring makanan (Lindeman, 1942 dalam Dodds & Cole, 2007). Perubahan trofik akan menyebabkan perubahan morfometrik, morfologi dan juga kelimpahan organisme dalam suatu jaring-jaring makanan (Racy *et al.*, 2005). Status trofik sering digunakan untuk mengklasifikasikan ekosistem perairan berdasarkan produktivitas biologinya. Kegiatan manusia yang merubah kandungan unsur hara dan masuknya cahaya matahari ke dalam ekosistem perairan sangat mempengaruhi status trofik suatu perairan (Dodds & Cole, 2007). Oleh karena itu status trofik tersebut merupakan salah satu komponen yang dibutuhkan dalam pengaturan pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya perairan dan ikan .

Status trofik dapat ditentukan dengan berbagai pendekatan empiris menggunakan berbagai indikator perairan seperti morfologi, kimia dan biologi. unsur hara. Studi pengembangan dan aplikasi pendekatan empiris status trofik telah banyak dilakukan namun sebagian besar dilakukan di negara beriklim sedang seperti indeks trofik Carlson (TSI) (Carlson, 1977), model Vollenweider (TRIX indeks) (EEA, 2001; UNEP, 2007), model Larsen Mercier, model nitrogen-phosphorus ratio (Snow, 1999) dan kedalaman secchi disk (Druon *et al.*, 2004). Aplikasi model empiris status trofik pada beberapa danau di Indonesia masih terbatas dan sebagian menggunakan pada indeks Carlson (Samuel dan Suryati, 2012) dan TRIX (Insan, 2009). Dibandingkan dengan model Carlson (1977), penentuan status trofik dengan model Vollenweider (TRIX indeks) memiliki kelebihan diantaranya adalah dapat menggambarkan distribusi unsur hara, klorofil dan kecerahan.

Danau Laut Tawar merupakan sumber air dan merupakan bagian hulu dari Sungai Krueng Peusangan (Khasanah *et al.*, 2010) di Kabupaten Aceh Tengah. Perairan Danau Laut Tawar memberikan kontribusi besar terhadap produksi perikanan perairan umum. Permasalahan utama ekologi yang dihadapi masyarakat saat ini diantaranya adalah penurunan debit air, rendahnya kualitas air dan sedimentasi (Khasanah *et al.*, 2010). Penurunan kualitas lingkungan tersebut akan mempengaruhi produktivitas perairan, sumberdaya ikan dan kegiatan perikanan di Danau Laut Tawar. Fenomena kematian massal ikan pada keramba tancap akibat berkurangnya debit air ditemukan di outlet Danau Laut Tawar pada tahun 2009 (Serambi News, 2009).

Studi status trofik dengan menggunakan model Vollenweider *et al* (1998) telah dilakukan di Danau Laut Tawar dan mengindikasikan bahwa status trofik danau tergolong mesotrofik, namun berdasarkan karakteristik perairan lainnya tergolong oligotrofik. Penelitian pendahuluan bertujuan mengetahui kesuaian TRIX index untuk menentukan status trofik di Danau Laut Tawar dilakukan pada bulan Maret dan Juni 2012.

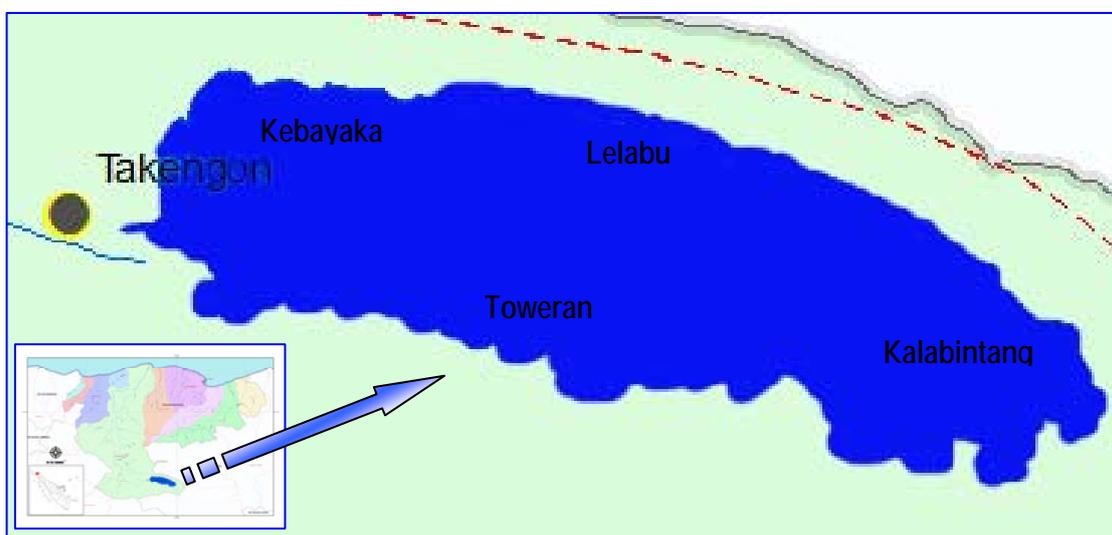
BAHAN DAN METODA

Penelitian bersifat survey inventarisasi telah dilakukan di perairan Danau Laut Tawar, Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam pada bulan Maret dan Juni 2012. Pengambilan contoh air untuk penghitungan status trofik dilakukan pada

empat stasiun masing-masing adalah Kebayakan, Toweran, Lelabu, dan Kala Bintang (Gambar 1).

Pengambilan Contoh

Contoh air diambil menggunakan 2-L Kemmerer water sample pada kedalaman eufotik yaitu pada kedalaman 1 dan 10 meter dari permukaan perairan pada masing-masing stasiun untuk pengamatan parameter trofik. Sebagian parameter seperti suhu udara, suhu, kedalaman, kecerahan, nilai pH, alkalinitas total, kesadahan total, dan oksigen jenuh (dissolved oxygen saturation) dianalisa in situ, sedangkan total fosfor dan total nitrogen dianalisa di laboratorium.



Gambar 1. Stasiun pengambilan contoh status trofik di perairan Danau Laut Tawar, Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Nangroe Aceh Darussalam tahun 2012

Pengamatan produktivitas primer fitoplankton pada bulan Maret dilakukan pada stasiun dan kedalaman yang sama namun pada bulan Juni pengamatan hanya dapat dilakukan di dua stasiun yaitu Kebayakan dan Lelabu. Hal ini berkaitan dengan hilangnya peralatan pada stasiun Toweran dan Kala Bintang akibat kuatnya arus perairan.

Untuk mendukung tingkat trofik, dilakukan pengukuran metabolisme komunitas dengan metode siklus oksigen terlarut (Lind, 1985) perairan melalui pengamatan oksigen terlarut setiap 3 jam selama 24 jam. Pengamatan dilakukan pada dua stasiun yaitu Lelabu dan One-One yang merupakan lokasi budidaya keramba jaring apung. Metode yang digunakan untuk analisa parameter kualitas perairan tersebut terdapat pada Tabel 1.

Tabel 2. Parameter Kualitas Air dan Sedimen yang Diamati Selama Penelitian.

No.	Parameter	Peralatan	Metode	
1.	Fisika	Suhu	Termometer	visual
		Kecerahan	Secchi Disc	visual
		Daya Hantar Listrik	Conductivity meter	elektrometri
		Kedalaman air	Echo depth	Akustik
2.	Kimia	pH	pH-meter	Kolorimetri
		oksigen terlarut		Titrasi Winkler
		Alkalinitas		titrimetri
		Hardness		titrimetri
		TN	Spectrofotometer	Spectrofotometric
		TP	Spectrofotometer	Digesti Persulfat
		Klorofil a	Spectrofotometer	Spectrofotometric
		Produktivitas primer	Botol gelap-terang	Titrimetri
Metabolisme perairan		DO 24 jam		

Analisa Data

Status trofik perairan Danau Laut Tawar akan dihitung dengan model pendekatan Trix Indeks (Vollenweider *et al*, 1998 dalam EEA, 2001) sebagai berikut:

$$X_c = \left(\frac{k}{n} \right) \sum_{i=1}^n (\log(M - L) / \log(U - L)) i$$

Dimana:

- N = Jumlah variabel/parameter (dalam studi ini 4)
(klorofil, oksigen jenuh, nitrogen total, fosfor total)
- M = Rata-rata hasil pengukuran parameter
- U = Batas atas (maksimum)
- L = Batas bawah (minimum)
- Xc = Trix trofik indek

Metabolisme komunitas perairan Danau Laut Tawar dihitung sebagai berikut:

Respirasi komunitas total (R) = $O_2 H_0 \text{ jam } 18 - O_2 H_1 \text{ jam } 06$

Fotosintesa komunitas bruto (P) = $O_2 H_0 \text{ jam } 06 - O_2 H_0 \text{ jam } 18$

Ratio fotosintesis/Respirasi = (P/R)

Dimana

Ho = Hari pertama

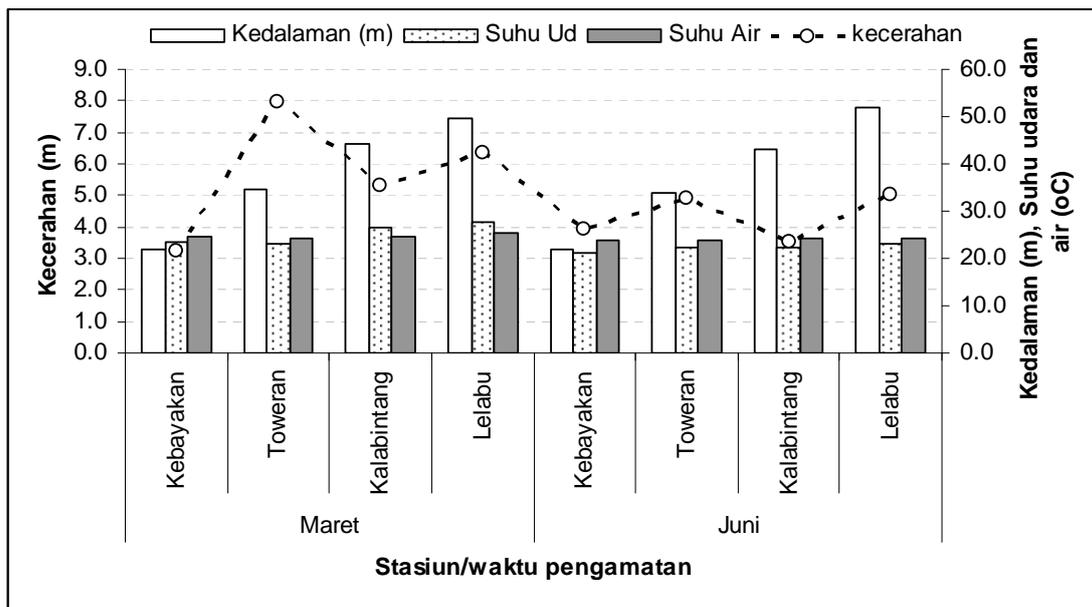
H1 = Hari kedua

Hasil analisa trix indeks, produktivitas primer dan metabolisme perairan disusun dalam tabulasi dan grafik kemudian dianalisa secara deskriptif.

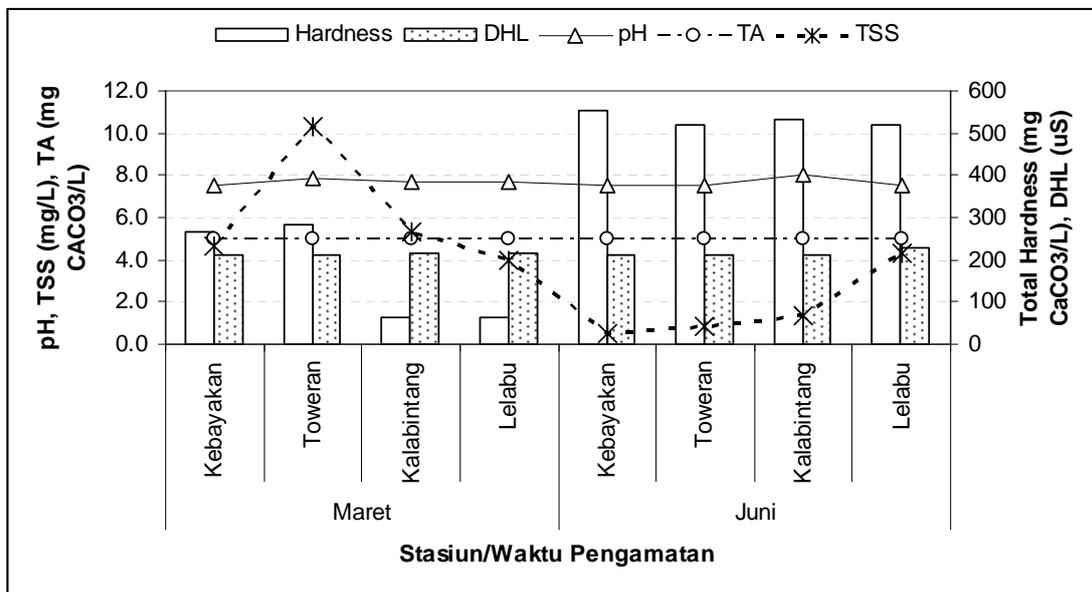
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan partikel tersuspensi di Danau Laut Tawar tergolong rendah. Hal ini didukung oleh rendahnya nilai kecerahan dan kandungan jumlah padatan tersuspensi (TSS) (Gambar 2 dan 3). Selain itu Danau Laut Tawar dapat diklasifikasikan sebagai perairan sangat sadah dengan kandungan alkalinitas yang rendah (Gambar 2). Ion-ion non karbonat memberikan kontribusi besar terhadap tingginya kesadahan dibandingkan dengan ion-ion karbonat seperti bikarbonat (HCO_3^-) dan karbonat (CO_3^{2-}). Hal ini terlihat didukung oleh rendahnya nilai alkalinitas total. Rendahnya kandungan alkalinitas rendah dalam perairan Danau Laut Tawar juga ditemukan oleh Ayodhya & Machfud (1969) dengan kisaran mg $CaCO_3/L$.

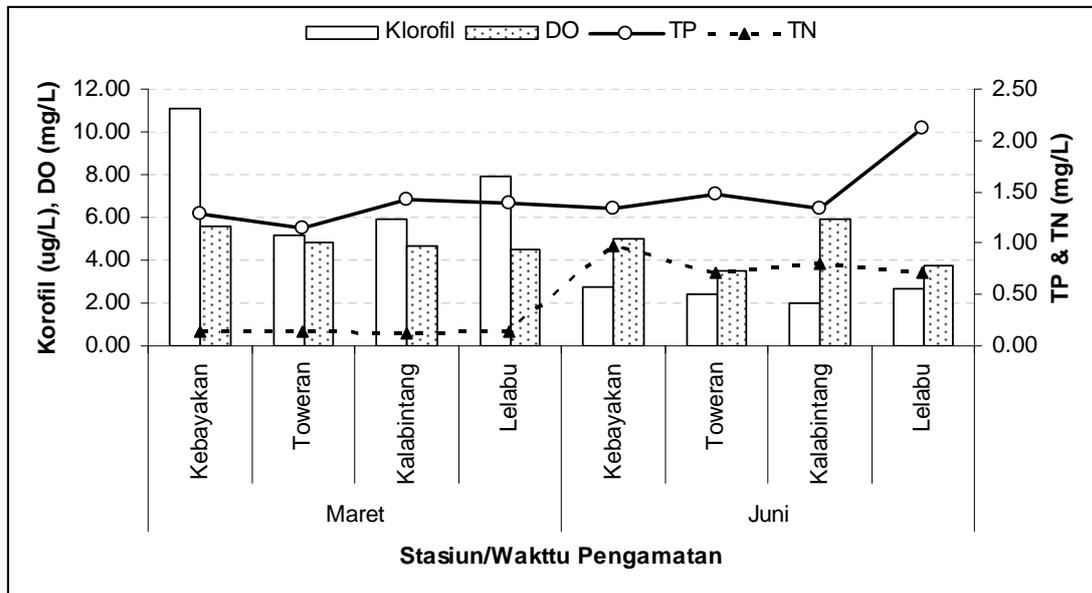
Dari empat parameter yang digunakan sebagai indikator trofik, kandungan fosfor total, nitrogen total, dan klorofil berkaitan erat dengan perubahan musim. Pada musim angin besar (Juni) kandungan nitrogen dan fosfor total mengalami peningkatan sedangkan klorofil mengalami penurunan. Hal ini diduga berkaitan limpasan partikel dari pantai dan pencampuran masa air



Gambar 2. Kedalaman, kecerahan, suhu udara dan air pada beberapa stasiun dan waktu pengamatan di Danau Laut Tawar, Kabupaten Aceh Tengah



Gambar 3. Hardness, Daya hantar listrik (DHL), nilai pH, alkalinitas total (TA) dan jumlah padatan tersuspensi (TSS) pada beberapa stasiun dan waktu pengamatan di Danau Laut Tawar, Kabupaten Aceh Tengah



Gambar 4. Indikator Trix indeks (klorofil, oksigen terlarut (DO), fosfor total (TP), nitrogen total (TN) pada berbagai stasiun dan waktu pengamatan di Danau Laut Tawar, Kabupaten Aceh Tengah

Nilai Trix indeks yang dihitung baik berdasarkan kedalaman, stasiun, waktu pengamatan menunjukkan skor yang sama yaitu 5.0. Mengacu pada EEA (2001) maupun Karydis, (2009) skor trofik tersebut mengindikasikan bahwa perairan Danau Laut Tawar tergolong mesotrofik. Status trofik tersebut bertolak belakang dengan nilai rata-rata produktivitas primer alga (NPP) yaitu 11.08 g C/m²/tahun Mengacu pada klasifikasi trofik berdasarkan nilai produktivitas primer UNEP (2007), maka perairan Danau Laut Tawar dapat digolongkan sebagai perairan yang miskin (oligotrofik) dengan nilai NPP kurang dari 100 g C/m²/tahun.

Hasil pengukuran produktivitas primer ekosistem melalui metabolisme komunitas perairan mengindikasikan hal yang sama dengan nilai NPP ekosistem adalah 19.69 g C/m²/tahun. Bila dikaitkan dengan ratio produktivitas primer dan respirasi komunitas perairan (P/R) sebesar 1.33 maka perairan Danau Laut Tawar dapat diklasifikasikan perairan oligotrofik. Hal ini didukung oleh Dodds & Cole (2007) yang menyatakan nilai produktivitas primer dan respirasi yang rendah mengindikasikan tingkat trofik di perairan tersebut tidak hanya ditentukan produktivitas algae (autotroph) namun juga oleh produktivitas allotroph.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Tingkat trofik perairan Danau Laut Tawar bervariasi dan ditentukan oleh jenis pendekatan yang dipilih
2. Berdasarkan Trix indeks, Danau Laut Tawar dikategorikan perairan mesotrofik dan berdasarkan produktivitas primer algae dan komunitas perairan dikategorikan oligotrofik.
3. Perbedaan Skor Trix indeks berkaitan dengan karakteristik perairan Danau Laut Tawar yang tergolong perairan dengan kesadahan non karbonat.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlson, R.E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. 22(2):361-369.
- Druon, J-N., W. Schimpf, S. Srdjan, & A. Stips. 2007. Comparative assessment of large scale marine eutrophication: North sea area and Adriatic sea as case studies. *Marine Ecology Progress Series*, 272: 1-23.
- Dodds, W.K. & J.J. Cole. 2007. Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystem: It's not just autotroph. *Aquatic Science*, 69:427-439.
- European Environment Agency (EEA). 2001. Eutrophication in Europe's coastal waters. Topic Report 7/2001. EEA Copenhagen. 86 p.
- Insan, I. 2009. Status trofik dan daya dukung keramba jarring apung di waduk Cirata. Thesis Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 97 hal. Tidak dipublikasi.
- Khasanah K, Mulyoutami E, Ekadinata A, Asmawan T, Tanika L, Said Z, van Noordwijk M, and Leimona B. 2010. Kaji Cepat Hidrologi di Daerah Aliran Sungai Krueng Peusangan, NAD, Sumatra. Working paper nr.122. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre.55p. DOI 10.5716/WP10337.PDF.
- Lind, O.T. 1985. Handbook of common methods in Limnology. Second edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa.199 p.
- Pasi Lehmusluoto and Badruddin Machbub (Revised edition), nana terangna, Sudarmadji Rusmiputro, Firdaus Achmad, Lusiana Boer, Simon S. Brahmna, Bambang Priadi, Bambang Setiadji, Oman Sayuman dan Agus MArgana. 1997. National inventory of the major lakes and reservoirs in Indonesia: general Limnology. Expedition Indodanau Technical report. Edita Oy. Helsinki, 71 p.
- Racy, F., M. J. L. Godinho, M. H. Regali-Selegim1, N. R. S. Bossolan, A. C. Ferrari & J. V. Lucca1. 2005. Assessment of the applicability of morphological and

size diversity indices to bacterial populations of reservoirs in different trophic states. *Acta Limnol. Bras.*, 17(4):395-408

Serambi News. 2009. Diduga terkontaminasi limbah, ratusan ekor ikan mati di keramba. Serambi News, Kamis 25 Juli 2009. Thu, Jun 25th 2009, 08:26

Snow, D. H. 1999. Trophic classification of selected lakes in Yellowstone National Park. College of Engineering and Technology. Brigham Young University, Provo, Utah.. 39 p.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2007. Approaches to the assessment of eutrophication in Mediterranean coastal waters. Review Meeting of Mediterranean Action Plan (Med POL) Monitoring Activities and the use of indicators, Athaen, 12-14 December 2007. 98 p.

**STUDI ASPEK FISIKA, KIMIA, DAN BIOLOGI KUALITAS AIR MEDIA
PEMELIHARAAN KRABLET KEPITING BAKAU (*Scylla olivacea*) MELALUI
PERCOBAAN DENGAN PENAMBAHAN SERASAH DAUN MANGROVE
(*Rhizophora mucronata*)**

Early Septiningsih, dan Herlinah Jompa

Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air payau
Jl. Makmur Daeng Sittaka No.129, Maros 90512, Sulawesi Selatan
Telp. (0411) 371544; Hp: 0813 55 95120, Fax. (0411) 371545
Email: early_gb@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan mutu kualitas air pada pemeliharaan krablet kepiting bakau melalui penambahan konsentrasi serasah mangrove yang berbeda. Penelitian dilakukan selama 6 minggu di Instalasi Penelitian Marana, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau (BRPBAP). Hewan uji yang dipakai berupa krablet dengan berat rata-rata 47,41 g; panjang karapas 5,65 cm; dan lebar karapas 3,36 cm. Krablet dipelihara di dalam 12 akuarium ukuran 60x30x25 cm³ yang diisi tanah tambak setebal 10 cm dan air laut bersalinitas 20 ppt sebanyak 40 L. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Konsentrasi serasah yang diujicobakan yaitu A. 0 g/L (kontrol tanpa serasah), B. 0,125 gr/L, C. 0,25 g/L dan D. 0,5 g/L. Peubah yang diamati adalah peubah kualitas fisika air (salinitas, suhu), peubah kualitas kimia air (pH, oksigen terlarut, amoniak, nitrit, dan fosfat), peubah kualitas biologi air (total bakteri *Vibrio* sp.), sintasan, dan laju pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi serasah 0,5 g/L menunjukkan kualitas air dan sintasan terbaik dengan nilai amoniak berkisar 0,185 mg/L, nitrit 1,843 mg/L dan fosfat 3,044 ppm, hingga pada akhir penelitian tingkat kelangsungan hidup 88,9% sedangkan kontrol 55,6%.

Kata kunci : kualitas air, *Scylla olivacea*, serasah mangrove.

ABSTRACT

This study aims to improve the water quality in mud crab krablet seeding through the addition of different concentrations of mangrove litter. Research was conducted for 6 weeks at Research was conducted at the hatchery Institute For Coastal Aquaculture (RICA), Maros, South Sulawesi. The test animals that used were crablet with initial weight average 47,41 g; carapace length average 5,65 cm and carapace width average 3,36 cm. The study used completely randomized design (RAL) which consists of 4 treatments and 3 replications. The treatments tested were the concentration of the mangrove litter of A. 0 g / L (control without litter), B. 0,125 g/L, C. 0,25 g/L and D. 0,5 g/L. Variable measured were of biological water quality variable (total bacteria vibrio), chemical water quality variables (pH, dissolved oxygen, ammonia, nitrite, and phosphate), physics water quality variables (salinity, temperature), survival rate, and growth rate. The results showed that the litter concentration of 0,5 g/L showed the best survival rate the quality of water and ammonia with a value ranging from 0,185 mg /L, nitrite 1,843 mg/L and phosphate 3, 044 ppm, until at the end of the study the survival rate of 88,9% while the control 55.6%.

Key words: water quality, *Scylla olivacea*, mangrove litter.

PENDAHULUAN

Kepiting bakau Genus *Scylla* merupakan salah satu komoditas perikanan yang bernilai ekonomis tinggi, baik di pasaran dalam negeri maupun luar negeri karena mengandung berbagai nutrisi penting. Daging kepiting mengandung 65,72% protein dan 0,88% lemak, sedangkan ovarium (telur) kepiting mengandung 88,55% protein dan 8,16% lemak (Sulaeman, 1992). Kepiting bakau termasuk dalam kelas crustacea (udang, kepiting, rajungan dan kelomang) yang pada umumnya secara ekologis memiliki peran dalam proses ekosistem (Dahuri *et al.*, 1996). Kepiting bakau merupakan jenis kepiting yang pada umumnya hidup di daerah hutan bakau dan dapat ditemukan di hampir seluruh perairan pantai, terutama di perairan yang ditumbuhi hutan mangrove (Moosa *et al.*, 1985).

Penurunan populasi mulai terjadi akibat terjadinya tangkap lebih (*over fishing*), seperti yang terjadi di perairan muara sungai Cenranae-Sulawesi Selatan (Gunarto *et al.*, 1999). Direktorat Jenderal Perikanan (1999) melaporkan bahwa 61,6% produksi kepiting bakau berasal dari penangkapan langsung di alam sedangkan dari hasil budidaya baru sekitar 38,4%. Mengingat permintaan pasar akan kepiting bakau yang semakin meningkat dari tahun ke tahun maka usaha pengembangan budidaya kepiting bakau sangat penting dilakukan untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas kepiting bakau di alam.

Budidaya ramah lingkungan merupakan salah satu upaya yang diyakini dapat mempertahankan mutu lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa areal hutan mangrove (didominasi *Rhizophora*) seluas 176 ha di estimasi mampu menyerap 28,75 ton N/tahun dan 3,90 ton P/tahun. Idealnya 1 ha mangrove berbanding dengan 1,6 ha tambak udang (Boonsong, 1997). Paez-Osuna *et al.* (1998) melaporkan bahwa hutan mangrove mampu mengasimilasi N dan P dari tambak intensif sebesar 71 kg N/ha/tahun; 20 kg P/ha/tahun.

Kadar bahan organik paling tinggi terdapat pada tanah di bawah tegakan *Rhizophora* sp., dimana terdapat banyak jatuhkan daun mangrove yang biasa disebut "serasah". Jatuhan serasah yang telah kering atau berwarna kuning dalam air akan melarutkan zat tanin dan unsur hara fosfat, magnesium dan sulfur (Soeroyo, 1988; Kristensen *et al.*, 1995; Niealsen dan Andersen, 2003). Penambahan serasah konsentrasi 1 g/L air media pemeliharaan berpengaruh positif terhadap pertumbuhan dan

kelangsungan hidup udang windu. Lebih lanjut Alongi (1987) melaporkan bahwa jatuhnya serasah mangrove dapat mensuplai nutrisi untuk tambak setelah mengalami proses dekomposisi, namun semakin besar tanaman mangrove akan semakin banyak jatuhnya daun mangrove sehingga dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan (*over loading*) perairan tambak dan mengganggu produksi makanan alami.

Dengan kondisi lapangan di Indonesia, banyak tanaman mangrove di sekitar tambak, dimana belum diketahui konsentrasi optimal jatuhnya serasah mangrove yang optimal yang mendukung perbaikan kualitas air dan tidak merusak lingkungan perairan tambak.

Berdasarkan studi-studi di atas, maka diduga terdapat pengaruh jatuhnya serasah mangrove terhadap kualitas air, sintasan dan laju pertumbuhan krablet kepiting bakau dalam sistem budidaya terintegrasi yang ramah lingkungan.

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan terutama dengan memanfaatkan serasah mangrove dalam pembesaran krablet kepiting bakau, sehingga memungkinkan untuk menelaah pengaruh penambahan serasah mangrove terhadap kualitas air (fisika, kimia dan biologi), laju pertumbuhan dan sintasan krablet kepiting bakau *S. olivacea*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Instalasi Penelitian Marana, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau (BRPBAP) menggunakan 12 akuarium ukuran 60x30x25 cm³ yang diisi tanah tambak setebal 10 cm dan air laut sebanyak 40 L dengan salinitas awal 19 ppt. Penelitian dilakukan selama 6 minggu terhitung dari Maret sampai April 2011. Penelitian didesain berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan dan tiga ulangan. Ada tiga konsentrasi serasah yang diujicobakan yaitu A. 0 g/L (kontrol tanpa serasah), B. 0,125 gr/L, C. 0,25 g/L dan D. 0,5 g/L. Hewan uji berupa krablet kepiting bakau dengan berat rata-rata 47,41 g; panjang karapas 3,36 cm; dan lebar karapas 5,65 cm.

Pemeliharaan krablet kepiting dilakukan dalam keranjang plastik untuk mencegah kanibalisme lalu dimasukkan ke dalam unit akuarium. Setiap unit akuarium diisi dengan 3 ekor kepiting. Selama pemeliharaan, kepiting bakau diberi pakan berupa ikan rucah segar dengan kandungan gizi seperti yang tertera pada Tabel 1. Pemberian pakan berupa ikan rucah dilakukan setiap hari dengan jumlah pakan diberikan (3-5%

dari biomassa) disesuaikan dengan kebutuhan, dapat dilihat dari sisa pakan yang tidak termakan. Jika pakan dimakan seluruhnya, maka pemberian pakan selanjutnya sebaiknya ditambah.

Tabel 1. Komposisi nutrisi ikan rucah yang digunakan sebagai pakan kepiting bakau

Composition (%)	Wet basis	Dry basis
Protein kasar/ <i>Crude protein</i>	26,31	51,13
Lemak/ <i>Fat</i>	3,43	5,51
Serat/ <i>Fibre</i>	0,60	0,91
Kelembaban/ <i>Moisture</i>	62,36	20,12
Lainnya/ <i>Others</i>	7,30	22,33
<i>Total</i>	100,00	100,00

Peubah yang diamati meliputi peubah kualitas fisika air (salinitas, suhu, pH dan DO), kualitas kimia air (amonia, nitrit dan posfat), kualitas biologi air (total bakteri *Vibrio*), sintasan dan laju pertumbuhan. Peubah kualitas kimia dan biologi air dianalisis di laboratorium air dan patologi dan diukur setiap minggu selama periode pemeliharaan, kualitas fisika air diukur setiap hari, sedangkan sintasan dan laju pertumbuhan dihitung pada akhir pemeliharaan.

Data kualitas air yang diperoleh dianalisis secara deskriptif sedangkan data sintasan dan laju pertumbuhan dianalisis dengan menggunakan sidik ragam. Uji Tukey digunakan untuk membandingkan perbedaan antara perlakuan. Sebagai alat bantu untuk melaksanakan uji statistik tersebut digunakan paket program SPSS (*Statistical Product Service Solution*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

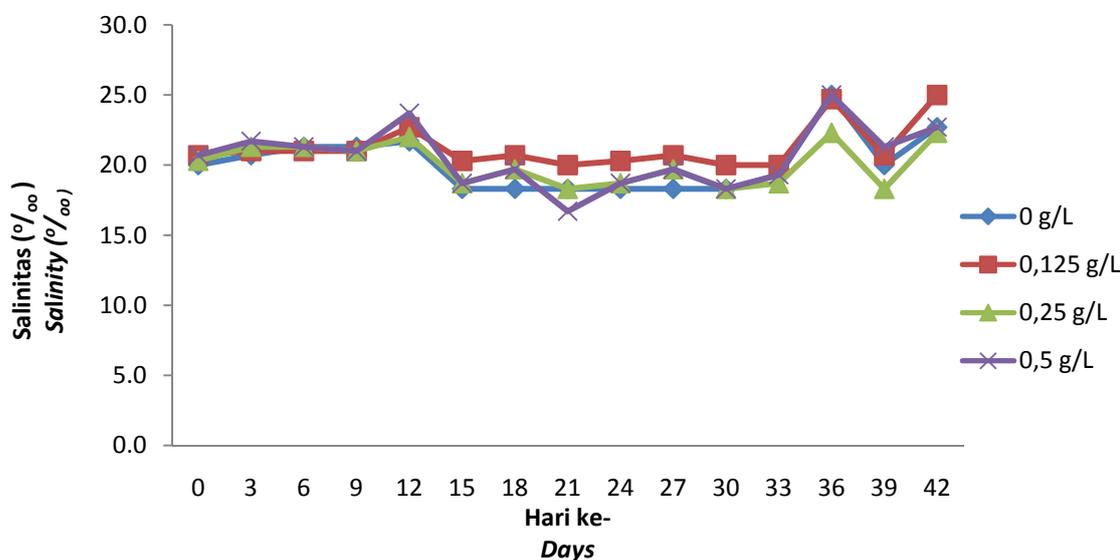
Hasil analisis sifat fisika, kimia, dan biologi contoh air pada media pemeliharaan, umumnya masih dalam kisaran yang layak bagi kehidupan biota perairan payau. Walaupun demikian, untuk optimalisasi kegiatan budidaya kepiting bakau ini maka pengelolaan kualitas air media budidaya perlu diperhatikan. Hal tersebut didasarkan pada beberapa parameter yang dianalisis, menunjukkan kecenderungan penurunan kualitas atau belum mencapai tingkat optimal.

Hasil uji parameter fisik

Salinitas

Salinitas media pemeliharaan selama penelitian disajikan pada Gambar 1. Pada Gambar 1 terlihat bahwa salinitas dari awal hingga akhir penelitian mengalami

fluktuasi. Hal ini terjadi pada semua perlakuan, baik perlakuan penambahan serasah maupun tanpa penambahan serasah (kontrol). Salinitas semua perlakuan berada pada kisaran 19,4 – 20,6 ppt. Kisaran ini masih layak untuk mendukung daya hidup kepinging bakau. Kepinging bakau mampu mentolerir kisaran salinitas antara <15 ppt - >30 ppt. Salinitas di perairan Indonesia umumnya berkisar antara 30 – 35 ppt. Untuk daerah pesisir salinitas berkisar 32 -34 ppt (Romimohtarto dan Thayib, 1982), sedangkan untuk laut terbuka umumnya salinitas berkisar antara 33 – 37 ppt dengan rata-rata 35 ppt (Edward *et al.*, 2009). Karim (2007) melaporkan bahwa tingkat salinitas tidak berpengaruh nyata terhadap sintasan kepinging bakau *S. olivacea*, tetapi berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhannya. Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh penting pada konsumsi pakan, metabolisme, sintasan, dan pertumbuhan organisme akuatik. Baku Mutu Air Laut (Anonim, 1985 dalam Edward *et al.*, 2009) menetapkan salinitas alami $\pm 10\%$ variasi alamai untuk biota laut, dan 18 – 32 ppt $\pm 10\%$ variasi untuk budidaya biota laut (perikanan). Berdasarkan hal tersebut, kisaran salinitas media pemeliharaan cukup optimum dalam mendukung sintasan dan pertumbuhan kepinging bakau.



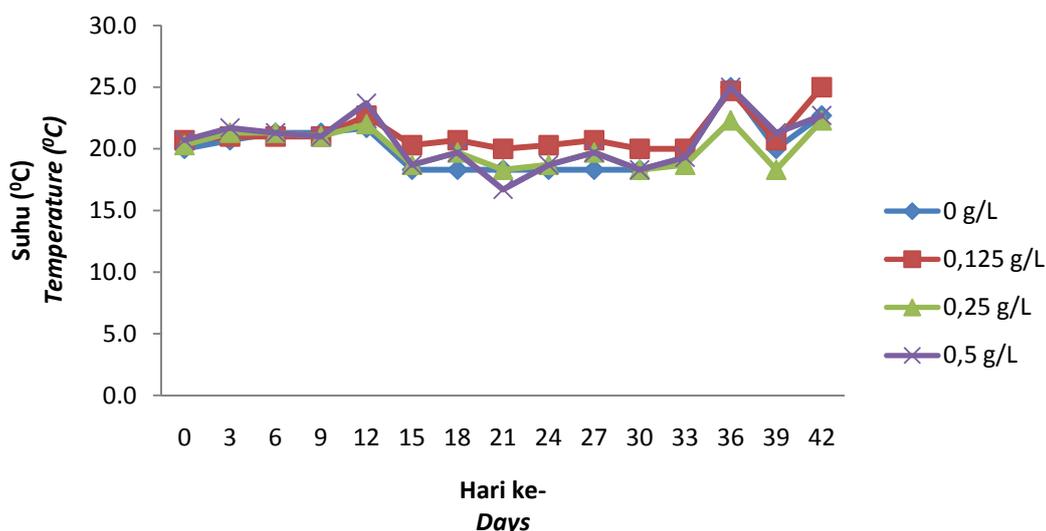
Gambar 1. Fluktuasi salinitas media selama penelitian

Suhu

Suhu media pemeliharaan selama penelitian disajikan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 terlihat bahwa suhu dari awal hingga akhir penelitian mengalami fluktuasi. Hal ini terjadi pada semua perlakuan, baik perlakuan penambahan serasah maupun

tanpa penambahan serasah (kontrol). Suhu semua perlakuan berada pada kisaran 16,7 – 25 °C. Kisaran ini masih layak untuk mendukung daya hidup kepiting bakau. Zacharia dan Kakati (2004) menyatakan, Suhu merupakan salah satu faktor abiotik penting yang mempengaruhi aktivitas, nafsu makan, konsumsi oksigen dan laju metabolisme krustase. Suhu yang optimum untuk kepiting bakau adalah 26 sampai 32 °C (Kuntiyo *et al.*, 1994).

Dalam setiap penelitian pada ekosistem akuatik, pengukuran suhu air merupakan mutlak dilakukan. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai jenis gas di air serta semua aktifitas biologis fisiologis di dalam ekosistem akuatik sangat dipengaruhi oleh temperatur. Menurut hukum *Van't Hoff's* kenaikan temperatur sebesar 10 °C (hanya pada kisaran yang masih dapat ditolerir) akan meningkatkan aktivitas fisiologis (misalnya respirasi) dari organisme sebesar 2-3 kali lipat.



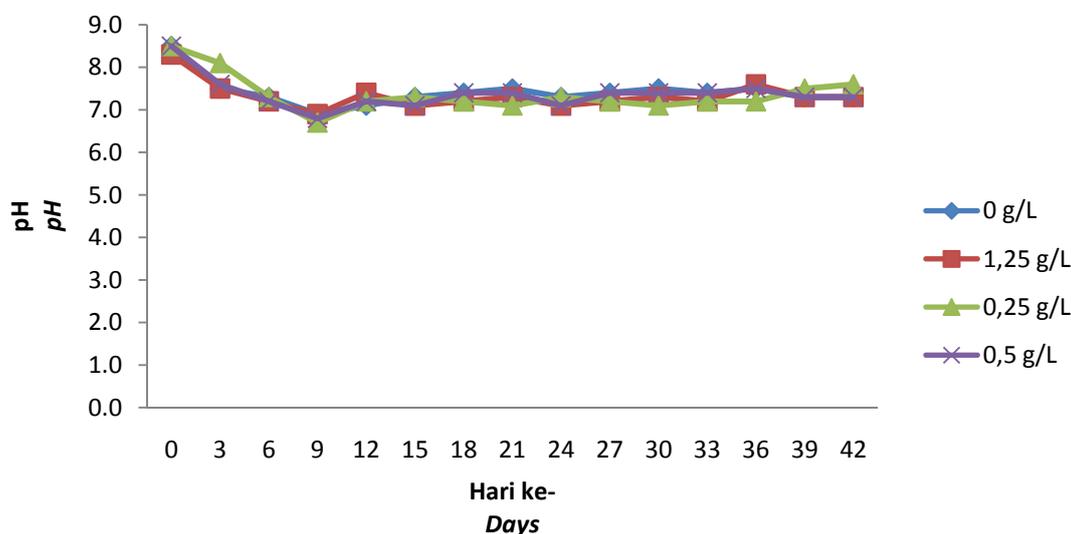
Gambar 2. Fluktuasi suhu selama penelitian

Nilai Ambang Batas suhu untuk biota laut pariwisata adalah suhu alami (KMNLH, 2004). Suhu untuk biota laut dan budidaya perikanan adalah suhu alami \pm 2% variasi alami (Anonim, 1985 dalam Edward *et al.*, 2009). Berdasarkan hal tersebut, kisaran suhu media pemeliharaan cukup optimum dalam mendukung sintasan dan pertumbuhan kepiting bakau.

pH

Nilai pH pemeliharaan selama penelitian disajikan pada Gambar 3. Nilai pH semua perlakuan berkisar antara 6,7 – 8,5. Nilai pH ini cenderung basa dan berada sedikit di bawah kriteria yang ditetapkan KMNLH (2004) yakni 7 – 8,5 untuk biota laut

dan pariwisata. Salim (1986) melaporkan bahwa pH pada suatu perairan normal berkisar antara 8,0 – 8,3. Menurut Christensen *et al.* (2005), pH optimum untuk kepiting bakau berkisar antara 7,5 dan 8,5.



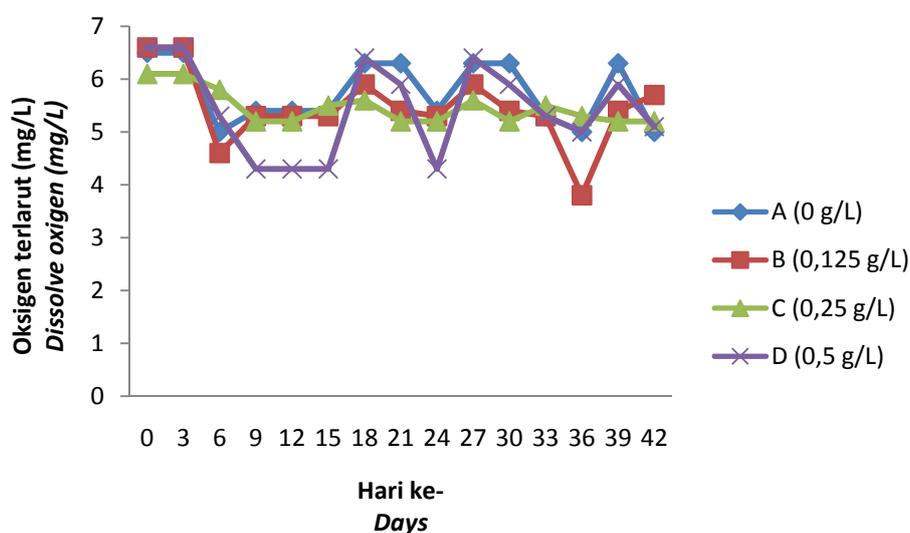
Gambar 3. Fluktuasi pH selama penelitian

Organisme air dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan kisaran toleransi antara asam lemah sampai basa lemah. Nilai pH yang sangat rendah akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi. Disamping itu pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam yang bersifat toksik semakin tinggi yang tentunya akan mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik. Sementara pH yang tinggi akan menyebabkan terganggunya keseimbangan antara ammonium dan amoniak dalam air, dimana kenaikan pH di atas netral akan meningkatkan konsentrasi amoniak yang juga bersifat sangat toksik bagi organisme (Barus, 2004). Berdasarkan hal tersebut, kisaran pH media pemeliharaan cukup optimum dalam mendukung sintasan dan pertumbuhan kepiting bakau.

DO (*Dissolved Oxygen*)

DO media pemeliharaan selama penelitian disajikan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa DO dari awal hingga akhir penelitian mengalami fluktuasi. Hal ini terjadi pada semua perlakuan, baik perlakuan penambahan serasah maupun tanpa penambahan serasah (kontrol). Nilai DO semua perlakuan berkisar antara 3,8 – 6,6 mg/L.

Dissolved oxygen (DO) merupakan banyaknya oksigen terlarut dalam suatu perairan. Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi bagi sebahagian besar organisme air. Kelarutan oksigen sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama suhu. Kelarutan maksimum oksigen di dalam air terdapat pada suhu sebesar 14,16 mg/L. Konsentrasi ini akan menurun sejalan dengan meningkatnya suhu air. Dengan peningkatan suhu akan menyebabkan konsentrasi oksigen akan menurun dan sebaliknya suhu yang semakin rendah akan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut semakin tinggi (Barus, 2004).



Gambar 4. Fluktuasi konsentrasi DO selama penelitian

Sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara, dan dari proses fotosintesis. Pengaruh oksigen terlarut terhadap fisiologi organisme air terutama adalah dalam proses respirasi. Nilai oksigen terlarut di suatu perairan mengalami fluktuasi harian maupun musiman. Fluktuasi ini selain dipengaruhi oleh perubahan temperatur juga dipengaruhi oleh aktifitas fotosintesis dari tumbuhan yang menghasilkan oksigen (Schwrobel, 1987 dalam Barus, 2004).

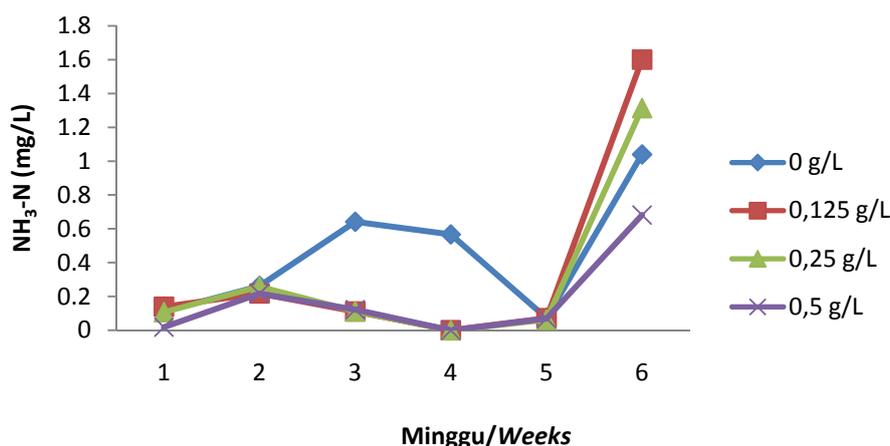
Barus (2004) melaporkan bahwa nilai oksigen terlarut di perairan sebaiknya berkisar antara 6 – 8 mg/L. Yunus *et al.* (2001) melaporkan bahwa konsentrasi DO sebesar 5,60 – 5,68 mg/L mendukung sintasan kepiting bakau sebesar 18,55-74,08%. Berdasarkan hal tersebut, kisaran DO media pemeliharaan cukup optimum dalam mendukung sintasan dan pertumbuhan kepiting bakau.

Hasil uji parameter kimia

Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Konsentrasi amoniak selama penelitian disajikan pada Gambar 5. Pada Gambar 5 terlihat bahwa konsentrasi amoniak dari awal hingga akhir penelitian mengalami fluktuasi. Hal ini terjadi pada semua perlakuan, baik perlakuan penambahan serasah maupun tanpa penambahan serasah (kontrol). Rata-rata konsentrasi amoniak pada perlakuan A (kontrol) tanpa penambahan serasah lebih tinggi dibandingkan dengan tiga perlakuan lainnya dengan penambahan serasah mangrove. Konsentrasi amoniak tertinggi pada perlakuan A (kontrol) sebesar 0,4490667 mg/L, disusul secara berurutan oleh perlakuan B sebesar 0,356583 mg/L, perlakuan D sebesar 0,309367 mg/L dan terendah pada perlakuan C sebesar 0,185145 mg/L. Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan serasah mangrove 0,25 g/L mampu mereduksi konsentrasi amoniak bebas dalam media pemeliharaan krablet kepiting bakau.

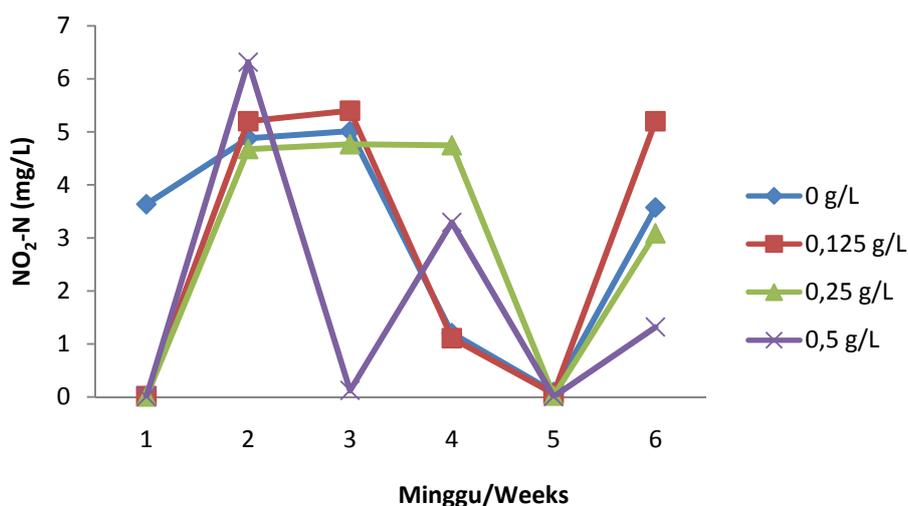
Menurut Boyd (1990) amoniak dan amonium bersifat toksik tetapi amoniak lebih bersifat toksik daripada amonium. Standar baku mutu untuk NH_3 adalah 0,3 mg/L untuk biota laut sesuai keputusan Men KLH No. 51 tahun 2004. Van Wyk dan Scarpa (1999) melaporkan nilai optimal amoniak bagi kepiting bakau <0,03 mg/L. Lebih lanjut, efek konsentrasi amoniak yang melebihi ambang batas dapat mengganggu proses pengikatan oksigen oleh darah sehingga dapat menyebabkan mati lemas pada ikan. Kematian terjadi secara perlahan karena ikan umumnya intoleran terhadap kadar amoniak bebas yang tinggi (Efendi, 2003). Konsentrasi amoniak akan meningkat seiring dengan meningkatnya pH dan suhu serta menurunnya tingkat salinitas yang dapat menyebabkan organisme akuatik keracunan amoniak. Dengan demikian, berdasarkan kadar amoniaknya dengan penambahan serasah mangrove masih layak untuk kehidupan krablet kepiting bakau *S. olivacea*.



Gambar 5. Konsentrasi amonia media selama penelitian

Nitrit (NO₂-N)

Nitrit merupakan salah satu bentuk nitrogen hasil dari proses nitrifikasi nitrogen oleh mikroba pengurai (Septiningsih, 2009). Konsentrasi nitrit selama penelitian disajikan pada Gambar 6. Sama halnya dengan amoniak, konsentrasi nitrit selama penelitian juga berfluktuasi. Fluktuasi nitrit terjadi pada semua perlakuan. Rata-rata konsentrasi nitrit pada perlakuan A (kontrol) tanpa penambahan serasah lebih tinggi dibandingkan dengan tiga perlakuan lainnya dengan penambahan serasah mangrove. Konsentrasi amoniak tertinggi pada perlakuan A (kontrol) sebesar 3,066777 mg/L, disusul secara berurutan oleh perlakuan D sebesar 2,884717 mg/L, perlakuan B sebesar 2,831483 mg/L dan terendah pada perlakuan C sebesar 1,84305 mg/L. Septiningsih (2009) melaporkan bahwa pada peningkatan konsentrasi serasah, kecenderungan nilai nitrit menjadi semakin rendah akibat tersedianya oksigen terlarut bagi kebutuhan mikroba Nitrobacter untuk merombak nitrit menjadi nitrat. Ada kecenderungan bahwa pada konsentrasi serasah yang kecil menyebabkan proses nitrifikasi nitrit menjadi nitrat menjadi lambat sedangkan proses perombakan amonia menjadi nitrit semakin cepat. Hasil ini mengindikasikan bahwa penambahan serasah mangrove 0,25 g/L mampu mereduksi konsentrasi nitrit dalam media pemeliharaan krablet kepiting bakau.

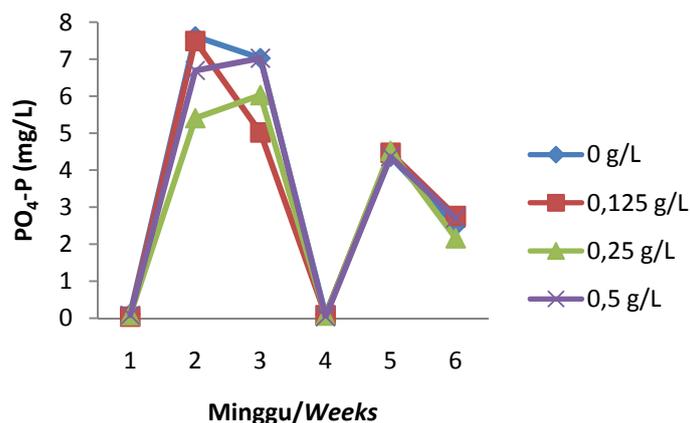
Gambar 6. Konsentrasi $\text{NH}_2\text{-N}$ media selama penelitian

Nitrit yang didapatkan dari semua perlakuan tergolong cukup tinggi, dimana maksimal maksimal sebesar 0,01 mg/L (Boyd, 1990; Wardoyo, 1998) dan tidak melebihi 0,1 mg/L (Adiwijaya *et al.*, 2001). Malone dan Burden (1988) menyatakan nilai optimal nitrit diperairan <0,5 mg/L. Sementara Efendi (2003) melaporkan bahwa konsentrasi nitrit >0,05 mg/L dapat bersifat toksik bagi biota laut. Penelitian Gunarto & Rusdi (1993) melaporkan bahwa kepiting bakau *S. serrata* masih dapat tumbuh dengan baik pada kadar nitrit hingga 0,05 mg/L. Toro (1987) mendapatkan kisaran nitrit antara 0,053-0,38 mg/L di perairan Segara Anakan, dimana pertumbuhan kepiting bakau tidak menunjukkan keterkaitan dengan kadar nitrit tersebut. Moore (1991) melaporkan bahwa kadar nitrit >0,5 mg/L akan bersifat toksik bagi organisme air terutama udang yang dibudayakan, namun karena ketersediaan oksigen yang cukup dan penyerapan senyawa tannin dalam tubuh menyebabkan udang masih dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Demikian halnya pada pemeliharaan krablet kepiting bakau, dimana krablet masih dapat hidup dan tumbuh dengan baik meski media pemeliharaan mengandung konsentrasi nitrit yang cukup tinggi.

Fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$)

Konsentrasi fosfat selama penelitian disajikan pada Gambar 7. Konsentrasi fosfat berfluktuasi pada semua perlakuan. Konsentrasi fosfat tertinggi didapatkan pada perlakuan A (kontrol) berkisar 3,618933 mg/L, disusul berurutan oleh perlakuan D pada kisaran 3,48355 mg/L, perlakuan B pada kisaran 3,309833 mg/L dan terendah pada perlakuan C pada kisaran 3,044817 mg/L. Hasil ini mengindikasikan bahwa kandungan

fosfat dalam media pemeliharaan kepiting masih layak untuk budidaya berdasarkan baku mutu perairan NTAC (1986), yakni berkisar 0,2-6,0 mg/L. KMNLH (2004) memberikan ambang batas fosfat sebesar 0,018 mg/L untuk biota laut dan pariwisata. Konsentrasi fosfat yang terlalu rendah kurang baik untuk lingkungan air laut karena fosfat merupakan element penting untuk menopang kehidupan ekosistem perairan (Canter dan Hill, 1979).



Gambar 7. Konsentrasi PO₄-P media selama penelitian.

Fosfat merupakan unsur yang sangat esensial sebagai nutrisi bagi berbagai organisme akuatik. Fosfat merupakan unsur yang penting dalam aktivitas pertukaran energi dari organisme yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, sehingga fosfat berperan sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan organisme. Peningkatan konsentrasi fosfat dalam suatu ekosistem perairan akan meningkatkan pertumbuhan algae dan tumbuhan air lainnya secara cepat. Peningkatan fosfat akan menyebabkan timbulnya proses eutrofikasi di suatu ekosistem perairan yang menyebabkan terjadinya penurunan kadar oksigen terlarut, diikuti dengan timbulnya kondisi anaerob yang menghasilkan berbagai senyawa toksik misalnya metana, nitrit dan belerang (Barus, 2004).

Hasil uji parameter biologi

Populasi bakteri *Vibrio* sp.

Populasi bakteri *Vibrio* sp. di air media pemeliharaan tertinggi didapatkan pada perlakuan A mencapai $5,4 \times 10^2$ cfu/g, disusul perlakuan B ($3,95 \times 10^2$ cfu/g); C ($3,85 \times 10^2$ cfu/g); dan terendah pada perlakuan D ($2,25 \times 10^2$ cfu/g). Populasi bakteri *Vibrio* sp. di sedimen lebih tinggi dibandingkan populasi bakteri *Vibrio* sp. di air media pemeliharaan, mencapai 10^5 cfu/g. Populasi tertinggi didapatkan pada perlakuan B (1,13

$\times 10^5$ cfu/g), disusul perlakuan A ($8,10 \times 10^4$ cfu/g); C ($6,90 \times 10^4$ cfu/g); dan terendah pada perlakuan D ($4,60 \times 10^4$ cfu/g). Hasil penelitian menunjukkan indikasi bahwa semakin tinggi serasah mangrove yang ditambahkan maka semakin rendah populasi bakteri *Vibrio* sp. pada air dan sedimen media pemeliharaan. Hal ini diduga karena ada kandungan bioaktif mangrove yang berperan sebagai bakterisida. Untuk membuktikan hal tersebut dalam pemeliharaan kepiting bakau maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Tabel 2. Total populasi bakteri *Vibrio* sp. setiap perlakuan di akhir penelitian

Perlakuan (penambahan serasah mangrove) <i>Treatment (addition of mangrove litter)</i>	Total <i>Vibrio</i> sp. (air media) <i>Total Vibrio sp. (water media)</i> Log cfu/g	Total <i>Vibrio</i> sp. (substrat tanah) <i>Total Vibrio sp. (soil substrate)</i> Log cfu/g
0 g/L	$5,4 \times 10^2$	$8,10 \times 10^4$
0,125 g/L	$3,95 \times 10^2$	$1,13 \times 10^5$
0,25 g/L	$3,85 \times 10^2$	$6,90 \times 10^4$
0,5 g/L	$2,25 \times 10^2$	$4,60 \times 10^4$

Beberapa hasil penelitian tentang bioaktif mangrove sebagai bakterisida telah dilaporkan. Suryati *et al.* (2002) melaporkan bahwa isolat bioaktif *Osbornia octodonta* memiliki potensi yang cukup baik sebagai bakterisida. Hasil uji sensitifitas memberikan diameter hambatan pada *Vibrio leiognathy* dan *Vibrio harveyi* $12,30 \pm 0,05$ mm dan $12,45 \pm 0,05$ mm. Lebih lanjut Suryati *et al.* (2006) melaporkan bahwa diperoleh 8 spesies tanaman mangrove yang efektif sebagai bakterisida pada udang windu. Maryani *et al.* (2002) melaporkan ekstrak kelopak dan buah mangrove (*Sonneratia caseolaris* L.) dapat dipergunakan untuk pencegahan dan pengobatan terhadap infeksi *V. harveyi* pada udang windu.

Mekanisme anti bakterial yaitu menghambat perkembangan dan membunuh bakteri, diduga dengan cara merusak membran sel bakteri. Senyawa antibakterial dapat berikatan dengan lipid dan protein yang terdapat pada membran sel, sehingga menurunkan tegangan permukaan membran, bahkan mengakibatkan lisis pada membran (Maryani *et al.*, 2002). Volk dan Wheeler (1990) melaporkan bahwa kerusakan

membran sel menyebabkan terganggunya transport senyawa dan ion ke dalam sel bakteri sehingga bakteri kekurangan nutrisi dan akhirnya mati.

Sintasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serasah mangrove mampu meningkatkan sintasan pada pemeliharaan krablet kepiting bakau. Analisa statistik menunjukkan bahwa perlakuan A (kontrol) berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan perlakuan D tetapi tidak berbeda nyata ($P > 0,05$) dengan perlakuan B dan C. Sintasan tertinggi yakni: 88,9% diperoleh pada perlakuan D, diikuti oleh perlakuan C: 66,7% dan sintasan terendah pada perlakuan B dan A (kontrol) sebesar 55,6%.

Tabel 2. Rata-rata sintasan setiap perlakuan selama penelitian.

Perlakuan (penambahan serasah mangrove)	Sintasan (%)
<i>Treatment (addition of mangrove waste)</i>	<i>Survival rate (%)</i>
A (0 g/L)	55,56 ± 38,49 ^a
B(0,125 g/L)	55,56 ± 19,24 ^a
C (0,25 g/L)	66,67 ± 33,33 ^a
D (0,5 g/L)	88,89 ± 19,24 ^a

Nilai yang diikuti superscript serupa dalam baris yang sama tidak berbeda nyata ($p > 0,05$).

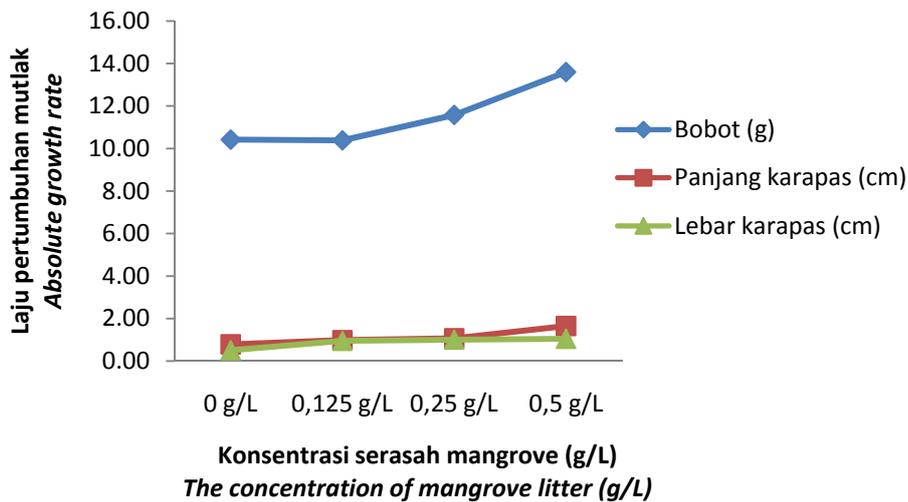
**The value followed by similar superscript in the same row were not significantly different ($p > 0,05$)*

Hasil penelitian menunjukkan indikasi bahwa semakin tinggi serasah mangrove yang ditambahkan maka semakin tinggi sintasan yang dihasilkan. Peningkatan nilai sintasan ini diduga karena fungsi mangrove sebagai anti bakterial yang mampu menghambat dan membunuh bakteri khususnya bakteri *Vibrio* sp. Mekanisme kerjanya aktif dengan mendenaturasi protein dan merusak membran sel bakteri (lisis) dengan cara melarutkan lemak yang terdapat pada dinding sel (Maryani *et al.*, 2002).

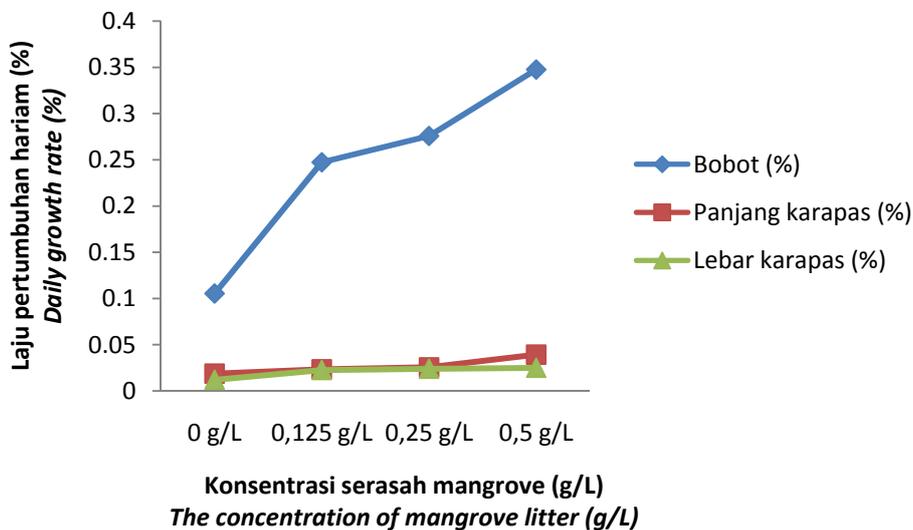
Laju pertumbuhan

Pertumbuhan bobot mutlak dan laju pertumbuhan harian krablet kepiting bakau disajikan pada Gambar 8 dan 9. Hasil analisa varian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan serasah mangrove berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap pertumbuhan bobot mutlak dan laju pertumbuhan bobot harian krablet kepiting bakau. Antar perlakuan A dan B tidak berbeda nyata ($P > 0,05$), begitu juga antara perlakuan C dan D. Akan tetapi perlakuan A dan B berbeda nyata dengan perlakuan C dan D ($p < 0,05$).

Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan bobot mutlak dan laju pertumbuhan harian krablet terbaik dihasilkan pada perlakuan D 88,9% diperoleh pada perlakuan D (penambahan serasah mangrove 0,5 g/L) diikuti oleh perlakuan C (penambahan serasah mangrove 0,25 g/L); perlakuan B (penambahan serasah mangrove 0,125 g/L) dan terendah pada perlakuan A (kontrol) tanpa penambahan serasah.



Gambar 8. Laju pertumbuhan mutlak krablet kepiting bakau



Gambar 9. Laju pertumbuhan harian krablet kepiting bakau

Early (2009) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi serasah pada media udang vanamei yang diaerasi cenderung memberikan peningkatan bobot biomassa dan laju pertumbuhan udang dibandingkan perlakuan tidak diaerasi. Serasah yang diaplikasikan mengalami penghancuran oleh mikroba air dan larva udang menjadi

partikel-partikel yang lebih kecil (Boulton dan Boon, 1991; Alongi, 1998) sehingga melarutkan kandungan dan nutrisi dalam serasah berupa senyawa tannin, P-organik, Ca-P, dan Fe-P yang tinggi (Nielsen dan Andersen, 2003) dalam air. Adanya pelarutan nutrisi dalam serasah dalam air media yang disertai kecukupan oksigen melalui pemberian aerasi memberikan pengaruh positif pada laju pertumbuhan larva udang. Hal ini diduga juga terjadi dalam pemeliharaan krablet kepiting bakau dengan aplikasi serasah mangrove.

Serasah mangrove dirombak melalui proses dekomposisi menjadi bahan organik yang selanjutnya diurai melalui proses nitrifikasi pada tanah dan air. Pada tanah, bahan organik dirombak menjadi nutrien-nutrien tanah yang bermanfaat bagi kesuburan tanah, sedangkan pada air dengan menciptakan kondisi media yang tergolong produktivitas sekunder.

KESIMPULAN

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serasah mangrove mampu memperbaiki kualitas air dan meningkatkan sintasan dan laju pertumbuhan dalam pemeliharaan krablet kepiting bakau *S. olivacea*.
2. Peningkatan konsentrasi serasah mangrove pada pemeliharaan krablet kepiting bakau harus diimbangi dengan peningkatan konsentrasi oksigen terlarutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, D., Rahardjo, S.P., Sutikno, E., Sugeng, Subiyakto. 2003. Petunjuk Teknis Budidaya Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*) System Tertutup yang Ramah Lingkungan. DKP – Dirjen Perikanan Budidaya. Balai Pengembangan Budidaya Air Payau. Jepara, 29 hal.
- Alongi, D.M. 1998. *Coastal Ecosystem Processes*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 419 p.
- Barus, T.A. (2004). *Pengantar Limnologi: Studi tentang Ekosistem Air Daratan*. Penerbit USU Press.
- Boonsong, K. 1997. *An Integrated Planning and Management Framework for the Sustainable Development of Shrimp Farming in Kung Kraben Bay, Chanthaburi Province*. Dissertation. Thailand.

- Boulton, A.J., and P.I. Boon. 1991. A Review of Methodology Used to Measure Leaf Litter Decomposition in Lotic Environments: Time to Turn Over an Old Leaf. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 42, 1 – 43.
- Boyd, E.C. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Birmingham Publishing Co. Birmingham, 482 p.
- Canter, R.A., and L.G. Hill. 1979. Handbooks of Variable or Environmental Impact Assesment, Ann Arbor Sci. Pub. Inc. USA.
- Christensen, S.M, D.J. Macintosh, and N.T. Phuong. 2005. Pond production of the mud crab *Scylla paramamosain* (Estampador) and *S. olivacea* (Herbst) in the Mekong Delta, Vietnam, using two different supplementary diets. *Aqua. Res.*, 35: 1013-1024.
- Dahuri, M., J.Rais., S.P. Ginting., dan M.J. Sitepu. 1996. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta, 350 hal.
- Direktorat Jenderal Perikanan. 1999. Statistik Perikanan Indonesia. Departemen Pertanian, Jakarta. 61 hal.
- Edward, Madisaeni, dan Febriana L.V. 2009. Pemantauan beberapa sifat fisik dan kimia air laut di kawasan konservasi laut pulau Padaido dan Biak Timur, Papua. Prosiding Seminar Nasional Perikanan Indonesia, 2 – 4 Desember 2009, Sekolah Tinggi Perikanan Jakarta: 111 – 115.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Gunarto dan I. Rusdi. 1993. Budidaya Kepiting Bakau, *Scylla serrata* di Tambak pada Padat Penebaran Berbeda. *J. Penel. Budidaya Pantai*, 9 (3): 7 – 12.
- Gunarto, R. Daud, dan Usman. 1999. Kecenderungan penurunan populasi kepiting bakau di perairan muara sungai Cenranae, Sulawesi Selatan ditinjau dari analisis parameter sumber daya. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 5(3): 30–37.
- Karim, M.Y. 2007. Pengaruh salinitas dan bobot terhadap konsumsi kepiting bakau (*Scylla serrata* Forsskal). *Jurnal Sains & Teknologi* 7 (2): 85–92.
- KMNLH. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tentang Baku Mutu Air Laut. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kristensen, E., M. Holmer, G.T. Banta, M.H. Jensen, dan K. Hansen.1995. Carbon, Nitrogen and Sulfur Cycling in Sediment of the Ao Nam Bor Mangrove Forest, Phuket, Thailand; a Review. *Res. Bull.-Phuket Mar. Biol. Cent.* 60: 37-64.
- Kuntiyo, Z. Arifin dan T. Supratomo. 1994. Pedoman budidaya kepiting bakau (*Scylla serrata*) di tambak. Direktorat Jenderal Perikanan, Balai Budidaya Air Payau, Jepara. 29 pp.

- Malone, R.F., and D.G. Burden. 1988. Design of Recirculating Blue Crab Shedding Systems. Louisiana Sea Grant College Program. Louisiana Sea Grant College Program, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, 76 p. <http://nsgl.gso.uri.edu/lsu/lsut88003.pdf>
- Maryani, D. Dana, dan Sukenda. 2002. Peranan Ekstrak Kelopak dan Buah Mangrove *Sonneratia caseolaris* (L) Terhadap Infeksi Bakteri *Vibrio harveyi* pada Udang Windu (*Penaeus monodon* Fab.)
- Moore JW (1991). *Inorganic Contaminants in Surface Water*. Sprenger. Verlag, New York, pp. 21-27.
- Moosa, M.K., I. Iswandi, dan A. Kasry. 1985. Kepiting bakau *Scylla serrata* (Forsk. 1775) dari perairan Indonesia. Proyek Studi Potensi Sumber Daya Alam Indonesia, Studi Potensi Sumber Daya Hayati Ikan, Lembaga Oseanologi Nasional, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta, 18 hal.
- Nielsen, T., and F.O. Andersen. 2003. Phosphorus Dynamic During Decomposition of Mangrove (*Rhizophora apiculata*) Leaves in Sediment. *Journal of Experimental Marine, Biology and Ecology*. 293: 73-88.
- NTAC. 1986. *Water Quality Criteria*. FWPCA. Washington DC, 234 p.
- Paez-Osuna, F., S.R. Guerrero-Galvan and A.C. Ruiz-Fernandez. 1998. The Environmental Impact of Shrimp Aquaculture and The Coastal Pollution in Mexico. *Marine Pollutant Bulletin*, 36 (1): 66-75.
- Romimohtarto, K dan Thayib. S.S. 1982. Kondisi Lingkungan dan Laut di Indonesia. LON-LIPI Jakarta: 246 Hal.
- Salim, E. 1986. Baku Mutu Lingkungan. KLH, Jakarta. 25 hal.
- Septiningsih, E. 2009. Pengaruh dekomposisi serasah daun mangrove *Rhizophora mucronata* terhadap kualitas air, pertumbuhan dan sintasan udang *Litopenaeus vannamei*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar, 84 hal.
- Soeroso. 1988. *Faktor Iklim terhadap Produksi Serasah Mangrove*. Dalam Anonim: *Meningkatkan Prakiraan dan pemanfaatan Iklim untuk Mendukung Pengembangan Pertanian Tahun 2000*. Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia. Jakarta. hal 536-546.
- Sulaeman. 1992. Nilai ekonomis kepiting bakau *Scylla serrata*. *Warta Balitdita*. 4 (2) : 27-30.
- Suryati, E., Parenrengi, A., Gunarto, dan A. Tenriulo. 2002. Potensi Bioaktif Tanaman Mangrove *Osbornia octodonta* untuk Penanggulangan Penyakit Bakteri pada Budidaya Udang. Prosiding Seminar Nasional BPTP Sultra, Kendari 6 -7 Agustus 2002, pp. 124 - 133.

- Suryati, E., Gunarto, dan Sulaeman. 2006. Analisis Bioaktif Tanaman Mangrove yang Efektif Mereduksi Penyakit Bakteri pada Budidaya Udang Windu. *Jurnal Riset Akuakultur*, 1 (1): 97 -104.
- Toro, A.V. 1987. Ekologi Kepiting Bakau Niaga, *Scylla serrata* (Forsk.) di Perairan Mangrove Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. Prosiding Seminar III, Ekosistem Mangrove. LIPI – Departemen Kehutanan RI, 147 – 155.
- Van Wyk P. and John Scarpa. 1999. Water Quality Requirements and Management. Chapter 8 in. Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems. Prepared by Peter Van Wyk, Megan DavisHodgkins, Rolland Laramore, Kevan L. Main, Joe Mountain, John Scarpa. Florida Department of Agriculture and Consumers Services. Harbor Branch Oceanographic Institution.
- Volk, W. A., and Wheeler, M. F., 1990, *Mikrobiologi Dasar*, diterjemahkan oleh Markham, Editor Adisoemarto, S., Edisi V, Jilid 2, 30-31. Penerbit Erlangga. Jakarta. 389 p.
- Wardoyo, S.T. 1998. Pengelolaan Kualitas Air (Water Quality Management). Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi Institut Pertanian Bogor.
- Yunus, I. Rusdi, Haryanti, dan K. Sugama. 2001. Pemeliharaan larva kepiting bakau (*Scylla paramamosain*) skala massal. Laporan Balai Besar Perikanan Budidaya Laut. 4 hal.
- Zacharia, S. and V.S. Kakati. 2004. Optimal salinity and temperatur of early developmental stages of *Penaeus merguensis* de Man. *Aquaculture*, 232: 378-382.

**PENGEMBANGAN SILVOFISHERY KEPITING BAKAU (*Scylla serrata*)
DALAM PEMANFAATAN KAWASAN MANGROVE DI KABUPATEN
BERAU, KALIMANTAN TIMUR**

**Triyanto¹⁾, Nirmalasari Idha Wijaya²⁾, Tri Widiyanto¹⁾, Ivana Yuniarti¹⁾, Fajar
Setiawan¹⁾, Fajar Sumi Lestari¹⁾**

¹⁾Pusat Penelitian Limnologi-LIPI; ²⁾ STIPER Kutai Timur

Email: triyanto@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Kawasan pesisir Kabupaten Berau di Propinsi Kalimantan Timur yang memiliki potensi kawasan mangrove yang cukup besar (47.349 Ha) atau sebesar 59,03% dari seluruh wilayah pesisir yang ada. Kawasan mangrove di pesisir Kabupaten Berau memiliki peran yang strategis sebagai kawasan penyanggah kepulauan Derawan yang memiliki keindahan panorama laut yang mendunia dan sumberdaya kelautan yang tinggi. Ekosistem mangrove merupakan area pengasuhan utama bagi banyak spesies ikan, udang dan kepiting, termasuk kepiting bakau. Produksi tangkapan kepiting bakau dari wilayah Kabupaten Berau turut berkontribusi dalam perdagangan kepiting di Kalimantan Timur yang cukup signifikan. Area mangrove di Kabupaten Berau terutama di Delta Berau telah dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya tambak udang. Namun sayangnya budidaya tambak dilakukan dengan cara membuka area mangrove, sehingga fungsi ekologis ekosistem mangrove hilang. Hal ini dapat menjadi ancaman bagi keberlanjutan sumberdaya perikanan. Untuk pengoptimalan pemanfaatan kawasan mangrove perlu dikembangkan sistem budidaya yang ramah lingkungan, seperti silvofishery. Silvofishery merupakan bentuk budidaya perikanan berkelanjutan dengan input yang rendah, dengan pendekatan terintegrasi sehingga dalam pemanfaatan sumberdaya mangrove dapat tetap mempertahankan keutuhan dan kelestarian kawasan mangrove itu sendiri. Pengembangan budidaya kepiting bakau dengan system Silvofishery dapat menjadi alternatif aktivitas ekonomi bagi rakyat pedesaan di pesisir dan dapat mengurangi tekanan ekologi terhadap hutan mangrove.

Kata Kunci: *Kepiting bakau, mangrove, silvofishery, dan Kabupaten Berau*

PENDAHULUAN

Kabupaten Berau memiliki sumberdaya hutan mangrove yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir. Hutan mangrove Kabupaten Berau terdapat mulai dari bagian utara di Tanjung Batu, Delta Berau, sampai ke selatan di Biduk-biduk. Selain itu hutan mangrove juga ditemukan di beberapa pulau, seperti Pulau Panjang, Rabu-rabu, Semama dan Maratua di bagian utara pesisir Berau, dan di Pulau Buaya-buaya di bagian selatan pesisir Berau. Secara keseluruhan luas kawasan mangrove sebesar 80.277 ha. (Wiryawan, *et al.* 2005)

Tingkat kerusakan kawasan mangrove di Propinsi Kalimantan Timur sudah cukup mengawatirkan. Tercatat seluas 329.579 ha mengalami rusak berat, 328.695 ha rusak ringan, sisanya 225.105 atau hanya sekitar 25,48 persen yang dalam kondisi baik (Tribunnews.com, 2010). Dari segi kondisi kawasan mangrove, Kabupaten Berau relatif masih memiliki kondisi kawasan mangrove yang lebih baik bila dibandingkan dengan

kabupaten atau kota lainnya di propinsi Kalimantan Timur. Namun demikian degradasi/kerusakan kawasan mangrove dan kerusakan DAS serta konversi lahan mangrove menjadi areal pertambakan menjadi ancaman serius bagi kelestarian hutan mangrove di Kabupaten Berau. Tingkat kerusakan kawasan mangrove yang terdata pada tahun 1997 baru sekitar 450 hektar hutan mangrove di Delta Berau yang berubah menjadi tambak udang. Akan tetapi, pada tahun 2003 sudah mencapai sekitar 4.000 hektar (Kompas.com.2003).

Ekosistem mangrove memiliki peranan sebagai perpaduan antara aspek fisik dan aspek biologi, yang dikenal sebagai fungsi ekologis. Sedangkan pemanfaatan akan bermakna sebagai aspek ekonomi dimana manusia merupakan salah satu unsur utama yang berperan sebagai pengguna ekosistem tersebut. Pemanfaatan sumberdaya mangrove untuk kepentingan ekonomi seringkali menjadi permasalahan bagi ekosistem mangrove tersebut karena yang dilakukan umumnya pengkonversian mangrove untuk pengembangan kegiatan skala besar seperti pertanian, akuakultur, *logging*, pengambilan garam, dan infrastruktur.

Kepiting bakau, seperti jenis *Scylla serrata* merupakan biota yang langsung berasosiasi dengan kawasan mangrove merupakan biota ekologis utama dan bernilai ekonomi penting di ekosistem mangrove (Macintosh *et al.* 1993). Rusak dan hilangnya habitat dasar serta fungsi utama ekosistem mangrove maka akan menghilangkan habitat alami dari *S. serrata* yang pada akhirnya menurunkan jumlah populasi salah satu jenis crustacea yang bernilai ekonomi tinggi ini. Penurunan populasi *S. serrata* selain disebabkan hilangnya habitat alami (kerusakan ekosistem mangrove) juga disebabkan penangkapan (eksploitasi) secara berlebihan oleh nelayan sehingga menghilangkan kesempatan bagi *S. serrata* untuk berkembang dan tumbuh dengan baik.

Salah satu alternatif pemanfaatan yang bisa dilakukan adalah melakukan budidaya perikanan dengan sistem *silvofishery* untuk mengembalikan fungsi kawasan mangrove, 80% untuk konservasi dan 20% untuk pemanfaatan (budidaya yang ramah lingkungan). *Silvofishery* adalah salah satu konsep dalam pengelolaan sumberdaya pesisir yang mengintegrasikan konservasi mangrove dengan budidaya air payau (Quarto 1999 dalam Arifin 2006). *Silvofishery* adalah bentuk budidaya perikanan berkelanjutan dengan input yang rendah. Pendekatan terintegrasi ini memungkinkan memanfaatkan sumberdaya mangrove dengan mempertahankan keutuhan mangrove yang relatif lebih

tinggi dalam area mangrove, ketika terjadi pembesaran nilai ekonomi dalam usaha budidaya air payau.

Komoditas perikanan yang sesuai untuk budidaya *silvofishery* di kawasan mangrove adalah kepiting bakau (*Scylla serrata F.*). Kepiting bakau merupakan spesies yang khas di kawasan hutan bakau. Kepiting bakau hidup di daerah muara sungai dan rawa pasang surut yang banyak ditumbuhi vegetasi mangrove. *S. serrata* merupakan jenis kepiting yang paling populer sebagai bahan makanan dan mempunyai harga yang cukup mahal (bernilai ekonomis tinggi). Saat ini untuk memenuhi kebutuhan pasar masih dilakukan dengan cara penangkapan di alam, sehingga ketersediaannya masih tergantung stok alam, selain itu eksploitasi yang berlebihan akan mengancam kelestarian sumberdaya kepiting bakau itu sendiri.

Budidaya sistem *silvofishery* di dalam area hutan mangrove memungkinkan adanya budidaya perikanan tanpa perlu mengkonversi area mangrove. Dengan alternatif pengelolaan seperti ini diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomi hutan mangrove, tanpa mengancam fungsi ekologisnya. Makalah ini membahas mengenai konsep *silvofishery* dalam pemanfaatan kawasan mangrove, kondisi umum perairan mangrove di Kabupaten Berau, hasil tangkapan/produksi kepiting bakau di Kabupaten Berau dan rencana pengembangan *silvofishery* yang mungkin dapat dilakukan.

Pengertian *Silvofishery*

Silvofishery merupakan gabungan dari dua kata yaitu *silvi* atau *silvo* yang berarti hutan dan *fishery* yang berarti perikanan. Sehingga *silvofishery* dapat diterjemahkan sebagai perpaduan antara tanaman mangrove (hutan) dengan budidaya perikanan. *Silvofishery* adalah salah satu konsep kuno dalam pengelolaan sumberdaya pesisir yang mengintegrasikan konservasi mangrove dengan budidaya air payau.

Jenis-jenis komoditas yang dapat dibudidayakan di air payau antara lain adalah ikan bandeng (*Chanos chanos*), udang windu (*Penaeus monodon*), udang vanamei (*Penaeus vannamei*), ikan patin (*Pangasius pangasius*), ikan kakap (*Lates calcarifer*), rumput laut, dan termasuk diantaranya adalah kepiting bakau (*Scylla spp.*). Dari berbagai jenis komoditas tersebut umumnya memerlukan air yang cukup sebagai tempat hidupnya, sehingga pemeliharaannya dilakukan dalam kolam (empang/tambak) yang dibuat dengan membuka hutan mangrove. Kepiting bakau mempunyai karakteristik

yang sedikit berbeda dengan komoditas lainnya karena kemampuannya untuk bertahan hidup dalam kondisi kurang air. Oleh karena itu membudidayakan kepiting tidak memerlukan tambak yang luas.

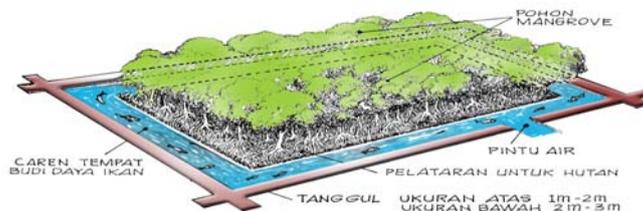
Budidaya kepiting bakau selain dapat dilakukan di tambak air payau, dapat juga dilakukan dengan kurungan tancap di dalam area mangrove (*silvofishery*). Budidaya *silvofishery* kepiting bakau merupakan teknik budidaya pembesaran yang dilakukan dengan cara memelihara kepiting bakau dalam kurungan tancap yang dibangun di dalam area mangrove. Lokasi untuk pembangunan kurungan tancap dipilih di dalam area rawa mangrove yang berada pada kisaran pasang surut air laut.

Model-model *Silvofishery*

Secara umum ada tiga model dasar *Silvofishery* yaitu *model empang parit* dan *model komplangan* (mangrove yang berselang-seling dengan tambak). Model empang parit selanjutnya ada yang disempurnakan dalam pembuatan paritnya. Model empang parit menyajikan tingkatan yang lebih besar dalam penanaman mangrove atau mempertahankan keberadaan mangrove dalam area tambak, dengan penutupan mangrove antara 60-80% dalam parit di tambak. Sedangkan model komplangan (berselang-seling) merekomendasikan untuk mempertahankan mangrove dengan rasio maksimum yang sama, yaitu tiap 2 ha tambak harus dipertahankan 8 ha mangrove disekeliling tambak tersebut.

1) Model empang parit

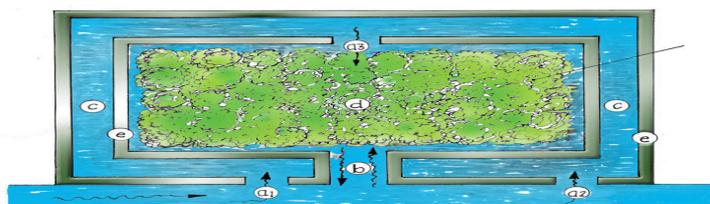
Pada model empang parit, lahan untuk hutan mangrove dan tambak/empang masih menjadi satu hamparan yang diatur oleh satu pintu air.



Gambar 1. *Silvofishery* model empang parit (Bengen 2000)

2) Model empang parit yang disempurnakan

Pada model ini, lahan untuk hutan mangrove dan tambak/empang diatur oleh saluran air yang terpisah.

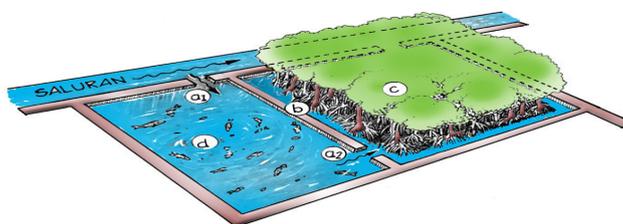


Gambar 2. *Silvofishery* model empang parit yang disempurnakan (Bengen 2000)

Keterangan:

- a: pintu masuk air ke caren (parit budidaya kepiting/ikan)
- b: pintu keluar masuk air ke hutan mangrove
- c: caren (parit pemeliharaan ikan/kepiting)
- d: pelataran hutan mangrove
- e: tanggul

3) Model Komplangan



Gambar 3. *Silvofishery* model komplangan (Bengen 2000)

Keterangan:

- a: pintu masuk air ke tambak/empang
- b: tanggul
- c: pelataran hutan mangrove
- d: tambak/empang tempat pemeliharaan kepiting/ikan

Budidaya kepiting dalam kurungan tancap lebih mendekati model empang parit, karena kurungan tancap kepiting dibangun dalam area rawa mangrove, dan tumbuh-tumbuhan dalam area mangrove dibiarkan tetap utuh untuk menyediakan lingkungan yang alami untuk kepiting untuk tumbuh dan bereproduksi, parit keliling yang tidak terlalu luas dibuat untuk memenuhi kebutuhan air asin bagi kepiting. Bedanya pada model empang parit, tambak dibatasi dengan tanggul dari tanah, sedangkan pada karamba tancap tambak dibatasi dengan pagar dari jaring/papan.

Sistem tambak tidak mengkonservasi dan mengelola lingkungan alami kepiting bakau, karena tambak dikembangkan dengan membuka bersih area bakau, yang merupakan habitat alami kepiting bakau (Genodepa 1999). Sistem kurungan tancap lebih bersifat ramah lingkungan karena tidak mengkonversi mangrove dan

memungkinkan kepiting hidup dalam lingkungan alaminya (Ikhwanuddin & Oakley 1999; Genodepa 1999).

Kelebihan dan Kekurangan Budidaya *Silvofishery*

Budidaya *silvofishery* kepiting bakau dalam karamba tancap dalam mangrove memiliki beberapa kelebihan dibandingkan teknik budidaya kepiting bakau dalam tambak. Kelebihan tersebut antara lain adalah:

1. Kepiting bakau adalah biota yang secara alami hidup dalam hutan mangrove, sehingga untuk memelihara kepiting bakau tidak perlu mengeluarkan biaya untuk membuka mangrove, cukup dengan membuat pagar yang mengurung biota yang dipelihara. Dengan demikian biaya investasi dapat ditekan.
2. Kepiting bakau dipelihara dalam habitat alaminya, dan hutan mangrove menyediakan kondisi fisik kimia lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan kepiting bakau, sehingga kemampuan bertahan hidup (*Survival Rate*) kepiting bakau lebih besar dibandingkan bila dipelihara dalam empang/tambak.
3. Hutan mangrove menyediakan pakan alami bagi kepiting bakau, sehingga biaya untuk pakan kepiting bakau dapat ditekan.
4. Sistem kurungan ini dapat digunakan untuk pemeliharaan sementara bagi kepiting yang rendah mutunya menjadi kepiting yang berkualitas ekspor.
5. Lahan kritis di kawasan mangrove, seperti tambak-tambak yang sudah tidak produktif, bisa digunakan lagi untuk budidaya *silvofishery* setelah dilakukan rehabilitasi.
6. Fungsi ekologis mangrove masih tetap terjaga, karena hutan mangrove tidak ditebang.

Selain kelebihan-kelebihan yang dapat diperoleh dari budidaya dengan model *silvofishery*, teknik ini juga memiliki kelemahan, antara lain:

1. Budidaya tidak dapat dilakukan secara intensif, kepadatan biota yang akan dipelihara harus sesuai dengan daya dukung lingkungan yang ada.
2. Kondisi lingkungan yang relatif lebih alami membuat predator, seperti biawak, masih banyak ditemukan, sehingga ancaman dari predator alami cukup besar..
3. Dimensi karamba tancap tidak bisa dibuat terlalu luas, karena jaring untuk karamba panjangnya terbatas, selain itu untuk mempermudah pemantauan selama pemeliharaan dan pemanenan.

Kondisi Perairan Mangrove di Kabupaten Berau

Luas kawasan mangrove di kabupaten berau mencapai 59,03% atau seluas 47.349 Ha dari total wilayah pesisir. Katagori wilayah pesisir Kabupaten Berau dibagi menjadi 5 kategori yaitu wilayah tambak, mangrove, nipah, nipah dan kelapa serta hutan pasang surut (Tabel 1). Hasil survei tahun 2012 menunjukkan pada seluruh area mangrove di Kabupaten Berau minimal terdapat 24 jenis vegetasi mangrove dari 13 famili/suku (Tabel 2).

Tabel 1. Data luasan area mangrove di Kabupaten Berau

Tipe Area	Total area (Ha)	Percentase (%)
Tambak udang/ikan	1.647	2,05
Mangrove	47.349	59,03
Nipah	23.306	29,06
Nipah & Pohon Kelapa	600	0,75
Hutan pasang surut	7.307	9,11
Total area	80.208	100

Sumber : Triyanto *et al.* 2012

Berdasarkan hasil penelitian Triyanto *et al.* 2012, kondisi kualitas air perairan mangrove di Kabupaten Berau dicirikan oleh pH berkisar antara 7,14-8,15, kadar oksigen terlarut antara 4,22-7,47 mg/L dan nilai BOD5 mencapai 1,04-7,32 mg/L, temperature berkisar antara 28,6-33,9 °C, salinitas antara 10,41-27,3 ppt dan status kesuburan perairan berdasarkan nilai TP adalah 0,061 mg/L, TN adalah 3,285 mg/L dengan nilai maksimum ammonium mencapai 0,200 mg/L. Kandungan klorofil-a mencapai 6,774 mg/m³. Tipe substrat perairan ada dua kategori yaitu substrat berpasir dan lumpur berliat, dengan kandungan C substrat berkisar antara 0,11-4,26% dan N substrat berkisar antara 0,01-0,31%.

Tabel 2. Jenis-jenis mangrove di Kabupaten Berau.

No	Jenis Mangrove	Famili	No	Jenis Mangrove	Famili
1	<i>Aegiceras corniculatum</i>	Myrsinaceae	13	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Combretaceae
2	<i>Avicenia alba</i>	Myrsinaceae	14	<i>Lumnitzera littorea</i>	Combretaceae
3	<i>Avicennia officinalis</i>	Myrsinaceae	15	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Combretaceae
4	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Rhizophoraceae	16	<i>Nipa fruticans</i>	Areaceae
5	<i>Bruguiera sexangula</i>	Rhizophoraceae	17	<i>Osbornia octodonta</i>	Myrtaceae
6	<i>Bruguiera parviflora</i>	Rhizophoraceae	18	<i>Pandanus tectoriue</i>	Pandanaceae
7	<i>Calophyllum inophyllum</i>	Guttiferae	19	<i>Pongamia pinnata</i>	Caesalpinaceae
8	<i>Ceriops decandra</i>	Rhizophoraceae	20	<i>Rhizophora apiculata</i>	Rhizophoraceae
9	<i>Ceriops tagal</i>	Rhizophoraceae	21	<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophoraceae
10	<i>Derris trifoliata</i>	Leguminose	22	<i>Scyphipora hydrophyllacea</i>	Rubiaceae
11	<i>Glochidion lucidum</i>	Euphorbiaceae	23	<i>Sonneratia alba</i>	Myrsinaceae
12	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Malviaceae	24	<i>Xylocarpus granatum</i>	Meliaceae

Sumber : Triyanto *et al.* 2012

Kondisi Perikanan Kepiting Bakau

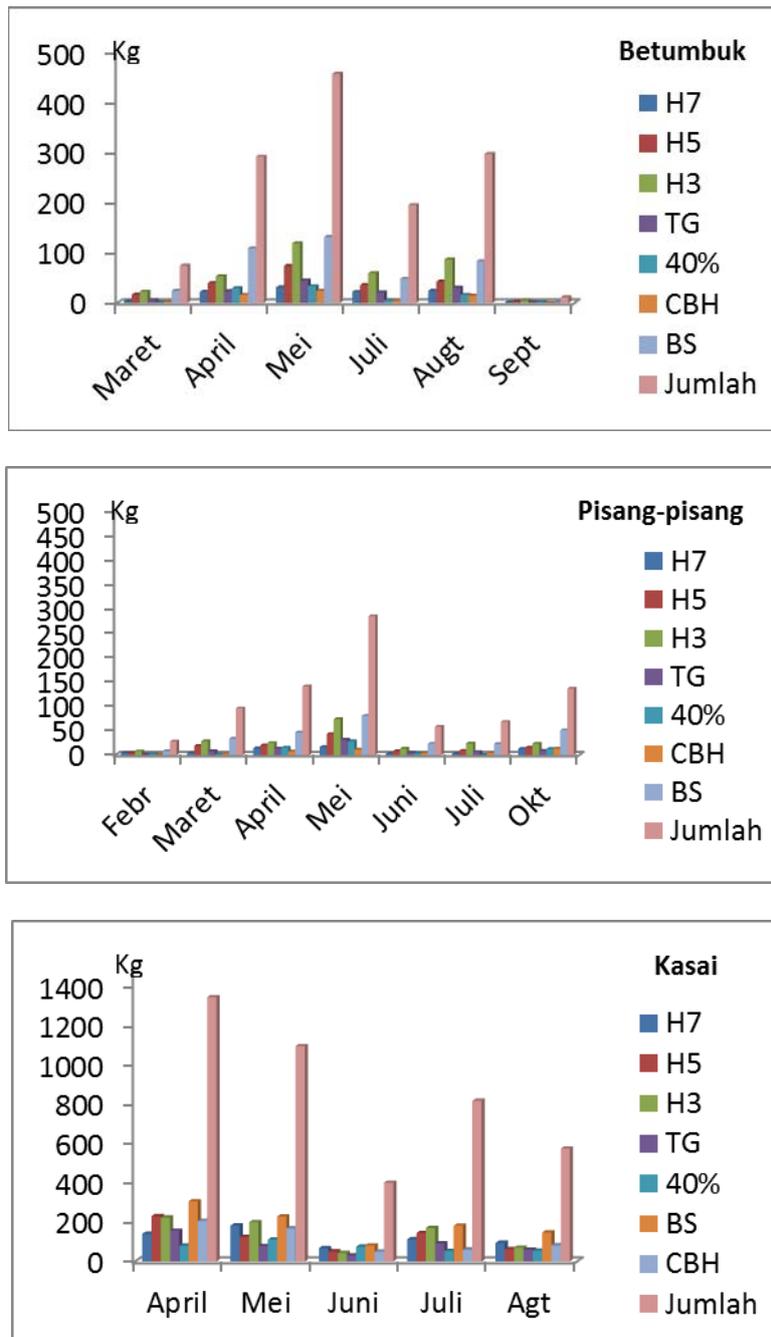
Produksi kepiting bakau di Kabupaten Berau umumnya diperoleh dari hasil tangkapan langsung di alam. Produksi kepiting bakau dari kabupaten Berau mencapai 335,2 ton (DKP-Kab.Berau, 2011). Kepiting di tangkap di area mangrove dan di pinggir sungai-sungai dekat dengan muara. Lokasi utama penangkapan kepiting bakau di Kabupaten Berau adalah di daerah Batumbuk, Pisang-pisang, Kasai, Semanting dan Bingkar serta daerah di sekitar Delta Berau. Penangkapan kepiting bakau dilakukan dengan menggunakan alat perangkap dan pancing. Umumnya nelayan penangkap kepiting dikordinasi oleh seorang pengumpul yang biasanya memberikan modal kerja kepada para nelayan yang menjadi anggotanya. Seorang pengumpul kepiting biasanya memiliki anggota nelayan sebanyak 10-20 orang. Hasil tangkapan dijual langsung ke pengumpul dengan harga yang telah disepakati bersama. Setiap nelayan umumnya mampu menangkap kepiting per harinya mencapai 3-5 kg. Musim penangkapan kepiting tertinggi terjadi pada bulan April-Juni.



Gambar 4. Alat tangkap kepiting (rakang) dan hasil tangkapan kepiting

Hasil pemantauan dan pendataan terhadap hasil tangkapan nelayan diketahui bahwa ada 7 kategori kelas ukuran/kode kepiting dimana data total tangkapan kepiting bakau didominasi oleh ukuran BS (kepiting kecil atau besar namun kelengkapan anggota tubuhnya tidak lengkap). Hasil tangkapan kepiting di nelayan pengumpul dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil tangkapan kepiting bakau tertinggi aktivitasnya pada bulan April dan Mei. Hasil tangkapan yang terbanyak adalah pada kelompok kepiting BS (ukuran kecil/kualitas rendah). Berdasarkan proporsi perbandingan hasil tangkapan pada setiap pengumpul didapatkan kepiting kelompok BS juga mendominasi hasil produksi tangkapan nelayan di daerah penelitian.

Hasil tangkapan yang tinggi pada bulan April Mei dan Juni terkait dengan sifat biologi dan ekologi dari kepiting bakau, dimana pada bulan-bulan tersebut kepiting besar dan ukuran lain banyak ditemukan di daerah mangrove untuk mencari makan dan proses pembesaran. Hasil tangkapan kelompok BS yang besar merupakan indikasi ketersediaan kepiting muda yang dapat dijadikan sebagai sumber benih dalam pengembangan budidaya *silvofishery* kepiting bakau. Dengan demikian akan terjadi peningkatan nilai produksi dari kelompok ukuran tersebut, mengingat kelompok ini merupakan kelompok kepiting yang nilai jualnya rendah.



Gambar 5. Perkembangan hasil tangkapan kepiting di beberapa pengumpul kepiting (Keterangan H7:700g; H5: 500g; H3: 300g; TG: tanggung (<200g); 40%: kepiting bertelur kualitas 40%; CBH: kepiting bertelur sempurna; BS: kepiting kecil atau tidak utuh organ tubuhnya).

Model *Silvofishery* Kepiting Bakau

Seperti penjelasan di awal *silvofishery* merupakan salah satu konsep budidaya perikanan yang memanfaatkan area mangrove sebagai media pemeliharaan biota

budidaya. *Silvofishery* memadukan unsur konservasi dan akuakultur sehingga optimasi pemanfaatan sumberdaya yang ada akan menjadi lebih optimal. *Silvofishery* kepiting bakau dapat dikembangkan di area mangrove Kabupaten Berau. Hasil analisis kesesuaian lahan untuk pengembangan budidaya sistem *silvofishery* di Kabupaten Berau mencapai 36.369 Ha (Setiawan dan Triyanto, 2012).

Model *silvofishery* yang mungkin dapat dikembangkan adalah dengan sistem kurungan tancap yang dimodifikasi dengan adanya parit keliling sebagai wilayah yang terus tergenangi air (Wijaya, 2010). Ukuran kurungan tancap disesuaikan dengan kapasitas produksi yang diinginkan dan ketersediaan lahan serta dana investasi. Sebagai contoh kurungan tancap yang sedang berlangsung di kembangkan adalah berukuran 20 x 20 m dengan lebar parit 1 m dan dalam 1 m. Kurungan tancap di buat dari jaring *polyethilen* mata jaring 1,5” yang dilingkarkan ke area mangrove yang secara teknis memenuhi syarat. Pada keliling kurungan tancap dibuat pagar kayu yang agak rapat untuk memperkuat konstruksi jaring serta mencegah hama/predator yang dapat merusak jaring.

Kepiting bakau yang ditebarkan umumnya berukuran <100 gram (Ikhwanuddin and Oakley 1999) dengan padat tebar 2,5 ekor/m² atau disesuaikan dengan kondisi pemeliharaan (Genodepa, 1999). Pakan tambahan dapat diberikan berupa ikan rucah atau kerang-kerangan yang berasal dari sekitar kawasan mangrove. Pemberian pakan dilakukan dua kali pada pagi dan sore hari sebanyak 1-5% dari bobot tubuh kepiting yang dipelihara. Masa pemeliharaan disesuaikan dengan ukuran panen sekitar 3-5 bulan. Panen kepiting dilakukan dengan alat perangkap, hanya kepiting yang berkualitas bagus saja yang dipanen. Produksi kepiting bakau dari kegiatan *silvofishery* ini dapat bervariasi tergantung dari ukuran benih yang dipelihara, pakan alami dan pakan tambahan yang diberikan, naungan mangrove yang ada, ada dan tidaknya pemangsaan dan konstruksi kurungan tancap yang baik yang dapat mencegah keluarnya kepiting yang dipelihara di dalam kurungan tancap tersebut. Pada beberapa kegiatan yang dilakukan produksi yang dihasilkan seperti di Vietnam mencapai 270 kg/ha – 1,5 ton/ha (Allan and Fielder, 2004)

KESIMPULAN

Pengembangan *silvofishery* kepiting bakau dengan sistem kurungan tancap dapat dikembangkan di area mangrove Kabupaten Berau berdasarkan kondisi habitat mangrove yang ada dan tersedianya sumberdaya kepiting bakau. Sistem tersebut dapat menjadi alternatif peningkatan pendapatan bagi masyarakat. Secara ekologi sistem ini tidak merusak area mangrove yang ada, karena hanya memanfaatkan area terbatas dan dapat menjadi upaya konservasi dengan merehabilitasi bekas tambak yang sudah tidak dimanfaatkan dengan menanam mangrove terlebih dahulu sebelum dijadikan lokasi budidaya *silvofishery* kepiting bakau. Penelitian mengenai desain dan konstruksi serta tata kelola sistem budidaya *silvofishery* masih perlu dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kondisi di setiap wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, G and D. Fielder. 2004. Mud crab aquaculture in Australia and Southeast Asia Proceedings of the ACIAR Crab Aquaculture Scoping Study and Workshop 28–29 April 2003, Joondoburri Conference Centre, Bribie Island ACIAR Working Paper No. 54
- Arifin Z. 2006. Carrying Capacity Assessment on Mangrove Forest with Special Emphasize on Mud Crab *Silvofishery* System: A Case Studi in Tanjung Jabung Timur District Jambi Province. [Thesis]. Post Graduate School. Bogor Agricultural University.
- Bengen, D.G. 2000. Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Pedoman Teknis, PKSPL IPB, Bogor
- DKP-Kab.Berau. 2011. Statistik Perikanan Kabupaten Berau. Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Berau
- Genodepa, J.G. 1999. Pen Culture Experiments of the Mud Crab *Scylla serrata* in Mangrove Areas. In *Mud Crab Aquaculture and Biology*. ACIAR Proceedings N0.78. Canberra. Australia.
- Kompas. Com. 2003. 4.000 Hektar Hutan Mangrove Delta Berau Habis Dibabat. <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0310/21/daerah/636741.htm>(diunduh tanggal 28 Agustus 2011).
- Macintosh DJ, C Thongkum, K Swamy, C Cheewasedtham, N Paphavisit. 1993. Broodstock management and the potential to improve the exploitation of mangrove crabs, *Scylla serrata* (Forskål), through pond fattening in Ranong, Thailand. *Aquaculture & Fisheries Management* 24:261-269.

- Tribunnews.com. 2010. 329.579 Ha Mangrove di Kaltim Rusak Berat. <http://www.tribunnews.com/> (diunduh tanggal 26 Agustus 2011)
- Wei Say WC, AMhd Ikhwanuddin. 1999. Pen Culture of Mud Crabs, Genus *Scylla* in the Mangrove Ecosystems of Sarawak, East Malaysia. *Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) Proceedings No. 78. Mud Crab Aquaculture and Biology*. Proceedings of an International Scientific Forum held in Darwin, Australia, 21–24 April 1997. Canberra. Australia.
- Setiawan F dan Triyanto. 2012. Studi Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan Silvofishery Kepiting Bakai di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur. *LIMNOTEK*, Vol. 19(2); 2012 (dalam proses penerbitan)
- Triyanto, N. I. Wijaya, , I. Yuniarti, T. Widiyanto, F. Setiawan dan F. S. Lestari. 2012. Habitat Condition of Mud Crab (*Scylla serrata*) in Berau Mangrove Area, East Kalimantan. International Conference on Indonesian Inland Waters III. Balai Riset Perikanan Perairan Umum-KKP; 8 November 2012 (dalam penerbitan)
- Wijaya, N.I. 2010. Biologi Populasi Kepiting Bakau (*Scylla serrata* F.) di Habitat Mangrove Taman Nasional Kutai Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, Volume 36 No. 3, Desember 2010.
- Wiryawan, B., M.Khazali, & M.Knight (eds.). 2005. Menuju Kawasan Konservasi Laut Berau, Kalimantan Timur. Status sumberdaya pesisir dan proses pengembangannya.

LAMPIRAN LAMPIRAN

GUNTING BERITA

15 Danau Rusak Parah Perlu Penanganan

[BOGOR] Lima belas danau di Indonesia mengalami kerusakan cukup parah. Untuk itu diperlukan langkah mempertahankan, mengembalikan fungsi ekosistem dan daya dukung danau, apalagi dengan indikasi situasi perubahan iklim saat ini.

Ditambah laju kerusakan ekosistem yang berkontribusi membuat danau semakin kritis amat cepat. Ancaman potensi kerusakan juga bisa terjadi di 480 danau di Indonesia, jika tidak ada perhatian serius.

Kepala Pusat Penelitian Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tri Widiyanto mengungkapkan LIPI melalui puslit limnologi telah melakukan kajian terhadap 15 danau itu dan hampir 50 persen hasilnya sudah dipublikasi dalam sistem informasi danau Indonesia melalui situs www.limnologi.li-pi.go.id/danau.

"Kita harus menyamakan persepsi mengenai daya dukung danau. Setiap danau memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga perlu penanganan yang spesifik untuk setiap tipe danau," katanya di Seminar Nasional Limnologi VI Mitigasi Kerusakan Ekosistem Perairan Danau Prioritas Nasional untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Berbasis Tinjauan Limnologis, di Bogor, Senin (16/7).

Menurutnya, pengelolaan perairan danau yang tidak berkelanjutan menimbulkan beragam persoalan seperti kematian massal ikan, pencemaran, banjir, kekeringan dan konflik

sosial. Pembuatan keramba yang difungsikan untuk menangkap ikan di danau juga memicu laju pengrusakan danau.

Komitmen Penyelamatan

Dalam konferensi danau Indonesia tahun 2009 di Bali sembilan kementerian yang terdiri dari Kementerian Lingkungan Hidup, Dalam Negeri, Pertanian, Kehutanan, Kelautan dan Perikanan, Energi dan Sumber Daya Mineral, Kebudayaan dan Pariwisata serta Riset dan Teknologi menyepakati komitmen penyelamatan 15 danau.

Danau-danau tersebut antara lain, Danau Toba (Sumatera Utara), Danau Maninjau dan Danau Singkarak (Sumatera Barat), Danau Kerinci (Jambi), Rawa Danau (Banten), Danau Rawapening (Jawa Tengah), Danau Batur (Bali), Danau Tempe dan Danau Matano (Sulawesi Selatan), Danau Poso (Sulawesi Tengah), Danau Tondano (Sulawesi Utara), Danau Limboto (Gorontalo), Danau Sentarum (Kalimantan Barat), Danau Cascade Mahakam-Semayang, Melintang, Jempang (Kalimantan Timur) dan Danau Sentani (Papua). Asisten Deputi II Deputi Pengendalian Kerusakan Ekosistem Perairan Darat Kementerian Lingkungan Hidup Hermono Sigit mengatakan selain 15 danau itu, Danau Ayamaru Papua juga mengalami kerusakan keanekaragaman hayati yang serius. Untuk itu, dalam program selanjutnya danau ini menjadi prioritas. [R-15]

Suara Pembaruan, Selasa 17 Juli 2012, hal 6

IPTEK

Riset dan Tuntutan Kebutuhan Belum Sejalan

JAKARTA, KOMPAS — Kegiatan riset untuk memenuhi kebutuhan masyarakat belum sejalan. Hal ini diperparah dengan rendahnya nilai kegiatan penelitian dan pengembangan yang hanya 0,06 persen dari produk domestik bruto. Nilai itu jauh lebih rendah daripada Singapura (2,36 persen), Malaysia (0,63 persen), dan Thailand (0,25 persen).

"Para periset memiliki kualitas yang terus meningkat. Tetapi, periset tidak tahu mau dibawa ke mana penelitian kita," kata Ketua Dewan Riset Nasional (DRN) Andrianto Handoyo dalam Sidang Paripurna II DRN dan dialog bertema "Mainstreaming Iptek dalam Pembangunan Nasional", Senin (16/7), di Jakarta.

Andrianto mengatakan, DRN memiliki kapasitas menentukan kebijakan arah riset nasional. Saat ini, tantangan terdapat pada

penentuan kegiatan riset yang tumbuh dari kebutuhan masyarakat.

Sidang paripurna DRN dihadiri Menteri Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Dahlan Iskan. Ia meminta DRN menyeringikan hasil riset dengan industri nasional di bawah kementeriannya.

"Sampaikan kalau ada penemuan yang bisa diterapkan di BUMN," kata Dahlan.

Dahlan mengungkapkan, prioritas BUMN saat ini adalah pengembangan produk beras, sorgum, gula, sagu, dan peternakan sapi. Ia mengatakan, 51 persen kekuatan ekonomi ASEAN berada di Indonesia.

Sebanyak 130 juta penduduk Indonesia masuk kelas menengah. Kebutuhan kelas menengah ini diharapkan menjadi perhatian para peneliti.

"Itu berarti soal transportasi juga," tuturnya.

Akomodatif

Deputi Bidang Kelembagaan Iptek pada Kementerian Riset dan Teknologi Benyamin Lakitan mengatakan, fokus riset seperti yang ditetapkan DRN sebelumnya terlampaui akomodatif terhadap berbagai bidang. Dengan anggaran riset yang masih rendah, baik dari pemerintah maupun sektor swasta, semestinya riset lebih difokuskan dengan mempertimbangkan kebutuhan masyarakat.

"Prioritaskan pemenuhan pasar domestik. Saat ini ada lebih dari 235 juta penduduk Indonesia dengan daya beli yang membaik," kata Benyamin.

Menurut dia, saat ini dana riset belum memadai. Hal ini diperparah dengan materi riset yang masih ditentukan selera para periset. Akibatnya, riset untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat menjadi minim.

Sektor transportasi massal adalah contoh kebutuhan masyarakat nyata seperti di Jakarta. Benyamin mengakui, belum ada riset yang komprehensif dan aplikatif terkait infrastruktur atau kelengkapan sarana dan prasarana transportasi massal.

Kontribusi ilmu pengetahuan dalam pembangunan nasional, menurut Benyamin, masih rendah. Laporan World Economic Forum 2012 menyatakan, kesiapan teknologi Indonesia menempati peringkat ke-94 dari 142 negara. Situasi itu kalah dibandingkan dengan Malaysia (ke-44), Thailand (ke-84), Vietnam (ke-79), dan Filipina (ke-83).

"Pertumbuhan ekonomi Indonesia lebih didorong sektor konsumsi dengan potensi pasar yang sangat besar serta pertumbuhan daya serap pasar yang tinggi," katanya. (NAW/YUN)

PENYELAMATAN DANAU

Egosektoral Masih Menjadi Hambatan

JAKARTA, KOMPAS — Egosektoral masih menjadi kendala berat dalam upaya penyelamatan danau dari kerusakan. Di sisi lain, pemulihan kualitas ekosistem danau sudah mendesak. Supaya segera tertangani, instansi pusat dan daerah diminta menempatkan upaya rehabilitasi dalam program pembangunannya.

Sejak Agustus 2009, sembilan kementerian terkait menetapkan 15 danau sebagai prioritas penyelamatan tahun 2010-2014. Permasalahan utama danau-danau ini meliputi eutrofikasi (pengayaan unsur hara yang mendorong pertumbuhan cepat tanaman air) dan pendangkalan.

Danau Maninjau dan Danau Rawapening berstatus hiper-eutrofikasi. Kalau dibiarkan, danau akan punah. Warga yang menggantungkan hidup dari dua danau itu akan kehilangan sumber penghidupan.

"Kalau Rawapening tidak diapa-apakan, (diprediksi) 2021 bisa jadi lapangan bola," kata Hernowo Sigit, Asisten Deputi Pengendalian Kerusakan Ekosistem Darat Kementerian Lingkungan Hidup, pada Seminar Limnologi VI Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Senin (16/7), di Bogor. Penyebabnya, pendangkalan dan kepadatan eceng gondok sangat tinggi.

Ia mengatakan, komitmen pemerintah dan politik terkait isu penyelamatan 15 danau mendapat prioritas kuat. Selain dukungan sembilan menteri, DPR melalui Kelompok Kerja Penyelamatan Danau minta KLH menyusun konsep kerangka dasar programnya. Targetnya selesai Agustus 2012.

Kepala Subdirektorat Konservasi dan Rehabilitasi Kementerian Dalam Negeri Diah Indrajati

mengatakan, upaya pemulihan ekosistem danau perlu dituangkan dalam rencana pembangunan jangka menengah daerah karena menyangkut anggaran.

Diah menyebutkan, belum ada pemerintah daerah yang memiliki program penyelamatan danau. Sebaliknya, banyak pemda memiliki program pemanfaatan danau. Padahal, pemanfaatan dan penyelamatan berkaitan erat untuk menjamin keberlangsungan ekonomi masyarakat.

Kepala Pusat Penelitian Limnologi LIPI Tri Widiyanto menjelaskan, daya dukung danau untuk budidaya perlu dikaji. Idealnya tidak ada aktivitas budidaya di danau.

Indonesia memiliki 840 danau. Sebanyak 15 danau yang diprioritaskan untuk diselamatkan antara lain Danau Toba (Sumatera Utara), Danau Maninjau dan Danau Singkarak (Sumatera

Barat), Danau Kerinci (Jambi), Rawa Danau (Banten), Danau Rawapening (Jawa Tengah), dan Danau Batur (Bali). Selain itu, Danau Tempe dan Danau Matano (Sulawesi Selatan), Danau Poso (Sulawesi Tengah), Danau Tondano (Sulawesi Utara), Danau Limboto (Gorontalo), Danau Sentarum (Kalimantan Barat), Danau Cascade Mahakam-Semayang, Melintang, Jempang (Kalimantan Timur), dan Danau Sentani (Papua).

Sembilan menteri yang sepakat dalam penyelamatan danau adalah Menteri Lingkungan Hidup, Menteri Pertanian, Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Menteri Dalam Negeri, Menteri Kehutanan, Menteri Pariwisata dan Ekonomi Kreatif, Menteri Pekerjaan Umum, Menteri Kelautan dan Perikanan, serta Menteri Riset dan Teknologi. (ICH)

Danau Rawa Pening Mengkhawatirkan

JAKARTA— Dari Rawa Pening, Semarang, Jawa Tengah, adalah danau dengan kondisi paling mengkhawatirkan dari 15 danau yang kondisinya parah di Indonesia. 'Peringkat' ini, menurut Kepala Pusat Penelitian (P2) Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Dr Tri Widlyanto MSI, diikuti oleh Danau Maninjau, Minangkabau, Sumatra Barat, dan Danau Limboto, Gorontalo.

Kerusakan Danau Rawa Pening disebabkan oleh populasi eceng gondok yang sudah melebihi batas maksimal (menutupi lebih dari 70 persen permukaan danau) sehingga menyebabkan air danau asam. Selain itu, terjadinya sedimentasi akibat limbah rumah tangga dari masyarakat yang tinggal di sekitar danau memperburuk kondisi tersebut.

"Sedimentasi ini akan menambah tinggi dasar danau sehingga jika dibiarkan terus-menerus, diperkirakan dalam beberapa tahun ke depan danau dapat menjadi daratan," ucap Tri Widlyanto. Namun, Tri menambahkan, belum ada indikasi adanya logam berat di danau ini.

Untuk mengembalikan kondisi danau seperti semula, perlunya kerja sama antara pemerintah dan masyarakat sekitar danau. "Jika kerja sama antarelemen ini dengan konsisten dijalankan, dalam waktu 10 tahun, kondisi danau akan jauh lebih baik," kata dia.



● Danau Rawa Pening

Pada Konferensi Nasional Danau Indonesia I pada 2009 di Bali telah sepakat ada 15 danau di Indonesia menjadi danau prioritas periode 2010-2014. Danau-danau ini dipilih berdasarkan kritisnya tingkat kerusakan dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat. "Setidaknya ada enam kriteria penilaian untuk menentukan danau prioritas itu," katanya.

Kriteria itu, selain sedimentasi di antaranya pemanfaatan danau yang beragam; komitmen pemerintah daerah dan masyarakat dalam pengelolaan danau; dan fungsi strategis danau (danau yang mempunyai fungsi strategis bagi kepentingan nasional).

Tri melanjutkan bahwa danau-danau yang menjadi prioritas penanganan permasalahan lingkungan hidup

antara lain Danau Toba, Danau Maninjau, dan Danau Stagkarak, Danau Kerinci, Rawa Danau, Danau Rawapening, Danau Batur, Danau Tempe dan Danau Matano, Danau Poso, Danau Tondano, Danau Limboto, Danau Sentarum, Danau Semayang, Meintang Jempang, dan Danau Sentani. "Setiap danau memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga perlu penanganan yang spesifik," imbuhnya.

Kendala yang dihadapi saat ini adalah memberi pemahaman kepada masyarakat tentang pentingnya danau untuk keseimbangan lingkungan. Selain itu, pemahaman tentang karakteristik danau yang tidak sama. "Tidak semua danau cocok untuk dijadikan karamba," ucapnya. ■ 170 ■

Tantangan Besar Penyediaan Air Bersih Masih Menghadang

Kamis, 19 Juli 2012



(Bogor, 16 Juli 2012 – Humas LIPI) Tingkat pelayanan air bersih untuk masyarakat masih relatif rendah. Dari sekitar 324 Perusahaan Daerah Air Minum di Indonesia, tidak lebih dari 140 yang dapat melayani secara optimal. Padahal PBB telah menetapkan air sebagai salah satu parameter untuk mengukur Nilai Indeks Pembangunan Manusia. "Ini menunjukkan bahwa tantangan yang besar dalam merealisasikan pelayanan air bersih kepada masyarakat masih menghadang di depan kita," ujar Deputy Ilmu Pengetahuan Kebumihan LIPI Dr. Ir. Iskandar Zulkarnain yang mewakili Kepala LIPI dalam Seminar Limnologi ke-6 tahun 2012 dengan

tema *Mitigasi Kerusakan Ekosistem Perairan Danau Prioritas Nasional Berbasis Tinjauan Limnologis untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan* di Hotel Santika, Bogor, Senin (16/7) lalu.

Menurut Iskandar hal ini bukan pekerjaan mudah, tetapi juga bukan sesuatu yang mustahil untuk diwujudkan. "Saat ini Komisi VII DPR RI telah membentuk Panitia Kerja Danau yang menitikberatkan pada kawasan 15 Danau Prioritas seperti Toba, Maninjau, Singkarak, Kerinci, Batur, dan Sentani," tambahnya.

Seminar yang diselenggarakan oleh Pusat Penelitian Limnologi LIPI ini menghadirkan pembicara Prof. Masushita dari Universitas Tsukuba, Jepang; Asisten Deputi III Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim Kementerian Lingkungan Hidup Ir. Hermono Sigit, dan Kepala Sub Direktorat Konservasi dan Rehabilitasi Direktorat Fasilitas Penataan Ruang dan Lingkungan Hidup Kementerian Dalam Negeri.

Selain itu juga diluncurkan Sistem Informasi Danau Indonesia (SIDI) hasil pengembangan peneliti dari P2 Limnologi LIPI serta peresmian berdirinya perhimpunan para ilmuwan limnologi, Masyarakat Limnologi Indonesia atau MLI.

» Sumber : Humas BKPI-LIPI

LIPI to discuss future of critical lakes

The Jakarta Post | National | Sat, July 14 2012, 6:56 AM
A- A A+

Paper Edition | Page: 4

The Indonesian Institute of Sciences (LIPI) has expressed concerns over the fact that as many as 15 lakes across the country have become severely damaged.

In an effort to save those critical lakes, LIPI will organize a national seminar on the mitigation of lake ecosystem destruction.

Held in collaboration with the Bogor Agricultural University (IPB), the seminar will take place at the campus' International Convention Center in Bogor, West Java, on July 16.

Japanese expert Fukushima Takehiko of Tsukuba University will speak at the seminar, along with Arief Yuwono of the Environment Ministry and Diah Indrajati.

Among the critical lakes are Toba, Maninjau, Singkarak, Kerinci (Sumatra), Rawapening (Central Java), Batur (Bali), Tempe, Poso, Tondano (Sulawesi), Jempang, Sentarum (Kalimantan) and Sentani (Papua).

15 Danau Terancam Kekeringan

BOGOR—Proses sedimentasi yang semakin hari tak terkendali, ditambah tingginya kerusakan lingkungan, mengancam keberadaan 15 danau di seluruh Indonesia. Diperkirakan, pada 2021 nanti, 15 danau itu akan mengalami kekeringan.

Fakta tersebut disampaikan Kepala Pusat Penelitian Limnologi pada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Tri Widiyanto saat menyampaikan prospek danau alami yang terancam menjadi daratan baru, kemarin.

Menurut dia, jika hal itu tak diantisipasi secara dini, maka bukan tak mungkin Indonesia akan kehilangan beberapa danau alam yang kini jumlahnya makin berkurang.

“Sedimentasi paling parah ada di Rawa Pening, Semarang yang

diperkirakan mengancam eksistensi danau menjadi daratan pada 2021,” ujarnya.

Tri mengungkapkan, danau alam seluas 2.500 hektare ini semakin parah dengan pertumbuhan eceng gondok yang liar dan tak terkendali. “Penyelamatan harus segera dilakukan karena menurut perhitungan ahli, danau itu akan hilang,” jelasnya.

Di tempat yang sama, Asisten Deputi Pengendalian Kerusakan Ekosistem Perairan Darat Kementerian Lingkungan Hidup, Hermono Sigit membeberkan, pemerintah telah menetapkan penanganan 15 danau kritis yang harus segera direhabilitasi.

“Kita sedang merampungkan grand design untuk 15 (lima belas) danau ini, seperti apa penanganan dan kelembagaannya. Harapannya

ada tindakan menyeluruh dan langsung bisa diterapkan di lapangan,” terangnya.

Hermono mengatakan, selain bermanfaat, eceng gondok ternyata juga berbahaya apabila pertumbuhannya tidak terkontrol dengan baik. Sebab, eceng gondok terbukti dapat mempercepat proses penguaipan air danau. “Namun perlu kita akui, jika eceng gondok sangat diperlukan sebagai ekosistem perairan,” ucapnya.

Ditambahkan Hermono, saat ini Komisi VII DPR RI telah membentuk panitia kerja (panja) danau, yang menitikberatkan kepada kawasan 15 danau prioritas. “Diharapkan pembentukan panja ini dapat memberikan dorongan dan dukungan positif dalam penyelamatan danau di Indonesia,” tukasnya. (rur)

PRESS RELEASE
SEMINAR NASIONAL LIMNOLOGI VI TAHUN 2012
IPB INTERNATIONAL CONVENTION CENTER, 16 JULI 2012

Agenda Seminar Nasional :

Dalam Konferensi Nasional Danau Indonesia II (KNDI II), 13-14 Oktober 2011 di Semarang, Kementerian Lingkungan Hidup menegaskan kembali 15 danau sebagai salah satu prioritas penanganan permasalahan lingkungan hidup. Konferensi ini merupakan tindak lanjut dari Konferensi Nasional Danau Indonesia I yang melahirkan Kesepakatan Bali tentang Pengelolaan Danau Berkelanjutan pada tanggal 13 Agustus 2009. Konferensi 2009 itu telah menyepakati 15 danau menjadi danau prioritas periode 2010-2014, yang dipilih berdasarkan kritisnya tingkat kerusakan dan dampaknya terhadap kehidupan masyarakat. Danau-danau yang menjadi prioritas diantaranya Danau Toba (Sumatera Utara), Danau Maninjau dan Danau Singkarak (Sumatera Barat), Danau Kerinci (Jambi), Rawa Danau (Banten), Danau Rawapening (Jawa Tengah), Danau Batur (Bali), Danau Tempe dan Danau Matano (Sulawesi Selatan), Danau Poso (Sulawesi Tengah), Danau Tondano (Sulawesi Utara), Danau Limboto (Gorontalo), Danau Sentarum (Kalimantan Barat), Danau Cascade Mahakam - Semayang, Melintang, Jempang (Kalimantan Timur), dan Danau Sentani (Papua).

Kesepakatan KNDI I di Bali ditandatangani oleh sembilan menteri terkait yaitu Menteri Negara Lingkungan Hidup, Menteri Pertanian, Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral, Menteri Dalam Negeri, Menteri Kehutanan, Menteri Kebudayaan dan Pariwisata, Menteri Pekerjaan Umum, Menteri Kelautan dan Perikanan dan Menteri Negara Riset dan Teknologi.

Latar belakang kegiatan yang akan dilaksanakan

Setiap danau memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga perlu penanganan yang spesifik untuk setiap tipe danau. Penelitian limnologi di Indonesia pertama kali dipublikasikan oleh Franz Ruttner dan August Thienemann pada akhir 1920-an dengan *Sunda-Expedition*-nya, Cakupan bidang limnologi dalam perkembangannya telah diperluas dari pemahaman tradisional sebagai ilmu yang mempelajari badan air yang berukuran relatif kecil (danau) menjadi suatu kesatuan ekosistem perairan yang mencakup danau dan daerah tangkapan airnya, waduk, sungai, dan berbagai jenis ekosistem lahan basah. Kajian-kajian dalam mengungkap struktur

dan fungsi ekosistem perairan darat di Indonesia hingga kini masih terus dilakukan dan sangat dibutuhkan untuk memahami dan menjaga kesetimbangan ekologis ekosistem perairan darat yang mengalami tekanan yang semakin tinggi.

Pengelolaan perairan danau yang tidak berkelanjutan terkait nyata dengan berbagai persoalan, seperti bencana kematian masal ikan, pencemaran, banjir, dan kekeringan serta memicu konflik sosial dalam masyarakat. Hal ini akan mengancam kelestarian ekosistem perairan danau. Oleh karena itu dalam pengelolaan dan pemanfaatannya diperlukan kearifan dan landasan kajian-kajian ilmiah secara komprehensif, termasuk didalamnya mitigasi bencana dan peran serta masyarakat dalam menjaga pelestarian perairan danau di Indonesia.

Puslit Limnologi sebagai lembaga nasional yang mempunyai peran dan fungsi dalam pengelolaan perairan darat, sudah melakukan banyak kajian/penelitian terutama danau-danau yang ada di Indonesia. Dalam rangka mendukung program penyelamatan danau serta menyebarkan informasi tentang pentingnya pengelolaan dan pemanfaatan danau nasional, maka akan diadakan serangkaian acara yaitu :

A. Tanggal 16 Juli 2012 di IPB-ICC, Bogor, dengan acara :

- a. Seminar Nasional Limnologi VI
- b. Peluncuran Sistem Informasi Danau Indonesia (SIDI)
- c. Pembentukan organisasi profesi Masyarakat Limnologi Indonesia (MLI) dan

Seminar Nasional Limnologi merupakan salah satu sarana pertemuan ilmiah dalam diskusi keilmuan bidang limnologi. Pusat Penelitian Limnologi - LIPI sebagai lembaga yang memiliki peran strategis dalam penelitian perairan darat bermaksud untuk mengadakan Seminar Nasional Limnologi VI dengan tema ***“Mitigasi Kerusakan Ekosistem Perairan Danau Prioritas Nasional Berbasis Tinjauan Limnologis Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan”***. Dalam seminar ini akan diluncurkan Sistem Informasi Danau Indonesia (SIDI) dan pembentukan organisasi profesi Masyarakat Limnologi Indonesia (MLI)

Tujuan

1. Mendiskusikan hasil-hasil penelitian limnologi terkini di Indonesia.
2. Media tukar informasi dan ilmu pengetahuan limnologi terkini diantara peneliti, pengambil kebijakan serta masyarakat, khususnya stakeholder yang berkepentingan dengan kondisi danau Indonesia.

3. Menghasilkan model konseptual dan timbangan ilmiah dalam pengelolaan danau prioritas nasional yang berkelanjutan berbasis tinjauan limnologis.

Berdasarkan naskah yang masuk dalam seminar ini dapat dikatakan bahwa kegiatan penelitian dan kajian yang berhubungan langsung dengan danau prioritas masih relatif sedikit. Dari jumlah abstrak yang masuk, sebanyak : 101 buah, hanya 49 buah abstrak yang langsung berhubungan dengan danau prioritas. Sedangkan selebihnya, yaitu 52 abstrak merupakan kegiatan penelitian atau kajian yang dilakukan di luar danau prioritas.

Hasil seleksi terhadap abstrak yang masuk dengan kriteria tema yang telah ditentukan, menyisakan 66 abstrak yang diterima untuk didiskusikan di dalam seminar ini. Adapun perincian diskusi dalam seminar tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Selected oral presentation* : 6 abstrak
2. *Selected flash poster presentation* : 10 abstrak
3. *Poster* : 50 abstrak

Distribusi lokasi penelitian atau kajian yang dipresentasikan dalam seminar tersebut sebagai berikut:

Danau Prioritas	Makalah	Non Danau Prioritas	Makalah	Lain-lain (makalah)
Maninjau	10	Towuti	2	2
Limboto	7	Gajahmungkur	2	
Rawapening	7	Malili	1	
Toba	5	Sungai Kampar	1	
Tondano	3	Sungai Musi	1	
Semayang	3	Pesisir Jawa	1	
Batur	3	Ranu Grati	1	
Singkarak	2	Embung NTB	1	
Sentarum	2	Situ Cileunca	1	
Kerinci	1	Waduk Soedirman	1	
Rawadanau	1	Kolong P Bangka	1	
Matano	1	Cirata	1	
Tempe	1	Waduk Kotopanjang	1	
Sentani	0	Danau Tolire	1	
Poso	0	Danau Laut Tawar	1	
		Setu sekitar Bogor	1	
Total	46		18	2

Distribusi judul abstrak terhadap lokasi penelitian :

Sub tema yang diangkat yaitu :

1. Biodiversitas fungsional
2. Ekologi danau dan Daerah Tangkapan Air
3. Restorasi dan pelestarian danau
4. Pengelolaan perikanan berkelanjutan
5. Mitigasi bencana perairan danau
6. Sosial kemasyarakatan dan kelembagaan
7. Kebijakan publik terkait upaya penyelamatan danau

Institusi yang berpartisipasi

Makalah yang masuk dan diterima berasal dari 15 instansi (LPND, perguruan tinggi dan departemen), diantaranya dari University of Tsukuba (sebagai salah satu *keynote speaker*).

Kegiatan yang telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Limnologi LIPI terhadap beberapa Danau Prioritas adalah sebagai berikut:

Nama Danau	Kegiatan Penelitian	Pemanfaatan Teknologi	Mitigasi Bencana
Maninjau	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluasi nilai ekonomi Danau Maninjau, ➤ Neraca air dan waktu tinggal air ➤ Sumber daya perikanan ➤ Status kualitas air 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pemberdayaan masyarakat untuk peningkatan produktivitas perikanan tangkap melalui pengembangan Rasau ➤ Karamba Jaring Apung bertingkat, ➤ Domestikasi ikan-ikan lokal, ➤ Pengembangan Stasiun Alih Teknologi dan Limnologi 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Naskah Akademis rancangan Perda Kabupaten Agam tentang pengelolaan kawasan Danau, ➤ Rekomendasi pengendalian kualitas air Danau Maninjau terkait kematian massal ikan dan pencemaran lingkungan ➤ Pembinaan kelompok nelayan dan pemuka

			masyarakat,
Danau Toba	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kajian hidrometri/batimetri dan neraca air, ➤ Status kualitas air ➤ Kajian loading nutrient dari daerah tangkapan air dan Karamba Jaring Apung ➤ Valuasi ekonomi konservasi ekosistem danau, 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Penetapan Daya dukung dan zonasi untuk Karamba Jaring Apung (KJA) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rekomendasi pengembangan KJA ke Badan Koordinasi Pengelolaan Ekosistem Danau Toba (BKPEDT),
Semayang - Melintang - Jempang	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kajian tingkat sedimentasi danau, ➤ Status kualitas perairan ➤ Kajian hidrometri dan neraca air ➤ Kajian potensi sumberdaya perikanan 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pola pengelolaan danau, ➤ Kajian pengembangan wilayah pedesaan di sekitar danau 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Arahan pemanfaatan ruang (zonasi) perairan danau, ➤ Arahan konservasi perairan danau terkait Pesut (<i>Orcaela brevirostris</i>)
Danau Poso	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kajian status kualitas perairan danau, Batimetri ➤ Kajian perikanan sidat 	- Pengelolaan perikanan sidat	Draft naskah akademis pengelolaan perikanan sidat
Danau Batur	Kajian status kualitas perairan, neraca air dan Batimetri	-	Rekomendasi larangan pengembangan KJA
Danau Matano	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kajian status kualitas perairan 	-	-

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kajian keragaman hayati ➤ Kajian Pencemaran logam berat, ➤ Kajian neraca air dan morfometri, ➤ Kajian sedimentasi danau 		
Danau Limboto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kajian status kualitas perairan ➤ Kajian keaneka ragaman hayati ➤ Kajian neraca air dan batimetri, ➤ Kajian sedimentasi, dan Daerah Tangkapan Air ➤ Kajian sosial ekonomi, 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pola pengelolaan danau berbasis ekohidrologi, ➤ Sistem Online Monitoring, ➤ Demplot pengembangan garis pantai danau untuk meningkatkan produktivitas perikanan dan kapasitas tampung danau 	-
Danau Kerinci	Kajian status kualitas perairan	Pengendalian eceng gondok secara biologis menggunakan ikan grass carp (ikan koan)	-
Danau Singkarak	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kajian ikan lokal potensial (bilih) ➤ Kajian status kualitas perairan, ➤ Kajian neraca air dan batimetri 	-	-

Sampai saat ini tindak lanjut dari masing-masing Kementerian dan Lembaga dirasakan masih belum optimal. Kita masih perlu meningkatkan koordinasi antar kementerian dan lembaga dalam pelaksanaan kegiatan danau prioritas. Selain itu masih perlu melibatkan pemerintah daerah yang mempunyai otoritas terhadap pembangunan yang dikembangkan di daerah dimana lokasi perairan danau itu berada. Untuk lebih menajamkan lagi kegiatan dan output yang diharapkan perlu dilakukan diskusi antar

kementerian dan Lembaga yang sudah berkomitmen dengan pelestarian danau prioritas. Oleh karena itu, sebagai rangkaian dari kegiatan seminar tersebut akan diikuti oleh kegiatan *Round Table Meeting* (RTM), pada hari berikutnya (17 Juli 2012 di Puslit Limnologi, Cibinong).

B. Tanggal 17 Juli 2012 di Puslit Limnologi - LIPI, dengan acara :

Round Table Meeting (RTM) danau prioritas nasional dengan topik “***Kondisi Aktual dan Mitgasi Kerusakan Ekosistem Danau Prioritas Nasional***” yang akan diikuti 22 instansi termasuk 9 kementerian yang menyepakati danau prioritas nasional (KNDI). Peserta yang diundang mencakup sektor-sektor kebijakan, pengawasan dan pemanfaatan. Tujuannya merumuskan rekomendasi implementatif untuk pengelolaan danau prioritas nasional yang mencakup aspek pemanfaatan, kebijakan dan pengawasan

Output Kegiatan

Diharapkan melalui kegiatan-kegiatan di atas, akan muncul pemikiran-pemikiran dari hasil penelitian bidang limnologi di Indonesia, yang dapat berperan dalam upaya menjaga kelestarian ekosistem perairan danau di Indonesia. Konsep yang akan dihasilkan dari kegiatan seminar nasional dan round table meeting diharapkan adanya benang merah dalam pengelolaan dan pemanfaatan danau secara terpadu yang nantinya dapat diterapkan secara menyeluruh di semua danau yang ada di Indonesia.

**DAFTAR HADIR PEMAKALAH SEMINAR NASIONAL LIMNOLOGI VI
TAHUN 2012**

No	Nama	Instansi
1	Drs. Ari Wahyono, M.Si	LIPI PMB
2	Drs. Agus Wuryanta, M.Sc	balai penelitian teknologi kehutanan pengelolaan DAS
3	Arip Rahman, S.Pi	Balai Riset Pemulihan sumberdaya ikan
4	Dra. Awalina Satya, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
5	Dr. Bambang Trisakti	LAPAN
6	Dr. Cynthia Henny	Puslit Limnologi LIPI
7	Ir. C. Yudilastiantoro, M.P	balai penelitian teknologi kehutanan pengelolaan DAS
8	Dra. Djamhuriyah S.Said, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
9	Ir. Djoko Suwarno, M.Si	Soegijapranata Catholic University
10	Danu Wijaya	balai penelitian pemulihan dan konservasi SD ikan jatiluhur purwakarta
11	Drs. Effendi Parlindungan Sagala, M.Si	Universitas Sriwijaya
12	Dr. Endang Widyastuti, M.S	Fakultas Biologi Unsoed
13	Emmy Dharyati, S.E, M.Si	Balai Riset Perikanan Perairan Umum Palembang
14	Dra. Elfrida, M.Si	FPIK univ Bung Hatta Padang
15	Early Septiningsih, S.Pi, M.Si	Balai Riset Perikanan Budidaya Air payau - maros
16	Eko Prianto, S.Pi, M.Si	balai penelitian pemulihan dan konservasi SD ikan jatiluhur purwakarta
17	Ir. Fachmijani Sulawesty	Puslit Limnologi LIPI
18	Fajar Setiawan, S.Si	Puslit Limnologi LIPI
19	Ir. Hasim, M.Si	IPB
20	Hidayat, M.Sc	Puslit Limnologi LIPI
21	Dr. Ir. Husnah, M.Phil	Balai Riset Perikanan Perairan Umum Palembang
22	Drs. Irfan Budi Pramono, M.Sc	balai penelitian teknologi kehutanan pengelolaan DAS
23	Januar, S.Si	Balai Lingkungan Keairan PU
24	Ir. Lukman, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
25	Dr. Livia R. Tanjung	Puslit Limnologi LIPI
26	Dr. Luki Subehi	Puslit Limnologi LIPI
27	Moelyadi Moelyo, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
28	Drs. Muh. Fakhruddin, M.Si	Puslit Limnologi LIPI

29	Drs. M. Badjoeri	Puslit Limnologi LIPI
30	Miratul Maghfiroh, S.TP	Puslit Limnologi LIPI
31	Meti Yulianti, S.P	Puslit Limnologi LIPI
32	Nina Hermayani Sadi, S.Si, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
33	Ni Komang, S.Pi	Balai Riset Perikanan Perairan Umum Palembang
34	Drs. Nana Suwargana, M.Si	LAPAN
35	Ir. Paimin, M.Sc	balai penelitian teknologi kehutanan pengelolaan DAS
36	Dr. Ir. Rita Rostika, M.P	program studi perikanan FPIK Unpad
37	Rahmi Dina, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
38	Riky Kurniawan, S.Si	Puslit Limnologi LIPI
39	Rosidah, S.Si	Puslit Limnologi LIPI
40	Siti Aisyah, S.Si	Puslit Limnologi LIPI
41	Sulung Nomosatryo, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
42	Dr. Ir. Syahroma Husni Nasution, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
43	Ir. Sulastri	Puslit Limnologi LIPI
44	Drs. Sukanto, M.Kes	Fakultas Biologi Unsoed
45	Dra. Siti Rukayah, M.Si	Fakultas Biologi Unsoed
47	Dr. Ir. Sofia Wantasen, M.Si	fak pertanian Univ samratulangi
48	Dra. Tatik Kartika, M.Sc	LAPAN
49	Ir. Tutik Kadarini, M.Si	balai penelitian dan pengembangan budidaya ikan hias depok
50	Dr. Tri Retnaningsih Soeprbowati	Jur Biologi FSM, UNDIP
51	Drs. Tjandra Chrismada, M.Sc	Puslit Limnologi LIPI
52	Triyanto, S.Pi, M.Si	Puslit Limnologi LIPI
53	Tri Suryono, S.T	Puslit Limnologi LIPI
54	Drs. Ugro Hari M., M.Si	balai penelitian teknologi kehutanan pengelolaan DAS
55	Prof. Dr. Ir. Wahyoe Soepri Hantoro	LIPI Geoteknologi
56	Yogi Himawan	Balai penelitian dan Pengembangan Budidaya Ikan Hias