



**Pertemuan Ilmiah Tahunan
Masyarakat Limnologi Indonesia
2015**

PROSIDING

**“TANTANGAN TERKINI PERAIRAN DARAT
DI WILAYAH REGIONAL TROPIS:
MENYONGSONG WORLD
LAKE CONFERENCE 2016”**



Auditorium PUSINOV
LIPI Cibinong
10 Desember 2015



USM UNIVERSITI
SAINS
MALAYSIA



ISBN 978-602-70157-1-5



9 786027 015715



**Pertemuan Ilmiah Tahunan
Masyarakat Limnologi Indonesia 2015**

PROSIDING

PENYUNTING:

Prof. Gadis Sri Haryani

Dr. Cynthia Henny

Dr. Lukman

Drs. Muh. Fachrudin, M.Si

Drs. Tjandra Chrismadha, M.Phil

Dr. Luki Subehi

Dr. Sekar Larashati



MASYARAKAT LIMNOLOGI INDONESIA

CIBINONG | 2016

**PROSIDING PERTEMUAN ILMIAH TAHUNAN MLI TAHUN 2015
TANTANGAN TERKINI PERAIRAN DARAT DI WILAYAH REGIONAL
TROPIS: MENYONGSONG WORLD LAKE CONFERENCE 2016**

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Cetakan 1.

XIX, 463 hlm

ISBN: 978 – 602 – 70157 – 1 – 5

Tim penyusun Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MLI 2015

Ketua

Nina Hermayani Sadi, M.Si

Sekretariat

Irma Melati, M.Si.

Imroatusshoolikhah, M.Sc

Penyunting:

Prof. Gadis Sri Haryani

Dr. Cynthia Henny

Dr. Lukman

Drs. Muh Fachrudin, M.Si.

Drs. Tjandra Chrismadha, M.Phil

Dr. Luki Subehi

Dr. Sekar Larashati

Desain Sampul dan Lay Out:

Taofik Jasalesmana, M.Si.

Aan Dianto, S.T.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas karunia-Nya Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Limnologi Indonesia (MLI) kedua tahun 2015 dapat diterbitkan. Pertemuan Ilmiah Tahunan dengan tema “Tantangan Terkini Perairan Darat di Wilayah Regional Tropis: Menyongsong World Lake Conference 2016” telah dilaksanakan pada tanggal 10 Desember 2015 di auditorium gedung Pusat Inovasi (Pusinov)-LIPI dengan penyelenggara Masyarakat Limnologi Indonesia dan Pusat Penelitian Limnologi LIPI serta bekerja sama dengan International Lake Environment Committee Foundation (ILEC), Universiti Sains Malaysia (USM), dan Universitas Padjadjaran.

Pertemuan Ilmiah Tahunan kedua ini diselenggarakan untuk mengidentifikasi dan menginformasikan kondisi serta permasalahan terkini perairan darat di wilayah tropis-ASEAN khususnya Indonesia sebagai materi untuk didiskusikan dan diangkat menjadi issue dunia pada acara “World Lake Conference” (WLC) 2016, yang akan diadakan pada bulan November 2016 di Bali. Kegiatan ini juga diharapkan menjadi ajang bersilaturahmi, bertukar informasi, dan pengalaman di antara sesama peserta atau pemangku kepentingan.

Prosiding ini memuat makalah dari berbagai hasil penelitian yang berhubungan dengan kondisi terkini perairan darat di Indonesia sebagai bagian dari perairan darat di wilayah tropis. Makalah-makalah tersebut berasal dari para peneliti di lingkungan instansi pemerintah dan universitas. Semoga penerbitan prosiding ini dapat digunakan sebagai data sekunder dalam pengembangan penelitian di masa akan datang, serta dijadikan bahan acuan dalam pengelolaan perairan darat di Indonesia. Akhir kata kepada semua pihak yang telah membantu, kami ucapkan terima kasih.

Cibinong, Desember 2016

Panitia Prosiding MLI

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
SAMBUTAN KETUA PANITIA.....	viii
PEMBICARA KUNCI 1	
Prof. Mashhor Mansor	x
PEMBICARA KUNCI 2	
Prof. Masahisa Nakamura	xiii
PEMBICARA KUNCI 3	
Dr. Sunardi.....	xix
ANALISIS PERKEMBANGAN KERAMBA JARING APUNG, KUALITAS AIR DAN SEDIMENTASI DI DANAU MANINJAU	
Hafrijal Syandri, Azrita, Junaidi	1
PENGELOLAAN KUALITAS PERAIRAN BERDASARKAN ANALISIS PALEOLIMNOLOGI MENGGUNAKAN DIATOM	
Tri Retnaningsih Soeprbowati, Sri Widodo Agung Suedy	12
JENIS IKAN DAN POTENSINYA DI PERAIRAN GAMBUT_CAGAR BIOSFER GIAM SIAK KECIL-BUKIT BATU, KABUPATEN BENGKALIS, RIAU	
Hadi Dahruddin, Mulyadi	32
ANALISIS EKSTRIM BASAH DI DAS BATANGHARI MENGGUNAKAN INDIKATOR METEOROLOGIS SPI DAN SKENARIO PERUBAHAN IKLIM	
Unggul Handoko, Apip.....	39
KEANEKARAGAMAN MAKROZOOBENTOS DI SUNGAI CISELA DAN SUNGAI CIKAWUNG, DESA KARANGWANGI KABUPATEN CIANJUR, JAWA BARAT	
Wulan Ratna Komala, Rhodiatun Nissa, Sunardi.....	52
VEGETASI RAWA PADA GENANGAN PERMANEN DI TAMAN NASIONAL DANAU SENTARUM PADA SAAT MUSIM KERING	
Riky Kurniawan, Iwan Ridwansyah.....	64
BIODIVERSITAS TUMBUHAN AIR DAN KUALITAS AIR DI BEBERAPA SITU DI WILAYAH JABODETABEK	
Riky Kurniawan, Cynthia Henny	75
KOMPOSISI DAN POTENSI JENIS FAUNA IKAN DI PULAU PANAITAN, TAMAN NASIONAL UJUNG KULON, PANDEGLANG-BANTEN	
Gema Wahyudewantoro, Hadi Dahruddin	88
KOMPOSISI DAN EKOLOGI <i>FEEDING GROUP</i> KOMUNITAS MAKROZOOBENTOS SERTA KAITANNYA DENGAN KUALITAS AIR DANAU MANINJAU, SUMATERA BARAT	
Imroatushshoolikhah, Jojok Sudarso, Laelasari	100

TUMBUHAN AIR DAN KUALITAS AIR DI SUNGAI MANDAU KABUPATEN SIAK, PROVINSI RIAU	
Riky Kurniawan, Cynthia Henny	115
KETERKAITAN UNSUR HARA DAN BIOMASA FITOPLANKTON (CHLOROFIL-a) DI DANAU MANINJAU, SUMATERA BARAT	
Sulastri, Sulung Nomosatryo, Fachmijani Sulawesty.....	129
KONDISI LINGKUNGAN PERAIRAN ESTUARI SUNGAI BARITO PROVINSI KALIMANTAN SELATAN	
Aroef Hukmanan Rais, Rupawan.....	142
EVALUASI KONDISI KUALITAS AIR SUNGAI-SUNGAI DI WILAYAH DKI JAKARTA	
Siti Aisyah	151
FENOMENA AIR GAMBUT YANG BERUBAH JERNIH DAN AWAL PERMASALAHANNYA DI SUNGAI LUMPUR, OGAN KOMERING ILIR, SUMSEL	
Sulung Nomosatryo, Fauzan Ali	168
KELIMPAHAN BAKTERI HETEROTROFIK DI PERAIRAN DANAU MATANO, SULAWESI SELATAN	
Muhammad Badjoeri	179
KETERKAITAN ANTARA STATUS KESUBURAN DAN FITOPLANKTON DI PERAIRAN SEKITAR PULAU SAMOSIR, DANAU TOBA, SUMATERA UTARA	
Arif Rahman, Niken TM Pratiwi, Sigid Hariyadi.....	189
KONDISI KESUBURAN DANAU MATANO PADA BULAN APRIL 2015, BERDASARKAN KOMUNITAS FITOPLANKTON	
Fachmijany Sulawesty	202
KESEIMBANGAN PENJERAPAN FOSFAT ANTAR MUKA AIR-SEDIMEN: STUDI KASUS DANAU MATANO	
Sulung Nomosatryo, Cynthia Henny, Eti Rohaeti, Irmanida Batubara	228
KARATERISTIK FISIKA KIMIA SUNGAI GAMBUT DI KABUPATEN SIAK DAN BENGKALIS, PROVINSI RIAU: IMPLIKASI EKSPANSI PERKEBUNAN SAWIT DI WILAYAH SEMPADAN SUNGAI	
Cynthia Henny, Riky Kurniawan, Rosidah, Aan Dianto	259
RANCANGAN KONSEP PENGELOLAAN DANAU BERBASIS DAYA DUKUNG EKOSISTEM, STUDI KASUS : DANAU SENTARUM	
Iwan Ridwansyah, Lukman , Hidayat , Sulung Nomosatryo, Riki Kurniawan, Aan Dianto, Octavianto Samir, Unggul Handoko	271
KAJIAN AWAL RUTE PAPARAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) PADA IKAN GABUS DI DANAU SENTANI, PROVINSI PAPUA	
Gunawan Pratama Yoga, Nina Hermayani Sadi	284

WATER QUALITY PROFILES AND THE RESERVOIR UTILIZATION WITH SPECIAL REFERENCES TO JATILUHUR, CIRATA AND SAGULING RESERVOIRS	
Luki Subehi, Takehiko Fukushima.....	295
KARAKTERISTIK DAS AIR HITAM, JAMBI SEBAGAI DASAR PENGELOLAAN EKOSISTEM	
Iwan Ridwansyah, Findriani Salita	303
DISTRIBUSI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA KOMUNITAS PLANKTON DAN AIR DI WADUK CIRATA, JAWA BARAT	
Zahidah, P. Nurlailudin, I. Rustikawati	316
DISTRIBUSI SPASIAL <i>YELLOW SUBSTANCE</i> DANAU MANINJAU	
Taofik Jasalesmana, Tri Suryono	326
PENAMPILAN PERTUMBUHAN IKAN LELE (<i>Clarias sp</i>) PADA SISTEM BUDIDAYA MULTITROFIK	338
Djamhuriyah S.Said, Tjandra Chrismadha, Triyanto,	338
PENGARUH PENAMBAHAN BAKTERI USUS YANG BERBEDA TERHADAP KETAHANAN NON SPESIFIK IKAN MAS YANG BERASAL DARI KJA WADUK CIRATA	
Rosidah, Yuniar Mulyani, Ayi Yustiati, Ike Rustikawati.....	351
DOMESTIKASI BENIH IKAN ASANG (<i>Osteochilus vittatus</i> Cyprinidae) DENGAN PADAT PENEBARAN BERBEDA PADA SKALA LABORATORIUM	
Niagara, Hafrijal Syandri	360
VARIASI PAKAN DAN SALINITAS PADA PERTUMBUHAN IKAN NILA SRIKANDI (<i>Oreochromis aureus</i> x <i>Oreochromis niloticus</i>)	
Hayati Soeprapto, Komariyah	371
KANDUNGAN ASAM LEMAK IKAN MAS HASIL BUDIDAYA PADA KOLAM TRADISIONAL DAN KARAMBA JARING APUNG	
Yuniar Mulyani, Indah Riyantini, Yeni Mulyani	381
UJI PERTUMBUHAN TERKENDALI PENSI (<i>Corbicula moltkiana</i> , Prime 1878) PADA KONDISI ALAMI DI DANAU MANINJAU	
Lukman	387
KOMUNITAS IKAN PADA MUSIM HUJAN DI PAPARAN BANJIR SUNGAI KAHAYAN DAN KATINGAN, KALIMANTAN TENGAH	
Rahmi Dina, Gadis S.Haryani, Syahroma H.Nasution, Ira Akhdiana, Siti Aisyah, Oktavianto Samir	399
STUDI KANDUNGAN NITROGEN DAN FOSFOR PADA PAKAN IKAN DAN AIR DI DANAU TOBA	
Siswanta Kaban	409

PENGENALAN JENIS IHAN (<i>NEOLISSOCHILUS SP.</i>) DARI PERAIRAN SEKITAR DANAU TOBA SECARA MORFOLOGI DAN GENETIK	
Sekar Larashati, Mey Ristanti Widoretno	417
ISOLASI BAKTERI HETEROTROFIK PEMBENTUK BIOFLOK DAN POLA PERTUMBUHANNYA PADA KOLAM SIDAT	
Muhammad Badjoeri, Fauzan Ali , Bambang Teguh Sudiyono	430
KORELASI CURAH HUJAN DENGAN PENINGKATAN KASUS DEMAM BERDARAH DENGUE DI WILAYAH DKI JAKARTA	
Sumiati, Hidayat, Dwi Oktavia	444
KONSEP KUANTIFIKASI SPASIAL RISIKO BANJIR DALAM SKENARIO PERUBAHAN IKLIM DAN TEKANAN ANTROPOGENIK	
Apip	452

KESEIMBANGAN PENJERAPAN FOSFAT ANTAR MUKA AIR- SEDIMEN: STUDI KASUS DANAU MATANO

Sulung Nomosatryo¹, Cynthia Henny¹, Eti Rohaeti², Irmanida Batubara²

¹*Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong, 16760*

²*Departemen Kimia, FMIPA-IPB, Bogor*

sulung@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai kemampuan sedimen danau oligotrofik dalam menyerap fosfat yang merupakan salah satu bagian dari siklus biogeokimia senyawaan fosforus. Penelitian ini diharapkan berguna bagi para pengambil kebijakan dalam pengelolaan secara holistik. Sedimen diambil di lima lokasi stasiun pengambilan pada bagian litoral Danau Matano, Sulawesi Selatan. Sedimen diambil dengan menggunakan *sediment core* menjadi beberapa bagian dengan interval 5 cm. Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Desember 2010. Dari hasil eksperimental kinetika penyerapan, terlihat bahwa kinetika penyerapan fosfat mengikuti model kinetika orde kedua semu dan terjadi diantara 10 jam pertama dan akan sempurna pada jam ke 48. Dari eksperimental penyerapan isothermal menggunakan model isothermal Langmuir didapatkan nilai kapasitas penyerapan maksimum (Q_{max}) berkisar antara 425,5-1490,5 mg/Kg. Nilai konsentrasi ortofosfat terlarut (SRP) di kolom air lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai konsentrasi fosfat pada saat kesetimbangan nol (EPC_0) yang berkisar antara 0,0049-0,0094 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen Danau Matano mempunyai kemampuan resuspensi dan berperan sebagai pemasok internal ke badan air Danau Matano. Tetapi, resuspensi ini akan terhambat dan menyebabkan konsentrasi fosfat terlarut tetap kecil, dikarenakan bentuk P tersedia Danau Matano yang sangat kecil.

Kata kunci: *kinetika penyerapan, kapasitas penyerapan, resuspensi.*

PENDAHULUAN

Danau Matano adalah danau oligotrofik yang terletak di sistem kompleks danau malili, propinsi Sulawesi Selatan (Crowe, 2008; Nomosatryo *et al.*, 2012)). Sungai besar yang masuk adalah sungai La Wa dan La Molengko sedangkan sungai yang keluar adalah sungai Patea. Daerah tangkapan Danau Matano didominasi oleh tanah laterit yang mengandung konsentrasi besi yang tinggi. Menurut Crowe (2008) besi (hidroksida)oksida sangat memainkan peran yang penting dalam proses geokimia di perairan danau tersebut. Dalam kondisi aerobik, fosfat akan terikat oleh senyawaan besi tersebut dan kemudian akan terendapkan ke dasar danau. Proses ini menyebabkan konsentrasi fosfat terlarut di zona epilimnion sangatlah kecil sedangkan di zona hipolimnion yang bersifat anaerobik akan besar karena adanya pelepasan fosfat dari bentuk partikulatnya.

Pada kondisi aerobik, sedimen dari suatu perairan darat baik sungai, situ, reservoir dan danau dapat berperan sebagai penyangga fosfat. Menurut Alain & Françoise (1996), suatu sedimen yang kontak dengan air akan mengalami mekanisme tukar- menukar fosfat dengan air sampai suatu keseimbangan dinamis dicapai. Konsentrasi di badan air dan sedimen akan stabil ketika banyaknya fosfat yang dilepaskan dari sedimen dan yang dijerap dari badan air ke sedimen sama.



Mekanisme sedimen dalam menyangga fosfat berlangsung ketika konsentrasi fosfat terlarut pada badan air rendah maka fosfat tersebut akan dilepaskan dari sedimen tersuspensi dan begitupun dengan kebalikannya (Correl, 1999). Tetapi itu semua tidak terlepas dari kapasitas penjerapan maksimum (S_{\max} atau Q_{\max}) yang diemban oleh sedimen tersebut (Lai & Lam, 2009).

Masalahnya seberapa besar sedimen di Danau Matano dapat menyangga fosfat, sehingga proses eutrofikasi tidak terjadi dengan cepat dan berperan sebagai penyimpan fosfat. Selain itu, kapasitas sedimen dalam menjerap fosfat berhubungan erat dengan karakteristik dari fraksi fosfat di sedimen (Lai & Lam, 2009).

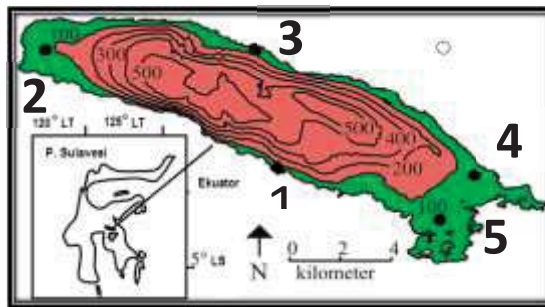
Oleh karena itu untuk mengetahui besarnya kapasitas sedimen dalam menjerap fosfat, eksperimen penjerapan isothermal penting sekali dilakukan, sekaligus untuk melihat karakteristik sedimen Danau Matano dalam menjerap fosfat. Hal ini juga dilakukan terhadap sistem perairan lainnya oleh peneliti-peneliti seperti Fox, *et al.* (1989), Raaphorst & Kloosterhuis (1994), McDowell and Sharpley (2002), Qiang *et al.* (2007), dan An and Li (2009).

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakter sedimen Danau Matano dalam menjerap fosfat dan menggambarkan kesetimbangan penyangga fosfat di Danau Matano. Penelitian ini akan memberikan informasi mengenai kemampuan sedimen Danau Matano dalam menjerap fosfat yang merupakan salah satu bagian dari siklus biogeokimia senyawaan fosforus di Danau Matano yang berguna bagi para pengambil kebijakan dalam pengelolaan Danau Matano secara holistik.

METODE

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. Dari peta batimetri dan titik pengambilan contoh sedimen pada Gambar 1, terlihat bahwa setelah kedalaman 100 m, kondisi danau sudah bersifat anaerobik (merah), sedangkan pada kedalaman 100 meter ke permukaan, masih bersifat aerobik (hijau) (Crowe, 2008). Kondisi inilah yang menjadi dasar pengambilan sedimen. Sedimen diambil di bagian 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

Penelitian dilakukan pada bulan Mei sampai bulan Desember 2010. 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 agar air yang ada di atas 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. Sedimen 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).

Eksperimental Kinetika Penjerapan Fosfat

Eksperimental kinetika penjerapan fosfat dilakukan dengan menimbang 0,1 gram contoh sedimen kering pada Erlenmeyer 250 mL yang telah dibersihkan dengan asam. Kemudian dimasukkan ke dalam 20 mL larutan fosfat (KH_2PO_4 2 mg/L). Ditambahkan dua tetes larutan kloroform 0,1% untuk menghambat aktivitas bakteri. Nilai pH diatur dengan menambahkan larutan NaOH 0,01 M atau HCl 0,01 M sampai didapat nilai pH sesuai kondisi danau (pH 8,3). Suspensi tersebut kemudian ditempatkan pada pengocok Gyrorotary Erlenmeyer dan dikocok pada 2.795 g selama 0, 0,17, 0,33, 0,5, 1, 2, 5, 10, 24, 36, 48, dan 60 jam. Sebanyak 15 mL contoh kemudian diambil dengan pipet dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi 15 mL dan dilakukan pemisahan dengan sentrifuga selama 15 menit pada 2.795 g (An & Li, 2009). Setelah itu supernatan disaring terlebih dahulu dengan menggunakan kertas saring Millipore 0,45 μm dan kemudian dianalisis ortofosfatnya. Laju penjerapan fosfat oleh sedimen didapat dengan memasukkan nilai konsentrasi ortofosfat hasil eksperimental di atas ke dalam persamaan model Kinetika orde pertama semu (*Pseudo-first-order*) dan kedua

semu (*pseudo-second-order*) serta model Elovich Sederhana (*Simple Elovich model*).

Eksperimental Penjerapan Fosfat

Air permukaan danau diambil dan disaring menggunakan kertas saring Millipore 0,2 μM dan kemudian air tersebut diatur pH nya kembali dengan penambahan NaOH 0,01 M atau HCl 0,01 M sesuai dengan pH air danau ketika diukur secara *in situ* (pH 8,3). Air danau permukaan tersebut kemudian ditambahkan 1-2 tetes kloroform untuk 2 L air danau.

Dalam eksperimental penjerapan fosfat, sebanyak 0,2 mg sedimen kering ditimbang di dalam Erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 20 ml air danau yang telah ditambahkan larutan fosfat dengan variasi konsentrasi yaitu 0, 0.5, 1, 2, .5, 10, 20, 30 dan 20 mg/L. Sedimen yang telah ditambahkan berbagai variasi konsentrasi fosfat tersebut kemudian dikocok menggunakan pengocok Erlenmeyer selama 24 jam (An & Li, 2009). Untuk memisahkan antara substrat dan supernatan maka dilakukan dengan memasukkan ke dalam tabung sentrifuga 15 mL dan dilakukan pemisahan menggunakan sentrifuga pada 2.795 g selama 15 menit. Supernatan kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring Millipore 0,45 μM dan kemudian dianalisis ortofosfatnya. Kapasitas sedimen dalam menjerap fosfat didapatkan dengan memasukkan hasil ekperimental di atas ke dalam persamaan isothermal Freundlich dan Langmuir.

Analisis Ortofosfat

Ortofosfat (PO_4^{3-}) dianalisis dengan metode asam askorbat mengacu pada APHA AWWA, 1998.

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 bersifat basa yaitu berkisar antara 8,31-8,38, suhu berkisar antara 27,3-

28,7 °C, kekeruhan masih terbilang jernih karena nilainya berkisar antara 0-1 NTU dan konsentrasi fosfat (SRP) sangat rendah yaitu <0,001 mg/L.

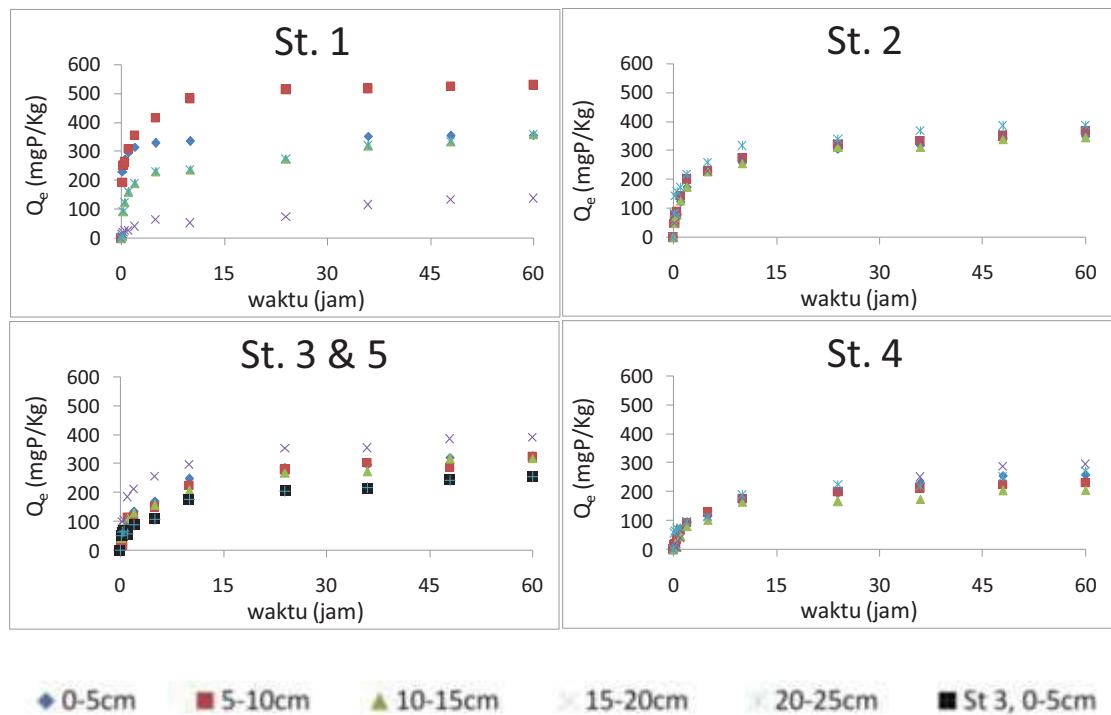
Tabel 2. Hasil analisis pengukuran fisikokimia di air permukaan Danau Matano

Lokasi	pH	Suhu °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

Kinetika Penjerapan Fosfat

Hasil eksperimental kinetika penjerapan fosfat dapat dilihat pada Gambar 2, Secara umum penjerapan fosfat dari semua stasiun dan kedalaman menunjukkan pola yang hampir mirip yaitu terjadi penjerapan yang cepat mulai dari awal sampai jam ke 10, yang kemudian dilanjutkan dengan penjerapan yang lambat setelah jam ke 10. Antara jam ke 10 sampai jam ke 48 terjadi penjerapan sekitar 80%, dan proses kesetimbangan terlihat terjadi setelah jam ke 48.

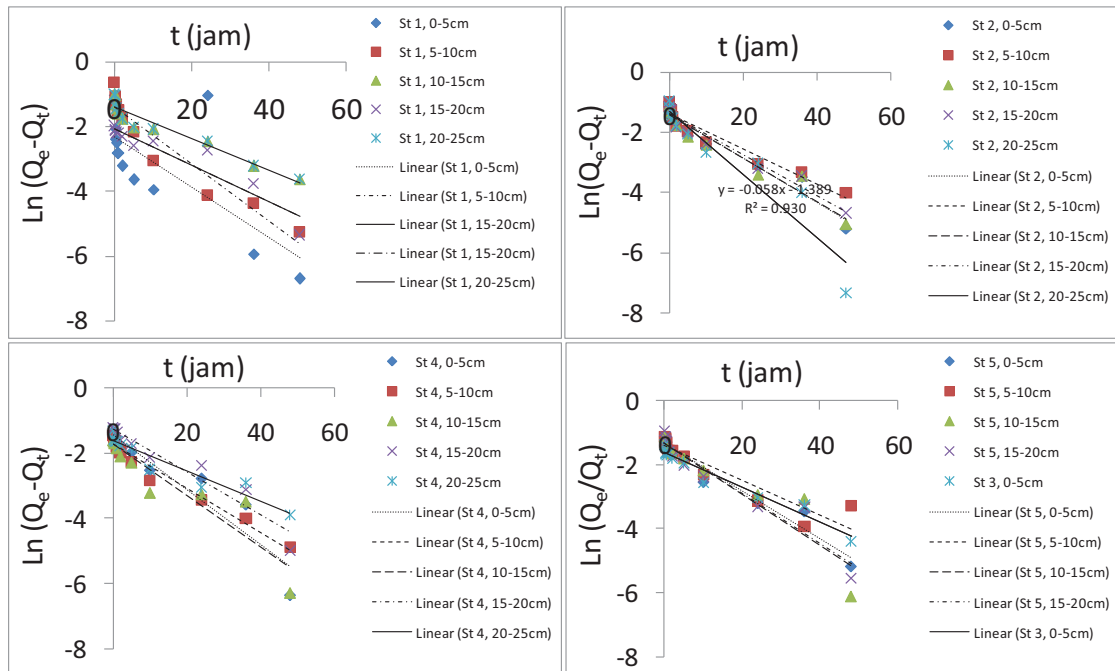
Untuk mengevaluasi mekanisme kinetika yang mengendalikan proses penjerapan, model kinetika orde pertama semu dan orde kedua semu serta persamaan Elovich diujikan untuk menginterpretasikan data percobaan. Hasil pengujian ketiganya dapat dilihat pada Gambar 3, 4 & 5 dan Tabel 3.



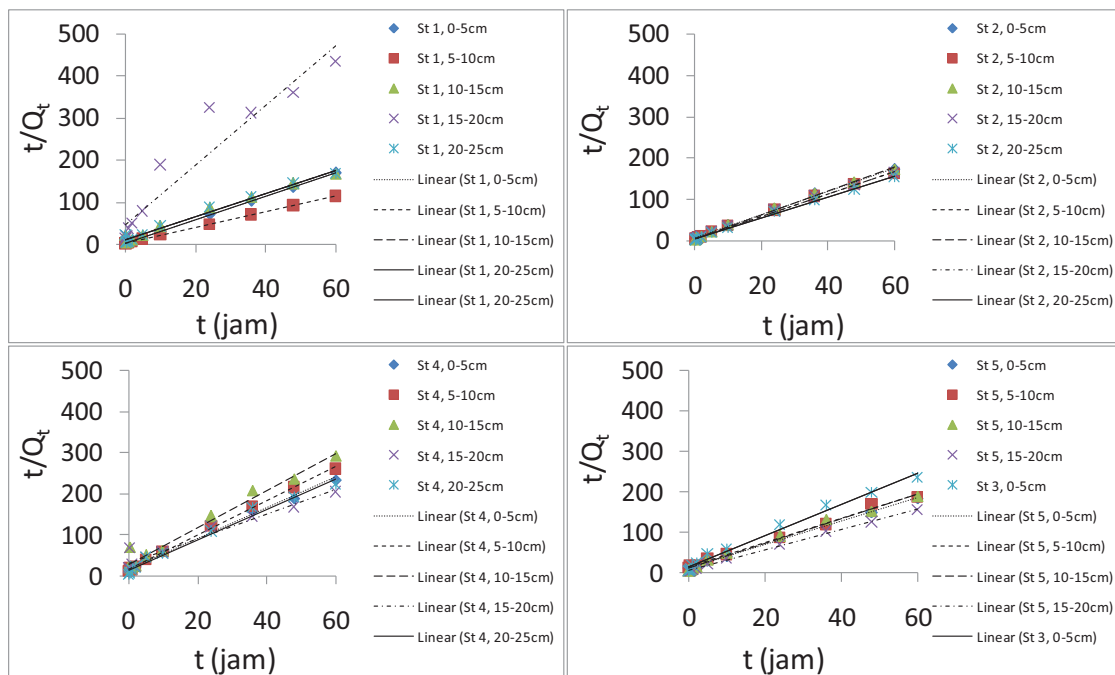
Gambar 2. Kinetika penjerapan fosfat oleh sedimen.

Dari eksperimen kinetika terlihat bahwa model kinetika penjerapan yang cocok adalah terhadap model kinetika orde kedua semu. Parameter yang akan didapat dari model ini adalah konstanta penjerapan (k_2) dan kapasitas penjerapan hitung (Q_{eh}). Kapasitas penjerapan hitung ternyata lebih besar bila dibandingkan dengan Q_e hasil percobaan (Tabel 3), hal ini menunjukkan sebenarnya kesetimbangan masih berlanjut bila eksperimen dilanjutkan lebih dari 60 jam. Parameter Q_{eh} dapat digunakan untuk memprediksi kapasitas penjerapan hasil eksperimen.

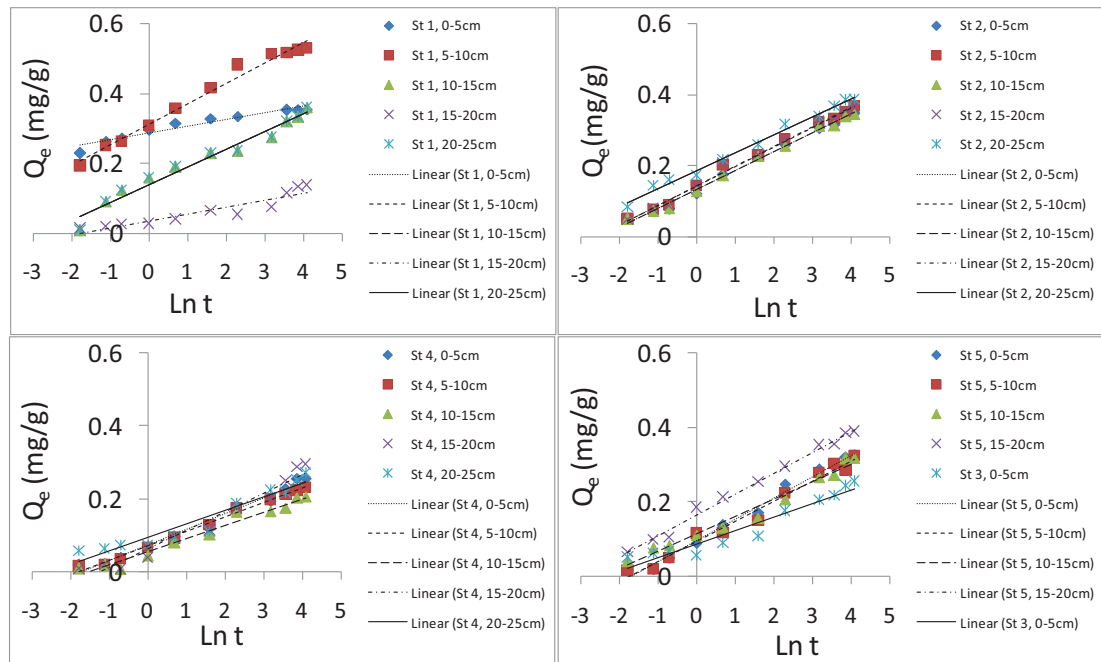
Peneliti-peneliti lain seperti Wang *et al.* (2009), McDowell & Sharpely (2001) dan Jin *et al.* (2005) menggunakan persamaan Elovich untuk mendapatkan konstanta a dan b, penggunaan model ini diasumsikan bahwa permukaan yang berperan adalah permukaan yang heterogen.



Gambar 3. Model kinetika penjerapan menggunakan persamaan kinetika orde pertama semu.



Gambar 4. Model kinetika penjerapan menggunakan persamaan kinetika orde kedua semu.



Gambar 5. Model kinetika penyerapan menggunakan persamaan Elovich.

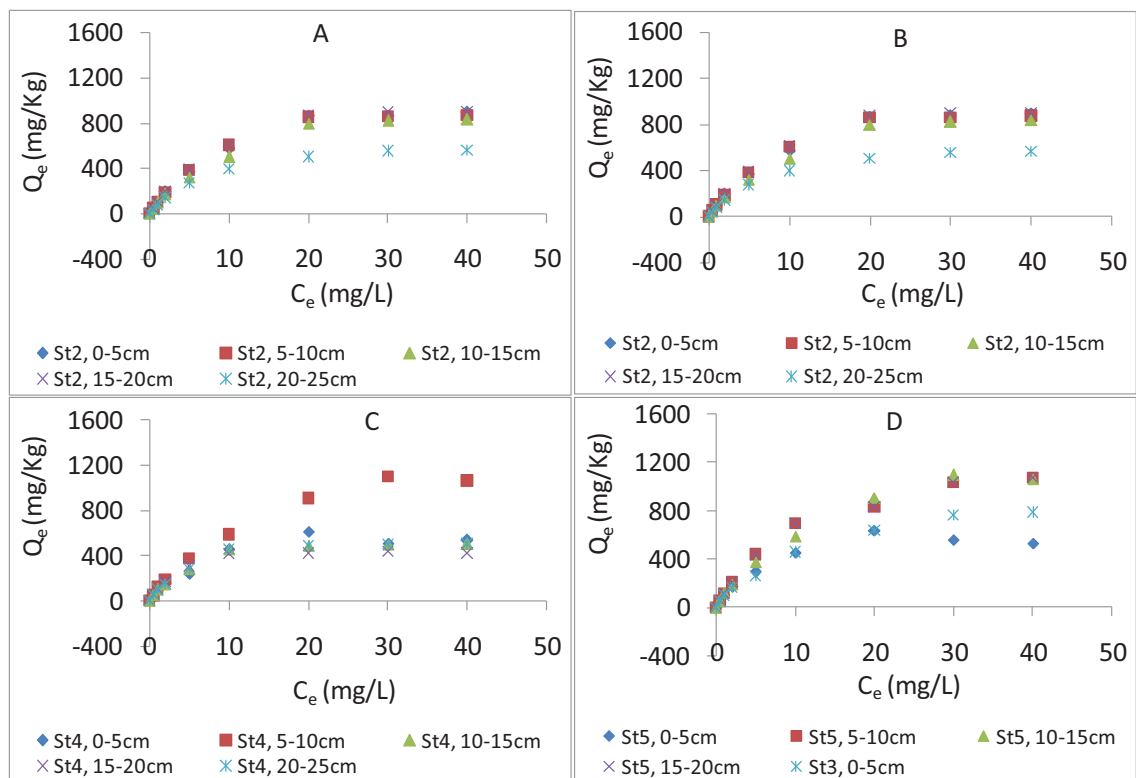
Tabel 3. Hasil pengujian kinetika penyerapan terhadap model kinetika orde pertama semu dan orde kedua semu serta persamaan Elovich.

Lokasi	Q_e hasil percobaan	orde pertama semu			orde kedua semu			Elovich		
		Q_{s1} mg/Kg	k_1 mg/Kg/jam	R^2	Q_{s2} mg/Kg	k_2 Kg/mg/jam	R^2	a	b	R^2
St 1, 0-5cm	355.27	99	0.078	0.534	551.88	0.0018	1.000	0.29	0.02	0.929
St 1, 5-10cm	529.73	240	0.088	0.916	533.62	0.0024	0.999	0.31	0.06	0.983
St 1, 10-15cm	359.89	244	0.048	0.916	361.27	0.0008	0.986	0.14	0.05	0.965
St 1, 15-20cm	138.22	127.2	0.056	0.897	140.45	0.0011	0.913	0.04	0.02	0.866
St 1, 20-25cm	359.89	244	0.048	0.916	361.27	0.0008	0.986	0.14	0.05	0.965
St 2, 0-5cm	348.03	254	0.073	0.949	353.23	0.0013	0.997	0.13	0.05	0.994
St 2, 5-10cm	368.56	249	0.058	0.930	368.46	0.0013	0.997	0.14	0.06	0.994
St 2, 10-15cm	344.85	245	0.072	0.943	349.65	0.0013	0.997	0.13	0.05	0.994
St 2, 15-20cm	364.50	251	0.067	0.946	368.32	0.0013	0.997	0.14	0.06	0.991
St 2, 20-25cm	386.13	274	0.104	0.908	391.24	0.0016	0.997	0.18	0.05	0.991
St 3, 0-5cm	255.37	198	0.054	0.960	257.33	0.0011	0.988	0.09	0.04	0.930
St 4, 0-5cm	256.98	237	0.083	0.901	267.95	0.0009	0.990	0.07	0.04	0.980
St 4, 5-10cm	231.20	181	0.067	0.966	239.64	0.0012	0.998	0.07	0.04	0.992
St 4, 10-15cm	205.41	178	0.078	0.873	222.22	0.0007	0.973	0.05	0.04	0.969
St 4, 15-20cm	294.83	281	0.065	0.931	268.24	0.0011	0.983	0.06	0.05	0.957
St 4, 20-25cm	271.88	202	0.046	0.924	334.34	0.0003	0.950	0.09	0.04	0.929
St 5, 0-5cm	327.23	266	0.074	0.953	344.47	0.0007	0.997	0.10	0.05	0.989
St 5, 5-10cm	323.25	246	0.054	0.859	330.91	0.0007	0.993	0.09	0.05	0.898
St 5, 10-15cm	318.94	268	0.08	0.885	324.25	0.0010	0.989	0.11	0.05	0.974
St 5, 15-20cm	389.62	288	0.078	0.929	393.70	0.0014	0.997	0.16	0.06	0.991

Penentuan Kapasitas Penjerapan Isotermal

Kapasitas penjerapan pada beberapa konsentrasi fosfat yang berbeda dapat digambarkan prosesnya dengan isotermal penjerapan pada suhu kamar. Persamaan yang biasa digunakan dalam proses penjerapan fosfat menggunakan sedimen adalah isotermal Langmuir dan Freundlich (Wang *et al.*, 2009).

Penjerapan isotermal di sedimen Danau Matano di setiap stasiun dan kedalaman dapat dilihat pada Gambar 6, yang menunjukkan hubungan antara jumlah fosfat yang terjerap per satuan massa sedimen (Q_e , mg/Kg) dengan konsentrasi kesetimbangan fosfat yang ditambahkan (C_e , mg/L). Hasil ekperimental ini menunjukkan laju penjerapan yang menaik seiring dengan bertambahnya konsentrasi kesetimbangan dari fosfat dan kemudian akan mencapai kesetimbangan setelah kondisi jenuh tercapai (ciri jenis kurva L).



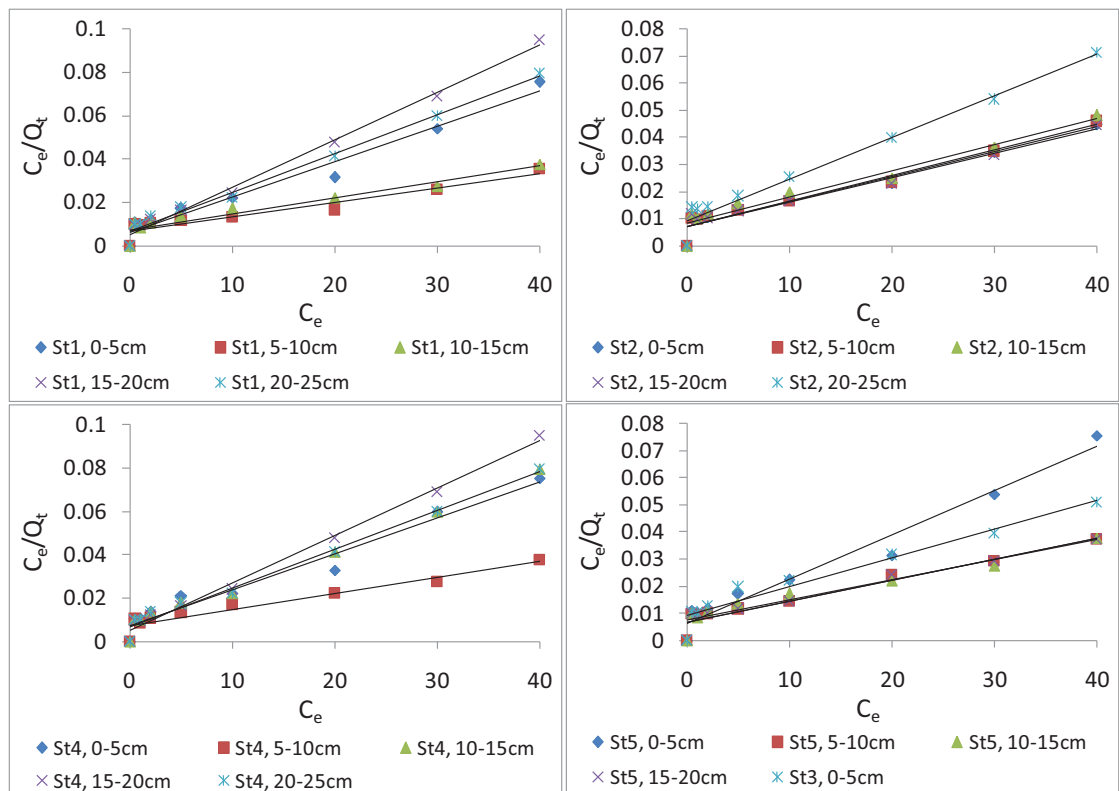
Gambar 6. Penjerapan isotermal fosfat di sedimen Danau Matano; A. Stasiun 1; B. Stasiun 2; C. Stasiun 4; dan D. Stasiun 5 dan 3.

Pengujian hubungan antara sejumlah fosfat yang terjerap (Q_e) dengan konsentrasi kesetimbangan fosfat yang ditambahkan (C_e) dilakukan dengan memodelkannya pada persamaan Langmuir dan Freundlich. Pengujian ini

dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kapasitas sedimen Danau Matano dalam menyerap fosfat. Kurva linieritas dapat dilihat pada Gambar 7-8, sedangkan parameter hasil pemodelan dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil pengujian ini terlihat bahwa penjerapan isothermal antara sedimen Danau Matano dengan fosfat menggunakan persamaan Langmuir menghasilkan koefisien regresi sedikit lebih tinggi bila dibandingkan dengan persamaan Freundlich (Tabel 4). Tetapi, dari hasil pengujian secara umum, terlihat kedua persamaan ini menghasilkan koefisien yang sangat kuat.

Fenomena ini menunjukkan bahwa penjerapan antara sedimen Danau Matano dengan fosfat terjadi dengan mekanisme yang kompleks karena tidak hanya melibatkan penjerapan oleh permukaan sedimen, tetapi juga dapat melibatkan pejerapan secara kimia. Lai & Lam (2009) mendapatkan hasil seperti ini pada sedimen yang diambil dari kontruksi lahan basah di Cina.

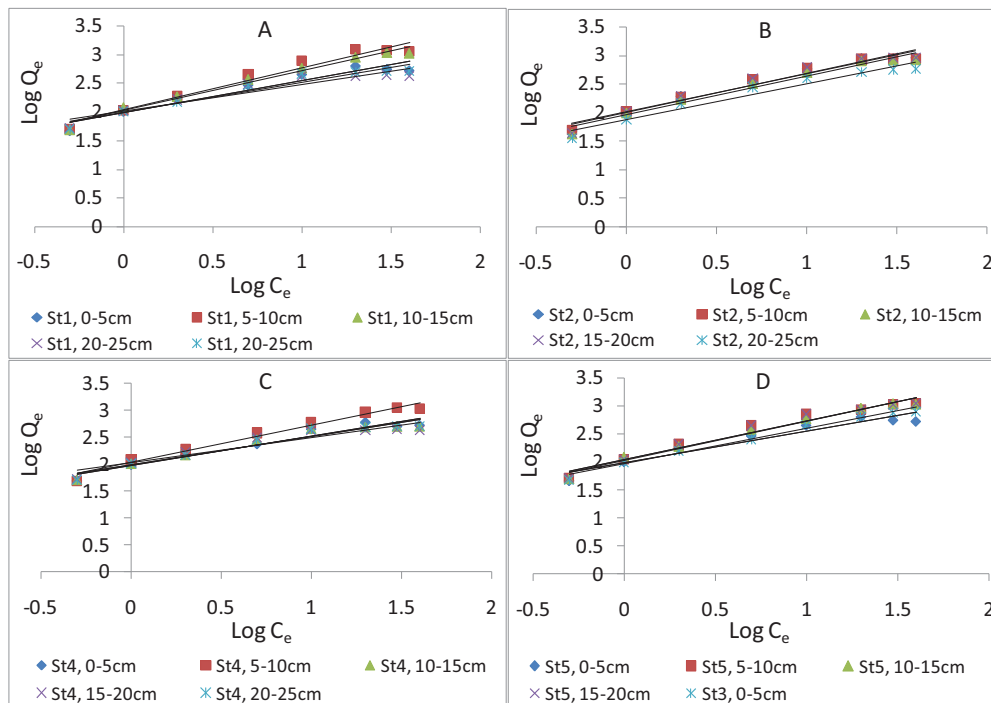


Gambar 7. Penjerapan isothermal Langmuir sedimen Danau Matano.

Dengan menggunakan persamaan penjerapan isothermal Langmuir, parameter yang sangat penting yang bisa didapat adalah kapasitas penjerapan

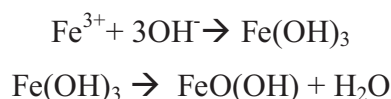
maksimum (Q_{max}) teoritik antara sedimen dan fosfat. Nilai Q_{max} dapat dilihat pada Tabel 5. Kapasitas penjerapan maksimum di Danau Matano berkisar antara 425,5-1490,5 mg/Kg, kapasitas tertinggi ditemukan di stasiun 1 pada kedalaman 5-10 cm, sedangkan kapasitas terendah ditemukan di stasiun 1 pada kedalaman 20-25 cm.

Kapasitas penjerapan maksimum sedimen Danau Matano, ternyata mempunyai nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan danau-danau lain seperti danau oligomesotrofik Opeongo, Kanada (Cyr *et al.*, 2009) dan danau Taihu di Cina (Jin *et al.*, 2002). Nilai Q_{max} Danau Opeongo dan Taihu adalah berturut-turut 23-114 mg/Kg dan 207,6 mg/Kg.



Gambar 8. Penjerapan isothermal Freundlich sedimen Danau Matano.

Koefisien regresi dari persamaan Freundlich yang relatif cukup kuat menunjukkan peranan logam Fe berbentuk amorf mempunyai peranan penting dalam penjerapan fosfat secara kemisorpsi. Dengan kondisi kolom air yang aerobik, ion logam Fe cenderung berada dalam tingkat oksidasi lebih tinggi (III), yang akan berikatan dengan ion hidroksida membentuk besi hidroksida yang kemudian akan terdisosiasi menjadi besi hidroksida oksida ($FeOOH$) (Reddy & Delaune, 2008).



Tabel 4. Hasil pemodelan persamaan Langmuir dan Freundlich sedimen Danau Matano

	Freundlich			Langmuir			C _{air} mg/L
	K _f	b (1/n)	R ²	Q _{max} mg/Kg	EPC ₀ mg/L	R ²	
St. 1, 0-5 cm	3.63	1.986	0.926	1290.7	0.0065	0.971	<0,001
St. 1, 5-10 cm	5.43	2.034	0.964	1490.5	0.0066	0.967	
St. 1, 10-15 cm	4.91	2.026	0.977	529.1	0.0073	0.983	
St. 1, 15-20 cm	3.334	1.988	0.934	457.3	0.0049	0.995	
St. 1, 20-25 cm	2.904	2.017	0.89	425.5	0.0053	0.995	
St. 2, 0-5 cm	4.613	2.018	0.949	1084.1	0.0070	0.976	<0,001
St. 2, 5-10 cm	4.57	2.017	0.959	1052.3	0.0068	0.978	
St. 2, 10-15 cm	4.699	1.965	0.967	1025.3	0.0081	0.971	
St. 2, 15-20 cm	4.831	2.001	0.953	1107.0	0.0070	0.973	
St. 2, 20-25 cm	4.178	1.878	0.95	653.2	0.0094	0.986	
St. 3, 0-5 cm	4.266	1.962	0.984	937.6	0.0089	0.97	<0,001
St. 4, 0-5 cm	8.75	1.967	0.942	556.5	0.0065	0.993	<0,001
St. 4, 5-10 cm	9.484	2.026	0.977	1008.1	0.0074	0.973	
St. 4, 10-15 cm	3.334	1.986	0.934	870.3	0.0079	0.961	
St. 4, 15-20 cm	2.904	2.017	0.89	602.4	0.0071	0.958	
St. 4, 20-25 cm	3.334	1.986	0.934	860.6	0.0076	0.962	
St. 5, 0-5 cm	3.631	1.986	0.926	613.6	0.0076	0.985	<0,001
St. 5, 15-20 cm	4.808	2.045	0.964	1351.0	0.0062	0.961	
St. 5, 5-10 cm	4.909	2.026	0.977	1424.4	0.0067	0.956	
St. 5, 10-15 cm	4.808	2.045	0.964	1256.6	0.0072	0.958	

Baik besi hidroksida maupun besi hidroksida oksida merupakan senyawaan yang berupa amorf sehingga secara gravitasi akan jatuh ke dasar danau dengan menjerap senyawaan fosfat. Sedangkan menurut Crowe *et al.* (2006), sedimen Danau Matano didominasi oleh goetit berbentuk α -FeOOH, berukuran sangat halus yaitu 1 μm -100 nm. Kristalin goetit dibentuk secara alami dari bentuk amorf dari besi hidroksida oksida. Oleh karena itu, bentuk-bentuk inilah yang berperan penting dalam menjerap fosfat di Danau Matano.

Konsentrasi Kesetimbangan Fosfat di Danau Matano

Konsentrasi fosfat pada saat kesetimbangan nol (EPC₀) adalah parameter yang sangat penting untuk menentukan peranan resuspensi sedimen pada dinamika fosforus di perairan danau, sungai, dan lautan (Froelich, 1988). Ketika

konsentrasi fosfat dari perairan tersebut kurang dari nilai EPC_0 maka sedimen diperkirakan akan dibebaskan dari keterikatan sedimen ke bagian kolom air. Sebaliknya, bila konsentrasi fosfat lebih besar dari pada nilai EPC_0 , maka sedimen akan cenderung menjerap fosfat. Oleh karena itu sedimen dapat menjadi sumber senyawaan fosfor ke kolom air (Zhou *et al.*, 2005; Cyr *et al.*, 2009).

Danau Matano adalah danau yang oligotrofik. Hasil dari analisis ortofosfat terlarut (SRP) di badan air permukaan menunjukkan nilai yang hampir semuanya tidak terdeteksi ($<0,001$ mg/L) (Tabel 2), sedangkan nilai EPC_0 di Danau Matano adalah berkisar antara 0,0049-0,0094 mg/L (Tabel 4). Ini menunjukkan bahwa sedimen Danau Matano mempunyai kemampuan resuspensi dari sedimen yang berperan sebagai pemasok internal ke badan air Danau Matano, meskipun kondisi oksigen terlarut bersifat aerobik.

Nilai EPC_0 di Danau Matano mempunyai kisaran yang sedikit lebih besar bila dibandingkan dengan nilai EPC_0 di danau Opeongo, Kanada (0,001-0,005 mg/L) (Cyr *et al.*, 2009). Tetapi, jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai EPC_0 di danau yang eutrofik seperti danau Taihu (0,02 mg/L) dan danau Wuli (0,157 mg/L) (Jin *et al.*, 2005).

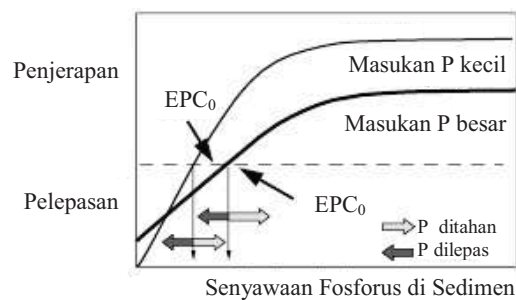
Meskipun dengan melihat nilai EPC_0 , sedimen Danau Matano berpotensi memasukkan fosfat ke badan air, tetapi mekanisme kesetimbangan fosfat di alam sangat tergantung dari faktor lingkungan (Cyr *et al.* 2009). Salah satunya adalah, sedimen Danau Matano, mempunyai konsentrasi fosfor tersedia yang sangat rendah. Hal ini menyebabkan kecenderungan fosfat terlepas juga kecil (Nomosatryo *et al.*, 2012).

Adanya mekanisme tersebut diatas menyebabkan konsentrasi ortofosfat terlarut (SRP) di kolom air Danau Matano yang aerobik (pada kedalaman 0-100m), akan tetap berada di bawah nilai EPC_0 -nya. Oleh karena masukan internal fosfat dari sedimen kecil, maka kesetimbangan fosfat ($EPC_0=SRP$) di badan air Danau Matano akan tercapai. Hal ini terjadi bila masukan fosfat yang terus menerus dari faktor eksternal.

Nilai EPC_0 akan bertambah dengan membesarnya masukan fosfor yang masuk ke badan air danau. Menurut Reddy & Delaune (2008), masukan fosfat yang rendah hanya akan menyebabkan kenaikan nilai EPC_0 yang rendah,

sedangkan dengan masukan fosfat yang besar maka nilai EPC_0 akan lebih besar nilainya (Gambar 9).

Tingginya nilai Q_{max} di sedimen Danau Matano membuat senyawaan fosforus yang masuk ke badan air permukaan danau yang aerobik akan terjerap dan tersimpan di sedimen. Tanah laterit di sekeliling Danau Matano membuat konsentrasi logam Fe yang tinggi di sedimen sehingga berpengaruh terhadap kemampuan sedimen dalam menjerap fosfat. Kecendrungan resuspensi dari fosfat yang terjerap ke badan air terjadi dikarenakan nilai SRP lebih kecil dari nilai EPC_0 , tetapi ini tidak ditunjang dengan nilai fosfor tersedia di Danau Matano. Konsentrasi P tersedia di sedimen Danau Matano sangat rendah (Nomosatryo, *et al.* 2012), sehingga konsentrasi SRP di badan air Danau Matano akan tetap lebih kecil dari nilai EPC_0 .



Gambar 9. Kurva penjerapan isothermal fosforus ketika ada masukan fosforus dari luar.

KESIMPULAN

Kinetika laju penjerapan mengikuti persamaan kinetika orde kedua semu dan laju kinetika penjerapan berkisar antara 0,0007-0,0024 Kg/mg/jam. Proses penjerapan ini secara menyeluruh menggabungkan dua proses penjerapan yaitu fisika dan kimia.

Kesetimbangan penyangga fosfat dicirikan dengan tingginya nilai Q_{max} (425,5-1490,5 mg/Kg). Resuspensi dari fosfat yang terjerap ke badan air terjadi dikarenakan nilai ofofosfat terlarut (SRP) lebih kecil (<0,001 mg/L) dari nilai konsentrasi fosfat pada saat kesetimbangan nol (kisaran EPC_0 adalah 0,0049-0,0094 mg/L), tetapi resuspensi ini terlihat dibatasi oleh nilai konsentrasi fosfor tersedia di sedimen yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alain A, Francoise A. 1996. Concept and determination of exchangeable phosphate in aquatic sediments. *Water Research* 30:2805-2811.
- An XM, Li WC. 2009. Phosphate adsorption characteristics at the sediment–water interface and phosphorus fractions in Nansi Lake, China, and its main inflow rivers. *Environ Monit Assess* 148:173–184.
- APHA AWWA. 1995. *Standard Method for The Examination of Water and Waste Water*. 17th edition.
- Correl DL. 1999. Phosphorus: A Rate Limiting Nutrient in Surface Waters. *Poultry Science* 78:674–682.
- Crowe SA. 2008. Biogeochemical cycling in iron-rich Lake Matano, Indonesia: An early ocean analogue [disertasi]. Montreal: McGill Univ.
- Cyr H, McCab SK, Nurnberg GK. 2009. Phosphorus sorption experiments and the potential for internal phosphorus loading in littoral areas of a stratified lake. *water research* 43:1654–1666.
- Fox IM, Malati A, Perry R. 1989. The Adsorption And Release Of Phosphate From Sediments Of A River Receiving Sewage Effluent. *War. Res.* 23(6):725-732,
- Froelich PN. 1988. Kinetic control of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: A primer on the phosphate buffer mechanism. *Limnol. Oceanogr* 33 (4):649-668.
- Ho YS, McKay G. 1999. Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry* 34:451–465.
- 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.
- Lai DY, Kin CL. 2009. Phosphorus sorption by sediments in a subtropical constructed wetland receiving stormwater runoff. *Ecological Engineering* 35(5):735-743
- Mc.Dowell RW, Sharpley AN. 2002. A Comparison of Fluvial Sediment Phosphorus (P) Chemistry in relation to Location and Potential to Influence Stream P Concentration. *Aquatic Geochemistry* 7:255-265.

- Nomosatryo, S., Cinthya Henny, Eti Rohaeti, Dan Irmanida Batubara. 2012. Fraksinasi Fosforus Pada Sedimen Di Bagian Litoral Danau Matano, Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Nasional Limnologi Vi Tahun 2012. IPB Convention Center. 16 Juli 2012.
- Raaphorst VH, Kloosterhuis HT. 1994. Phosphate sorption in superficial intertidal sediments. *Marine Chemistry* 48:1-16.
- Reddy R, DeLaune RD. 2008. *Biogeochemistry Of Wetlands: Science And Applications*. London: CRC Press.
- Wang Y, Zhenyao S, Junfeng N, Liu R. 2009. Adsorption of phosphorus on sediments from the Three-Gorges Reservoir (China) and the relation with sediment compositions. *Journal of Hazardous Materials* 162:92–98.
- Xu X, Baoyu G, Wenyi W, Qinyan Y, Yu W, Shouqing N. 2009. Adsorption of phosphate from aqueous solutions onto modified wheat residue: Characteristics, kinetic and column studies. *Colloids and Surface: Biointerfaces* 70:46–52.
- 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.