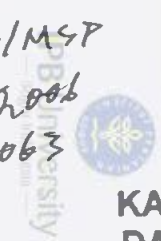


1/MSF
2006
063



KANDUNGAN LOGAM BERAT Hg, Cd DAN Pb DALAM AIR DAN IKAN DI PERAIRAN UJUNGPAKANG, JAWA TIMUR

Oleh:
LUKE BASALMAH
C02400075

SKRIPSI



**DEPARTEMEN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2006**

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa izin pencetakan dan reproduksi sumber
3. Pengutipan harus mencantumkan sumber, penulisan harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku
4. Pengutipan tidak diperkenankan untuk tujuan komersial atau untuk tujuan lainnya
5. Dilarang menggunakan dan menyalin sebagian atau seluruh karya ini tanpa izin pencetakan dan reproduksi sumber

Terbitan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul :

KANDUNGAN LOGAM BERAT Hg, Cd DAN Pb DALAM AIR DAN IKAN DI PERAIRAN UJUNGPAANGKAH, JAWA TIMUR.

Adalah benar merupakan hasil karya sendiri dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Semua sumber data dan informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun yang tidak diterbitkan oleh penulis lain disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di Bagian Akhir Skripsi ini

Bogor, Oktober 2006

LUKE BASALMAH
C02400075



ABSTRAK

LUKE BASALMAH. Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air dan Ikan di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur. Di bawah bimbingan ENAN M. ADIWILAGA dan HEFNI EFFENDI.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2005 di perairan Ujungpangkah, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. Tujuan penelitian adalah untuk menginformasikan kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb yang terakumulasi pada air dan beberapa ikan di perairan Ujungpangkah, Jawa Timur yang dibandingkan dengan Perairan Teluk Jakarta. Analisis untuk mengetahui kandungan logam berat dilakukan dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

Hasil analisis kandungan logam berat Hg dalam air di Perairan Ujungpangkah mempunyai nilai yang kecil, yaitu lebih kecil dari 0,001 mg/l, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Hg di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur masih di bawah baku mutu. Kandungan logam berat Cd, yaitu lebih kecil dari 0,001 mg/l masih di bawah baku mutu dan Pb 0,017 – 0,034 mg/l di Perairan Ujungpangkah sudah melebihi standar baku mutu yang ditetapkan.

Kandungan logam berat Hg pada daging ikan di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur antara lain pada ikan manyung (*Arius thalassinus*) sebesar 0,04 mg/kg, kakap hitam (*Johnius* sp.) dan kuro (*Eleutheronema tetradactylum*) sebesar 0,03 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa organisme tersebut positif terdeteksi adanya kandungan logam berat Hg, tetapi masih berada di bawah ambang batas menurut Keputusan Dirjen POM No. 03725/B/SK/VI/89 dan Badan Kesehatan Dunia (WHO). Sementara untuk kandungan logam berat Cd pada ikan manyung (*Arius thalassinus*) sebesar 24,5 mg/kg, kakap hitam (*Johnius* sp.) sebesar 19,7 mg/kg dan kuro (*Eleutheronema tetradactylum*) sebesar 18,9 mg/kg. Kandungan logam berat Pb pada ikan manyung (*Arius thalassinus*) sebesar 89 mg/kg, kakap hitam (*Johnius* sp.) sebesar 86,6 mg/kg dan kuro (*Eleutheronema tetradactylum*) sebesar 87,2 mg/kg. Hal ini berarti daging ikan pada *Arius thalassinus*, *Johnius* sp. dan *Eleutheronema tetradactylum* telah tercemar berat oleh logam berat Cd dan Pb.

Berdasarkan batas aman yang ditetapkan Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas toleransi pemasukkan logam per minggu (*Provisional Tolerable Weekly Intake*), dari data hasil penelitian jumlah ikan (*Arius thalassinus*, *Johnius* sp. dan *Eleutheronema tetradactylum*) yang dapat dikonsumsi untuk logam Hg sekitar 73 – 540 ekor untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 11,1 – 18 cm), untuk logam Cd sekitar 1 – 2 ekor untuk ikan ukuran kecil dan untuk logam Pb sekitar 1 ekor untuk ikan ukuran kecil.

Nilai suhu air masih memenuhi baku mutu air laut untuk biota laut (Kep. Men LH No. 51 Thn 2004), tetapi untuk pH dan DO tidak memenuhi baku mutu di beberapa lokasi pengambilan sampel (untuk pH stasiun 1, 3 dan 12 dan untuk DO stasiun 1, 2, 3, 4, 5, 7 dan 8).

© Hak cipta milik Luke Basalmah, Tahun 2006.
Hak cipta dilindungi

Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari
Institut Pertanian Bogor, sebagian atau seluruhnya dalam
Bentuk apapun, baik cetak, fotokopi, mikrofilm dan sebagainya.



KANDUNGAN LOGAM BERAT Hg, Cd DAN Pb DALAM AIR DAN IKAN DI PERAIRAN UJUNG PANGKAH, JAWA TIMUR

@Hick cipra milih IPB University

Oleh:
LUKE BASALMAH
C02400075

SKRIPSI
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan



DEPARTEMEN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2006

SKRIPSI

Judul Skripsi

: Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air dan Ikan di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur.

Nama Mahasiswa

: Luke Basalmah

Nomor Pokok

: C02400075

Program Studi

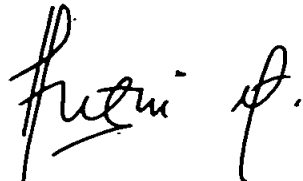
: Manajemen Sumberdaya Perairan

Menyetujui:

1. Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Enan M. Adiwilaga
Ketua



Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil
Anggota

II. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan


Dr. Ir. Kadekwan Soewardi
Bekas

Tanggal Ujian : 03 Oktober 2006



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala curahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air dan Ikan di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur”**.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Enan M. Adiwilaga dan Dr. Ir. Hefni Effendi, M.Phil selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan perbaikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dr. Ir. Etty Riani H.,MS dan Dr. Ir. M. Mukhlis Kamal, M.Sc selaku dosen penguji tamu dan dosen penguji dari Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan.
3. Majariana Krisanti S. Pi., M. Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan saran dan membimbing penulis selama kuliah di IPB.
4. Seluruh dosen serta staf karyawan Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan serta Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
5. Keluargaku (Umi, Mamah, Papah, Erick, Arie, a' Wawang, teh' Ita dan Hesty Sikadewi) dan keluarga besar leaf yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang dan dukungannya kepada penulis.
6. Teman-teman MSP angkatan '37, 38, '39 dan '40, FPIK dan IPB atas segala saran, pendapat dan dukungan selama penelitian.
7. Semua pihak yang telah membantu dan tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Bogor, Oktober 2006.

Luke Basalmah

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Karakteristik Logam Berat	4
1. Raksa (Hg)	5
2. Kadmium (Cd)	7
3. Timbal (Pb)	7
B. Pencemaran Perairan Oleh Logam Berat	8
C. Nilai Toksisitas dan Bahaya dari Logam Berat	9
D. Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air	10
E. Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Ikan	11
F. Karakteristik Fisika dan Kimia Perairan Estuaria	15
1. Suhu	16
2. Padatan Tersuspensi Total (TSS)	16
3. pH	16
4. Oksigen Terlarut (DO)	17
G. Lingkungan Perairan Ujung Pangkah	17
III. BAHAN DAN METODE	19
A. Waktu dan Tempat Penelitian	19
B. Alat dan Bahan	19
C. Metode Kerja	19
1. Metode Sampling	19
a. Metode Pengambilan Contoh Air	19
b. Metode Pengambilan Ikan Contoh	22
2. Perlakuan Contoh Pra Analisis	22
a. Contoh air	22
b. Contoh ikan	23
3. Metode Analisa Contoh	23
4. Batas Aman Logam Berat Dalam Tubuh Manusia	24
D. Analisa Data	24
1. Deskriptif	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Kandungan Logam Berat Pada Air	25
1. Kandungan Logam Berat Hg Pada Air	25
2. Kandungan Logam Berat Cd Pada Air	26
3. Kandungan Logam Berat Pb Pada Air	27
B. Kandungan Logam Berat Pada Ikan	29



1. Kandungan Logam Berat Hg Pada Ikan.....	29
2. Kandungan Logam Berat Cd Pada Ikan.....	33
3. Kandungan Logam Berat Pb Pada Ikan.....	34
C. Kondisi Perairan Ujung Pangkah	41
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	45
A. Simpulan	45
B. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	59

DAFTAR TABEL

Halaman

1. Kegunaan dan bentuk Hg dalam kegiatan industri (Darmono, 1995)	6
2. Pemakaian unsur logam berat Hg, Cd dan Pb dalam berbagai industri (Hutagalung, 1991)	9
3. Koordinat pengambilan contoh air	21
4. Parameter, alat dan satuan yang digunakan	21
5. Kandungan logam Hg (mg/l) dalam air di Perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta	25
6. Kandungan logam Cd (mg/l) dalam air di Perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta	26
7. Kandungan logam Pb (mg/l) dalam air di Perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta	28
8. Kadar maksimum raksa (Hg) dalam makanan (ikan) di beberapa negara	31
9. Beberapa standar baku mutu kandungan logam Hg, Cd dan Pb.....	31
10. Hasil analisis logam Hg, Cd dan Pb (mg/kg) dalam daging ikan karnivora di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta	32
11. Kandungan logam Pb (mg/kg) dalam daging pada beberapa jenis ikan di Teluk Jakarta	39
12. Kandungan logam Cd (mg/kg) dalam daging pada beberapa jenis ikan di Teluk Jakarta	40
13. Kandungan logam Pb dan Cd (mg/kg) ikan sokang (<i>Triacanthus niuehoffi</i>) di Teluk Jakarta.....	40
14. Kandungan logam Pb (mg/kg) dalam ikan alu-alu.....	40
15. Kandungan logam Cd (mg/kg) dalam ikan alu-alu.....	40

DAFTAR GAMBAR

Halaman

1. Alur perumusan masalah penelitian.....	2
2. Proses yang terjadi bila logam berat masuk ke lingkungan laut (EPA dalam Raditya, 2005)	5
3. Lokasi pengambilan contoh air (sumber: Laporan AMDAL, 2006)	20
4. Ikan manyung (<i>Arius thalassinus</i>) (sumber: Laporan AMDAL, 2006).....	29
5. Ikan kuro/mulut tikus (<i>Eleutheronema tetradactylum</i>) (sumber: Laporan AMDAL, 2006)	30
6. Ikan kakap hitam (<i>Johnius</i> sp.) (sumber: Laporan AMDAL, 2006)	30
7. Kandungan logam Hg dalam daging beberapa jenis ikan di Perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta.....	32
8. Kandungan logam Cd dalam daging beberapa jenis ikan di Perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta.....	34
9. Kandungan logam Pb dalam daging beberapa jenis ikan di Perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta.....	35
10. pH di Perairan Ujungpangkah	42
11. Nilai oksigen terlarut (DO) di Perairan Ujungpangkah.....	43
12. Nilai suhu di Perairan Ujungpangkah	43

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Tabel hasil pengukuran beberapa ikan di Perairan ujungpangkah	51
2. Perhitungan jumlah ikan yang boleh dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)	51
3. Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam berat dalam makanan untuk ikan dan hasil olahannya	54
4. Tabel parameter fisika-kimia di Perairan Ujungpangkah	55
5. Lokasi pengambilan contoh Perairan Teluk Jakarta	55
6. Lokasi Penelitian	56

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Lingkungan perairan estuari merupakan bagian dari wilayah pesisir yang sangat dipengaruhi oleh kualitas air, massa air dari sungai dan dari laut termasuk pencemaran. Sungai-sungai membawa muatan berupa materi dari hasil kegiatan alamiah maupun dari hasil kegiatan manusia yang bermuara di perairan estuaria. Sekarang ini, salah satu penyebab terjadinya degradasi ekosistem estuaria adalah akibat penggunaannya sebagai daerah pembuangan limbah secara terus menerus.

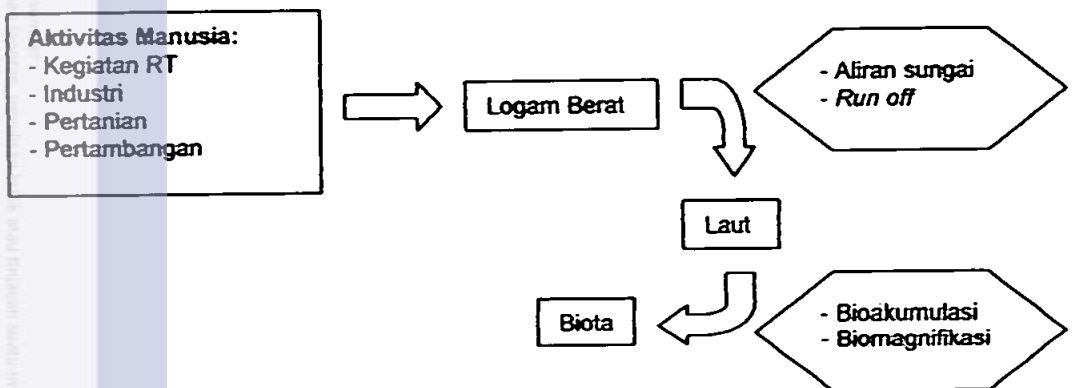
Limbah industri merupakan sumber logam berat yang potensial sebagai bahan pencemar dalam perairan sungai dan estuaria. Akibat adanya pengaruh parameter fisika-kimia perairan estuaria, logam berat akan terlarut dalam air, mengendap dalam sedimen dan terakumulasi dalam jaringan tubuh biota perairan, seperti fitoplankton, zooplankton, ikan dan organisme *filter-feeder* seperti kerang-kerangan. Melalui proses rantai makanan akan terjadi bioakumulasi dan biomagnifikasi pada tingkat pemangsaan yang lebih tinggi. Bila organisme ini dimakan secara terus-menerus oleh manusia, maka dapat membahayakan kesehatan.

Perairan estuaria Ujungpangkah terletak di Kecamatan Ujungpangkah Kabupaten Gresik, Jawa Timur. Estuaria ini terbentuk dari pertemuan Laut Jawa dengan muara Bengawan Solo yang berhulu di Jawa Tengah dan bermuara di Jawa Timur. Muara Bengawan Solo memiliki empat anak sungai, yaitu sungai Ngapuri dan sungai Laweyan yang mengalir ke arah barat serta sungai Lebak dan sungai Sumbalan yang mengalir ke arah Timur atau Selat Madura.

Kota Gresik mendapat predikat sebagai kota industri, tak heran apabila di kota ini banyak terdapat pabrik-pabrik besar. Pabrik-pabrik tersebut, diantaranya adalah pabrik semen Gresik, industri pupuk petrokimia, pabrik elektronik maspion dan masih banyak lagi. Perairan di Gresik berpotensi tercemar, diduga karena banyaknya pabrik-pabrik di sekitar kawasan tersebut.

B. Perumusan Masalah

Aktivitas manusia yang berupa kegiatan rumah tangga, industri dan pertanian menghasilkan buangan, yang salah satunya berupa logam berat. Logam berat tersebut masuk ke dalam perairan laut melalui *run off* maupun aliran sungai Bengawan Solo. Jika kandungan logam berat yang ada di perairan mengalami peningkatan sedikit demi sedikit akibat dari aktivitas tersebut di atas, maka logam berat tersebut dapat terserap ke dalam jaringan organisme (ikan) dan akan terjadi penimbunan di dalamnya. Masuknya logam berat dalam jumlah yang melebihi daya dukung suatu perairan, dapat mengakibatkan turunnya kualitas perairan. Logam-logam di dalam air dan sedimen diserap oleh bakteri, binatang kecil dan tumbuhan kecil, yang dikenal sebagai plankton. Kemudian ikan kecil dan sedang memakan bakteri dan plankton tersebut dalam jumlah yang sangat besar. Ikan besar kemudian memakan ikan kecil tersebut dan terjadilah akumulasi logam berat di dalam jaringan. Ikan yang berukuran lebih besar mempunyai potensi yang lebih besar untuk terjadinya akumulasi logam berat yang tinggi di dalam tubuhnya. Ikan tersebut kemudian ditangkap dan dimakan oleh manusia, menyebabkan logam berat berakumulasi di dalam jaringan tubuh manusia (Gambar 1).



Gambar 1. Alur perumusan masalah penelitian

C. Tujuan

1. Menginformasikan kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb dalam air di Perairan Ujungpangkah.
2. Menginformasikan kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb dalam ikan di Perairan Ujungpangkah.
3. Membandingkan dan mendeskripsikan dengan Perairan Teluk Jakarta.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Logam Berat

Berdasarkan daya hantar panas dan listriknya, semua unsur-unsur kimia yang terdapat dan susunan berkala unsur-unsur dapat dibagi atas dua golongan, yaitu golongan logam dan non logam. Ciri dari golongan logam ini memiliki daya hantar panas dan listrik yang tinggi, sedangkan unsur-unsur non logam memiliki daya hantar panas dan listrik yang rendah. Jika dilihat berdasarkan berat jenisnya, maka unsur-unsur logam ini dibagi menjadi dua golongan, yaitu golongan logam ringan yang memiliki berat jenis lebih kecil dari 5 gr/cm^3 dan golongan logam berat yang memiliki berat jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 (Damono, 1995). Secara alamiah unsur-unsur logam terdapat dalam perairan, namun dalam jumlah yang sangat rendah (Palar, 2004). Kadar ini dapat meningkat, seiring dengan masuknya buangan limbah yang banyak mengandung unsur logam berat dari daratan.

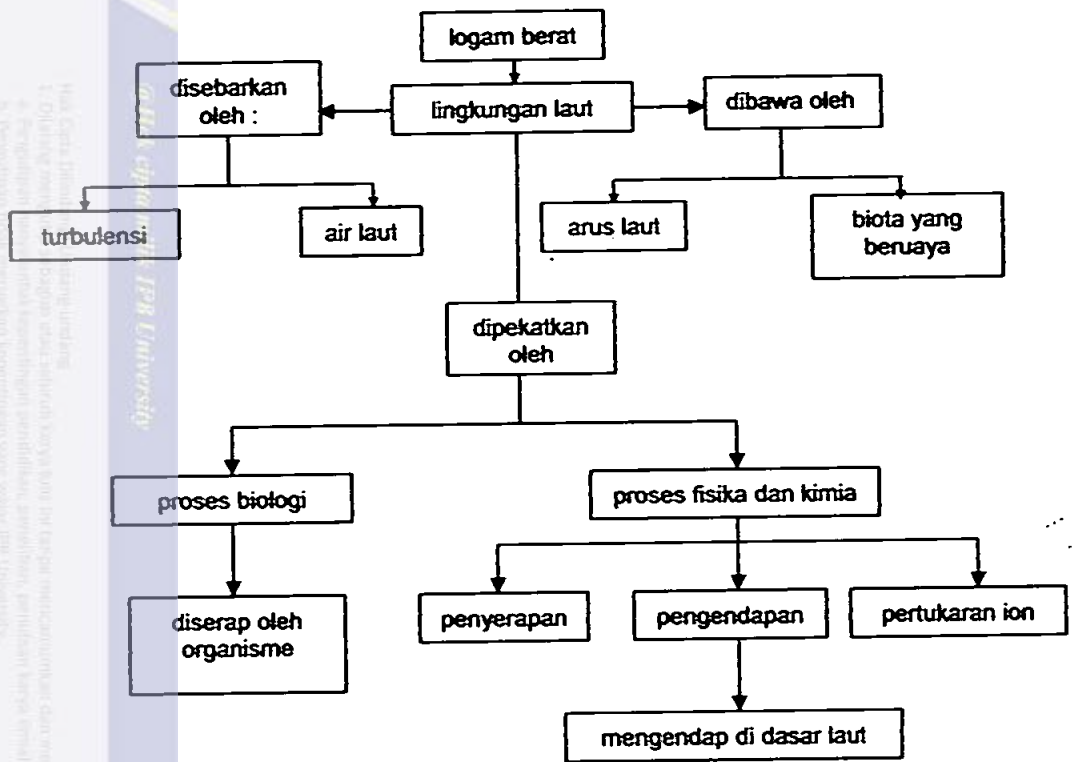
Unsur-unsur maupun senyawa logam berat, diketahui sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, misalnya dipakai sebagai bahan baku dan bahan tambahan dalam berbagai industri serta sebagai bahan pembuatan pestisida. Namun dengan munculnya kasus pencemaran logam berat di beberapa lokasi perairan telah menyebabkan rasa takut masyarakat terhadap logam berat (Damono, 1995).

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Kadar logam berat yang terlalu rendah akan menyebabkan organisme yang hidup di dalamnya menderita *defisiensi*. Namun jika dalam jumlah berlebih, logam ini akan bersifat toksik. Menurut (Waldichuk, 1974 dalam Fajri, 2001) diantara semua logam berat, maka Hg dan Cd menduduki urutan pertama dan kedua dalam hal racunnya diikuti oleh logam berat lainnya, yaitu perak (Ag), nikel (Ni), timbal (Pb), arsen (As), kromium (Cr), timah (Sn), dan seng (Zn).

Bila logam berat masuk ke dalam lingkungan laut maka bahan cemaran ini akan mengalami tiga macam proses akumulasi, yaitu proses fisika, kimia dan biologi (Gambar 2). Biomagnifikasi dapat terjadi pada makroorganisme melalui tahapan pemangsaan dari organisme terkecil sampai pada tingkat konsumen terbesar (terakhir), yang lebih dikenal dengan istilah *trophic level*.

Menurut Palar (2004) karakteristik dari logam berat adalah sebagai berikut:

- Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (> 4).
- Mempunyai nomor atom 22 - 34 dan 40 - 50.
- Mempunyai respon biokimia (spesifik) pada organisme hidup.



Gambar 2. Proses yang terjadi bila logam berat masuk ke lingkungan laut (EPA dalam Raditya, 2005)

Berdasarkan kegunaannya logam berat dapat dibedakan atas dua golongan, yaitu (Laws, 1981):

- Golongan yang dalam konsentrasi tertentu, berfungsi sebagai mikronutrien yang bermanfaat bagi kehidupan organisme perairan, seperti Zn, Fe, Cu, Co.
- Golongan yang sama sekali belum diketahui manfaatnya bagi organisme perairan, seperti Hg, Cd dan Pb.

1. Raksa (Hg)

Kata "air raksa" berasal dari bahasa Latin "*Hydragyrum*" dalam bahasa Inggris diterjemahkan sebagai *mercury*, yang artinya mudah menguap. Air raksa merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair, berwarna perak dan mudah menguap dalam suhu ruang. Logam Hg merupakan salah satu unsur logam berat dengan nomor atom 80 dan massa atom 200.59. Logam Hg memiliki massa jenis yang tertinggi diantara semua benda cair, yakni 13.55 gr/cm^3 , disamping itu logam

Hg juga mudah larut dalam larutan polar ataupun non-polar, terutama HNO_3 (Glinka, 1989 dalam Diniah, 1995).

Logam Hg sangat cepat bereaksi dengan gas umumnya Cl_2 , S dan N_2O , tetapi Hg tidak bereaksi dengan air, uap ataupun asam-asam yang bukan oksidator kuat. Penambangan logam Hg pertama kali dalam bentuk sinabar (HgS) pada permulaan tahun 1100 SM di Cina dan sejak itu logam Hg banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai kepentingan. Air raksa dapat dimanfaatkan dalam bentuk logam murni, organik dan anorganik. Karena potensial oksidasinya sangat rendah, yakni - 0,799 maka logam Hg sulit bereaksi dengan oksigen pada suhu kamar sehingga tahan terhadap korosi dan mudah di campur dengan logam lain dalam bentuk cairan (Connell dan Miller, 1995).

Raksa di laut akan mengendap karena senyawa sulfitnya sukar larut. Merkuri dengan mudah berikatan dengan unsur kimia khlor. Ikatan dengan ion khlor akan membentuk HgCl yang mudah masuk ke dalam plankton dan dapat berpindah ke biota laut, seperti kerang, ikan dan sebagainya. Di dasar laut yang tidak ada oksigen, Hg terdapat sebagai Hg, HgS dan Hg_2S . Sistem mikrobial di laut dapat memasukkan semua bentuk anorganik Hg menjadi metil merkuri (CH_3Hg) dalam sedimen. Hal ini dilepaskan dengan mudah dari partikel yang mengendap di air dan kemudian terakumulasi oleh organisme hidup (Clark, 1986). Kegunaan dan bentuk logam Hg dalam industri tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kegunaan dan bentuk Hg dalam kegiatan industri (Darmono, 1995)

Industri	Alat/Kegunaan	Bentuk
Komponen listrik	Tv, Radio	Logam
Cat	Mencegah korosi	Organik
Instrumen	Alat-alat fisika	Logam
Kedokteran	Antiseptik, penambal gigi	Logam
Pertanian	Insektisida (fungisida, bakterisida)	Organik
Laboratorium	Mempercepat laju reaksi	Logam, organik, anorganik
Plastik	Katalisator (elektroda)	Logam
Militer	Bahan peledak (bom)	Organik, anorganik
Farmasi (kosmetika)	Obat-obatan	Organik, anorganik

Batas maksimum merkuri dalam sumberdaya ikan dan hasil olahannya yang ditetapkan oleh Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor. 03725/B/SK/VII/89, yaitu 0,5 mg/kg. Hal ini sama dengan yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas maksimum merkuri pada makanan, yaitu sebesar 0,5 mg/kg (Anonymous, 2005).

Disamping itu, Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO menetapkan batas pemasukan Hg per hari (*Acceptable Daily Intake*), sebesar 30 μg untuk Hg total dan 20 μg untuk metil-Hg per 70 kg berat badan. Untuk pemasukan mingguan (*Provisional Tolerable Weekly Intake*) total Hg, WHO/FAO menetapkan 300 μg untuk tiap 70 kg berat tubuh dan 200 μg untuk metil-Hg (Hutagalung, 1984 dalam Rais, 1990).

2. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) tersebar luas di kulit bumi, terutama berasosiasi dengan seng (Zn) dan dihasilkan secara komersial hanya sebagai hasil sampingan dari peleburan seng. Kadmium telah digunakan sejak tahun 1950 dan total produksi dunia kira-kira antara 15.000 - 18.000 ton/tahun (Diniah, 1995). Prinsip penggunaan logam Cd sebagai stabiliser, pigmen dalam plastik dan dalam pateri tetapi sejumlah besar digunakan dalam pateri, logam campuran lain dan dalam baterai (Clark, 1986). Kadmium merupakan logam lunak (*ductile*) berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan gas Amonia (NH_3) (Palar, 2004). Di perairan Cd akan mengendap, karena senyawa sulfidnya sukar larut (Bryan, 1976 dalam Sanusi et al., 1985).

Batas maksimum Kadmium dalam sumberdaya ikan dan hasil olahannya yang ditetapkan oleh Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VII/89, yaitu 1 mg/kg. Hal ini sama dengan yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas maksimum kadmium pada makanan; yaitu sebesar 1 mg/kg (Fajri, 2001). Batas pemasukan Cd yang ditetapkan oleh WHO dan FAO adalah 57 - 71 μg per hari. Sedangkan, batas masukan per minggu adalah sebesar 400 - 500 μg per 70 kg berat badan (Hutagalung, 1984 dalam Rais, 1990).

3. Timbal (Pb)

Total produksi timbal (Pb) dunia kira-kira 43 juta ton/tahun. Banyak logam Pb yang diperoleh dan didaur ulang dalam bentuk logam, tempat baterai dan plat, lembaran dan pipa dan sebagainya, akan tetapi paling banyak Pb dalam bentuk gabungan yang masuk ke lingkungan. Mendekati 10% dari produksi Pb dunia digunakan sebagai bahan tambahan minyak dan hilang banyak sekali ke atmosfer (Diniah, 1995). Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/l dapat membunuh ikan. Sedangkan crustacea, setelah 245 jam akan mengalami kematian apabila pada

badan air konsentrasi Pb adalah 2,75 - 49 mg/l (Murphy, 1979 dalam Palar, 2004). Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VII/89, membatasi kandungan logam berat Pb maksimum pada sumberdaya ikan dan olahannya, yaitu 2 mg/kg. Hal ini sama dengan yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas maksimum timah hitam pada makanan, yaitu sebesar 2 mg/kg (Fajri, 2001). Sedangkan batas toleransi Pb per minggu untuk cemaran logam Pb, yaitu 700 μg per 70 kg dalam tubuh manusia dewasa (Hutagalung, 1991 dalam Jumariyah, 2001).

B. Pencemaran Perairan Oleh Logam Berat

Air merupakan zat yang penting bagi kehidupan seluruh makhluk hidup. Apabila suatu perairan telah tercemar oleh logam-logam berbahaya maka akan mengakibatkan hal-hal yang buruk bagi kehidupan. Pencemaran oleh logam berat beracun (*toxic heavy metal*) di lingkungan perairan disebabkan terutama oleh meningkatnya skala kegiatan sektor perindustrian yang tidak disertai dengan proses penanggulangan air limbah yang dihasilkan (Darmono, 2001). Umumnya air limbah industri mengandung unsur logam berat beracun, seperti Hg, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni dan lainnya, karena dalam proses produksinya banyak melibatkan penggunaan bahan kimia (Sanusi *et al.*, 1985).

Hutagalung, 1991 dalam Diniah, 1995 mencatat bahwa pencemaran laut oleh logam berat mulai mendapat perhatian sejak tahun 1953. Pada periode 1953 sampai 1960, sekitar 146 nelayan di Desa Minamata Jepang meninggal dan cacat tubuh karena memakan ikan dan kerang-kerang yang ternyata telah tercemar oleh raksa (Hg). Setelah itu menyusul kasus pencemaran kadmium yang juga terjadi di Jepang. Kasus ini telah menyebabkan suatu jenis penyakit yang terkenal dengan nama Itai-itai. Beberapa tahun kemudian terjadi pula dugaan pencemaran raksa di beberapa negara, Irak pada tahun 1971 dan negara-negara di Amerika serta Eropa lainnya. Pada tahun 2004 terjadi pula dugaan pencemaran raksa di Indonesia, yaitu di Teluk Buyat yang terletak di Kabupaten Minamasa, Sulawesi Utara. Kasus lainnya terjadi di Kalimantan tengah, yaitu pencemaran raksa yang disebabkan oleh banyaknya penambangan liar, yang dikenal dengan istilah Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI).

Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan harus terus diwaspadai keberadaannya. Faktor yang menyebabkan

logam berat dimasukkan ke dalam bahan pencemar karena logam berat tidak dapat terurai melalui biodegradasi seperti pencemaran organik, kemudian logam berat dapat terakumulasi dalam lingkungan terutama dalam sedimen sungai.

Pengaruh pencemaran logam berat dapat menimbulkan berbagai masalah (Harahap, 1991) antara lain:

1. Berhubungan dengan estetika seperti perubahan bau, warna dan rasa air.
2. Dapat menimbulkan bahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang.
3. Berbahaya bagi kesehatan manusia.
4. Dapat menyebabkan kerusakan ekosistem.

Sumber-sumber pencemaran laut berasal dari berbagai tempat, baik dari laut maupun dari darat. Sumber dari laut bisa bermacam-macam, seperti kecelakaan kapal, buangan bekas cuci, sisa lainnya dari kapal dan kegiatan anjungan minyak di laut. Sumber pencemaran juga dapat berasal dari darat, berupa limbah industri maupun limbah rumah tangga dan PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) (Laws, 1981). Sumber pencemaran di perairan estuaria dapat berasal dari kegiatan industri di sekitar estuaria maupun kegiatan-kegiatan yang terdapat di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS). Beberapa jenis kegiatan pemakaian unsur logam berat Hg, Cd dan Pb dalam berbagai industri disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pemakaian unsur logam berat Hg, Cd dan Pb dalam berbagai industri (Hutagalung, 1991)

Unsur	Jenis Pemakaian
Hg	Alat-alat listrik, obat-obatan, cat anti jamur, biosida (fungisida, pestisida dan herbisida), kertas
Cd	Pigmen (bahan cat warna), penahan panas dalam alat-alat listrik, campuran logam.
Pb	Baterai, bahan bakar mobil, pigmen, bahan peledak, pembungkus kabel, Pateri dan <i>bearing metal</i> (tiang pondasi).

C. Nilai Toksisitas dan Bahaya dari Logam Berat

Semua logam berat dapat menimbulkan pengaruh yang negatif terhadap organisme air pada batas konsentrasi tertentu. Hal ini dipengaruhi oleh jenis logam, spesies hewan, daya permeabilitas organisme dan mekanisme detoksikasi (Darmono, 1995).

Selain faktor-faktor tersebut, faktor lingkungan perairan seperti pH, kesadahan, suhu dan salinitas juga turut mempengaruhi toksisitas logam berat. Penurunan pH air menyebabkan toksisitas logam berat makin besar. Kesadahan yang tinggi dapat mengurangi toksisitas logam berat karena logam berat dalam air dengan kesadahan yang tinggi membentuk senyawa kompleks yang mengendap di dalam air (Hutagalung, 1984 dalam Elisabeth, 2000). Urutan toksisitas logam berat dari yang tertinggi ke paling rendah adalah $\text{Hg}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Ag}^+ > \text{Ni}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{As}^{2+} > \text{Sn}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$ (Darmono, 1995).

Hasil penelitian dari Waldichuk (1974) dalam Nanty (1999) menunjukkan kenaikan suhu, penurunan pH dan salinitas perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin meningkat sehingga konsentrasi logam yang terkandung dalam tubuh suatu organisme akan semakin beracun atau dengan kata lain tingkat toksisitasnya semakin tinggi. Menurut urutan daya racun logam berat adalah: $\text{Hg}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Ag}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{As}^{2+} > \text{Cr}^{2+} > \text{Sn}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$.

Pencemaran komoditas perairan oleh logam berat berkaitan erat dengan kesehatan manusia yang mengkonsumsi produk tersebut. Gangguan kesehatan yang akan timbul sebagai akibat keracunan logam berat, meliputi: sistem syaraf, sistem pemapasan, fungsi hati dan ginjal serta gangguan terhadap pertumbuhan normal tulang (Sanusi et al., 1985).

D. Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air

Logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit sekali dalam air secara alamiah, yaitu kurang dari 1 µg/l. Bila terjadi erosi alamiah, konsentrasi logam tersebut dapat meningkat (Darmono, 2001). Beberapa macam logam biasanya dominan daripada logam lainnya. Dalam air biasanya tergantung pada asal sumber air (air tanah dan air sungai). Disamping itu, jenis air juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya (air tawar, air payau dan air laut) (Darmono, 2001). Dalam air laut kadar logam berat berkisar antara 10^{-6} - 10^{-2} mg/l. Secara alamiah, unsur logam berat terdapat di seluruh alam namun dalam kadar yang sangat rendah (Hutagalung, 1985). Kadar ini dapat meningkat jika terjadi peningkatan limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini dapat berasal dari aktivitas manusia di laut maupun darat.

Hutabarot dan Evan (1985) menyatakan, logam berat di laut berasal dari tiga sumber, yaitu hasil pembuangan limbah yang mengandung logam berat, limbah minyak berupa lumpur yang mengandung logam berat dan pembakaran

bahan bakar seperti minyak dan batubara. Semua material ini akan masuk ke perairan laut melalui sungai dan atmosfer, dimana material di atmosfer biasanya akan mencapai permukaan laut bersamaan dengan waktu hujan turun. Logam di dalam air, baik logam ringan maupun logam berat, jarang sekali berbentuk atom. Logam-logam berat yang bersifat racun, seperti Hg, Cd dan Pb yang terdapat dalam air kebanyakan berbentuk ion (Darmono, 1995). Ditinjau dari aspek kesehatan masyarakat Hg, Cd dan Pb termasuk logam berat yang paling berbahaya untuk organisme laut, toksisitas Cu dan Ag akan meningkat dengan adanya Hg (Bryan, 1985 dalam Palar, 2004).

Air raksa merupakan zat pencemar yang sukar terurai (*non-biodegradable pollutant*) umumnya berada dalam bentuk garam-garam Hg, beracun dan mudah terakumulasi ke dalam rantai makanan. Dalam lingkungan laut hampir 90% senyawa Hg diubah menjadi senyawa alkil merkuri yang sangat beracun oleh aktivitas bakteri (Halstead, 1972 dalam Diniah, 1995). Toksisitas (daya racun) Hg dalam perairan akan meningkat akibat keberadaan unsur lain yang bersifat sinergis, misalnya Cu^{2+} dan akan berkurang dengan adanya unsur yang bersifat antagonis, seperti Mn dan Fe. Waldichuk, 1974 dalam Nanty (1999) menyatakan bahwa kenaikan suhu, penurunan pH dan salinitas perairan akan menyebabkan tingginya tingkat bioakumulasi.

Kadmium dalam industri digunakan sebagai antikorosif untuk aluminium, besi dan tembaga. Produk lain yang menghasilkan kadmium antara lain: cat, baterai dan plastik yang digunakan sebagai *stabilizer* (Mailman, 1980 dalam Diniah, 1995).

Timbal masuk ke perairan melalui pengendapan, jatuhnya debu yang mengandung Pb, yaitu dari hasil pembakaran bensin, erosi dan limbah industri (Saeni, 1989). Penggunaan dalam jumlah paling besar adalah untuk bahan produksi baterai pada kendaraan bermotor, elektroda dari aki, industri percetakan tinta, pelapis pipa-pipa sebagai anti korosif dan digunakan dalam campuran dalam pembuatan cat sebagai bahan pewarna karena daya larutnya yang rendah di dalam air (Darmono, 1995).

E. Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Ikan

Kebanyakan logam berat secara biologis terkumpul dalam tubuh organisme, menetap untuk waktu yang lama dan berfungsi sebagai racun kumulatif (Darmono, 1995). Keberadaan logam berat dalam perairan akan

berpengaruh negatif terhadap kehidupan biota. Logam berat yang terikat dalam tubuh organisme akan mempengaruhi aktivitas dari organisme tersebut.

Air raksa merupakan limbah yang memiliki sifat sukar terurai (*non-biodegradable*) dan beracun secara akumulatif. Konsentrasi Hg yang melebihi batas normal yang diperuntukkan akan berbahaya bagi kelangsungan hidup organisme yang hidup di daerah tersebut. Hal ini juga berdampak terhadap manusia yang mengkonsumsi organisme dari perairan yang tercemar oleh Hg, seperti kasus "Minamata" di Jepang.

Air raksa termasuk logam *non-essensial* dimana peranannya dalam tubuh makhluk hidup belum diketahui, kandungannya dalam jaringan sangat kecil serta tidak dapat diekskresikan, bila kandungannya tinggi akan merusak organ tubuh makhluk yang bersangkutan, bahkan dapat menyebabkan kematian (Darmono, 1995). Air raksa yang masuk ke dalam lingkungan laut akan mengalami proses akumulasi baik secara fisik, kimia dan biologi.

Kadmium merupakan unsur yang paling beracun setelah air raksa (Hg). Kadmium akan diubah oleh aktivitas mikroorganisme menjadi senyawa organik yang beracun. Seperti halnya timbal, racun kadmium lebih berdampak pada manusia melalui rantai makanan (ikan). Ikan mengakumulasi Cd dalam air yang secara alami berasal dari deposit batuan kerak bumi.

Timbal (Pb) secara alamiah tersebar luas di batu-batuan dan lapisan kerak bumi. Senyawa Pb dalam bentuk organik lebih beracun dibanding dalam bentuk anorganik. Unsur Pb bersifat kronis dan akumulatif di dalam tubuh tanaman dan tubuh hewan air (Connell dan Miller, 1995).

Organisme perairan mengambil unsur-unsur tertentu dari badan air atau sedimen dan memekatkannya ke dalam tubuh hingga 100 - 1000 kali lebih besar dari konsentrasi lingkungan (Darmono, 1995). Akumulasi melalui proses ini disebut bioakumulasi. Semakin banyak logam berat yang diserap maka akan semakin besar kandungannya pada tubuh organisme. Jika organisme ini dimangsa oleh predator pada *trofik level* yang lebih tinggi pada piramida ekologi maka logam berat yang terakumulasi pada tubuh organisme yang dimangsa akan pindah ke tubuh organisme pemangsa, proses ini dinamakan biomagnifikasi. Semakin tinggi *trofik level* suatu organisme, maka akan memiliki potensi mengandung logam berat yang tinggi pula. Demikian pula halnya, jika manusia mengkonsumsi ikan yang telah terkontaminasi logam berat akan mengalami

proses bioakumulasi pada hati dan ginjal, kemudian akan menyebabkan gangguan fungsi organ tubuh atau cacat tubuh (Darmono, 1995).

Akumulasi terjadi karena logam berat yang masuk ke tubuh organisme cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme sehingga terfiksasi dan tidak mudah diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan (Waldichuk, 1974 dalam Palar, 2004). Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pencemar dalam air, kemampuan akumulasi, sifat organisme (jenis, umur dan ukuran) dan lamanya pemaparan. Sebagian besar logam merkuri masuk ke tubuh organisme melalui rantai makanan, hanya sedikit yang diambil langsung dari air (Waldichuk, 1974 dalam Palar, 2004). Selain masuk ke dalam tubuh organisme melalui rantai makanan, logam berat dapat pula masuk melalui insang dan difusi melalui permukaan kulit (Darmono, 1995).

Organisme yang diamati, yaitu beberapa ikan dasar (demersal) dari jenis karnivora. Ikan-ikan tersebut adalah ikan manyung (*Arius thalassinus*), ikan kuro/mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*) dan ikan kakap hitam (*Johnius* sp). Ikan manyung, suku Ariidae merupakan salah satu ikan dasar (demersal) hidup di air tawar, estuari dan laut. Kebanyakan ikan ini hidup di dua habitat yang mula-mula di air tawar, lalu beruaya ke perairan estuari untuk memijah. Dalam ruayanya, ikan manyung sampai ke laut lepas. Hidup pada batas suhu antara 26 sampai 29°C. Biasanya memakan kepiting, udang, ikan dan molluska (www.fishbase.org).

Ikan manyung termasuk ikan buas (karnivora), makanannya dapat berupa crustacea, mollusca, invertebrata dan ikan-ikan kecil lainnya. Seringkali dijumpai diperairan sekitar muara sungai, tetapi biasanya hidup di laut sampai kedalaman 100 m (Burhanuddin *et al.*, 1987). Ikan ini umumnya tertangkap pada ukuran 25 – 70 cm dan bisa mencapai panjang 150 cm. Ukuran maksimum ikan manyung, yaitu 185 cm dan berat maksimum 1.000 g dan pada umumnya ukuran yang tertangkap di Indonesia, khususnya di Laut Jawa (selatan Kalimantan), yaitu 60 cm dengan keadaan suhu perairan 27°C (www.fishbase.org).

Pembuahan terjadi secara eksternal, yakni persatuan sel produksi organ seksual yang berupa telur dari ikan betina dan spermatozoa dari ikan jantan yang terjadi di luar tubuh. Ikan manyung mengerami telur di dalam mulutnya. Anak-anak ikan mulai meninggalkan mulut ikan jantan setelah 2 bulan dan ketika

mereka pergi, ikan jantan mulai banyak makan dan anak-anak ikan manyung yang masih muda dapat termakan pula (www.fishbase.org).

Ukuran umum ikan kakap hitam (*Johnius* sp.) berkisar antara 30 - 40 cm, dengan panjang maksimum 60 cm. Habitat ikan kakap hitam berupa perairan tropis dari perairan payau hingga laut dengan kedalaman mencapai 40 meter di bawah permukaan laut. Fase juvenil banyak ditemukan di daerah pantai berair payau (Fischer dan Whitehead, 1974 dalam Nopiawati, 2004). Juvenil memakan larva serangga dan crustacea, seperti kopepoda dan dekapoda, setelah dewasa makanan utamanya adalah ikan (www.fishbase.org).

Daerah penyebarannya meliputi seluruh wilayah perairan pantai dan pesisir mangrove. Kebanyakan terdapat di daerah mangrove dan pantai yang berarus kecil. Jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi oleh suatu spesies ikan tergantung pada umur ikan, ketersediaan makanan dan waktu (musim). Suatu spesies ikan boleh jadi makanannya berbeda pada waktu yang berbeda, meskipun diamati pada ikan di tempat yang sama. Demikian halnya dengan ikan-ikan yang memiliki perbedaan umur dalam satu spesies, makanannya dapat pula berbeda (Nopiawati, 2004).

Ikan kuro (*Eleutheronema tetradactylum*) termasuk ke dalam ikan demersal yang hidup di dasar perairan. Hal ini dapat dilihat dari bentuk tubuh ikan tersebut. Dengan bentuk mulut yang agak ke bawah, giginya yang kecil-kecil seperti parut yang digunakan untuk mencari makanan di dasar. Ikan ini memiliki posisi sirip dada yang rendah. Beberapa duri sirip dadanya lepas tidak menyatu dengan lainnya dan membentuk rumbai (pectoral filamen) yang berfungsi sebagai alat peraba dasar laut untuk mencari makan. Warna ikan ini keperak-perakan dengan punggung yang lebih gelap.

Ukuran tubuh ikan ini berkisar antara 25 – 200 cm, namun umumnya 45 – 50 cm (Nontji, 1987). Ikan jantan berukuran 24 – 47 cm, ikan hermaphrodit 25 – 46 cm dan betina 28 – 72 cm. Ikan kuro bersifat hermaphrodit protandri, yaitu ikan yang di dalam tubuhnya mempunyai gonad yang mampu melakukan proses diferensiasi dari fase jantan ke fase betina. Pembuahan terjadi secara eksternal, yakni persatuan sel produksi organ seksual yang berupa telur dari ikan betina dan spermatozoa dari ikan jantan yang terjadi di luar tubuh.

Ikan hermaphrodit berkembang dan tumbuh pada umur 1 – 2 tahun dan ikan betina keluar pada umur 2 – 3 tahun. Ikan jantan mulai kembali kawin setelah

pemijahan kira-kira bulan April-Mei. Kondisi ini akan bertahan sampai pemijahan selanjutnya. Perkembangan dari hermaphrodit menjadi betina selesai sempurna pada saat itu (www.fishbase.org). Ikan ini mempunyai aktivitas rendah, gerak ruaya yang pendek, membentuk gerombolan yang tidak terlalu besar. Mereka sering mencari makan di tepi pantai yang dangkal dan menjadi aktif pada saat air bertumpuk atau keruh.

Makanan ikan kuro adalah sejenis udang-udangan, ikan-ikan kecil dan organisme dasar (Nontji, 1987). Frekuensi ikan kuro memakan jenis crustacea mengikuti variasi musim. Habitat utamanya di lapisan dekat dasar laut di daerah pantai dangkal kadang masuk ke sungai-sungai besar (Nontji, 1987). Hidup pada kedalaman dari 0 – 23 m. Tipe lokasi hidupnya adalah yang bertumpuk. Hidup pada temperatur 21 – 30 °C (www.fishbase.org).

Ruaya merupakan penyesuaian, peyakinan terhadap kondisi yang menguntungkan untuk eksistensi dan reproduksi spesies. Ikan kuro melakukan ruaya atau migrasi untuk melakukan pemijahan. Ikan ini memiliki gerak ruaya yang pendek dan daerah ruaya yang sempit. Ikan kuro beruaya secara vertikal harian berada di dekat dasar perairan pada waktu siang hari, beruaya dan menyebar di sore hari, kemudian turun ke dasar lapisan yang lebih dalam pada waktu matahari terbit (www.fishbase.org).

F. Karakteristik Fisika dan Kimia Perairan Estuaria

Perairan estuaria adalah daerah tempat terjadinya pertemuan antara air laut dan air tawar, misalnya muara sungai (Odum, 1971) dan sekitar pantainya merupakan daerah pesisir dan terdapat rawa pasang surut.

Proses hidrologi di perairan estuaria sangat kompleks yang merupakan kombinasi dari pengaruh sistem pasang surut, arus pantai dan aliran sungai (Mc Dowell dan O'Connor, 1977 dalam Damaiyanti, 1999).

Suatu organisme memerlukan lingkungan yang sesuai seperti air, bahan-bahan dan energi yang dikandung di dalamnya merupakan lingkungan bagi organisme air. Pengaruhnya terhadap kehidupan yang ada di dalamnya, yaitu dengan sifat fisiknya sebagai medium tempat hidup tumbuh-tumbuhan dan hewan dan dengan sifat kimianya sebagai pembawa zat-zat hara organik oleh tumbuh-tumbuhan dengan produksi primernya (Suwignyo, 1978).

1. Suhu

Suhu merupakan faktor penting dalam pengaturan proses kehidupan dan penyebaran organisme (Nybakken, 1988). Kehadiran spesies tertentu dalam suatu wilayah memerlukan kondisi suhu yang tertentu pula. Suhu tidak hanya berpengaruh pada kegiatan metabolisme organisme saja, melainkan juga terhadap aktivitas senyawa-senyawa kimia terlarut (Riley dan Skirrow, 1975 dalam Anindita, 2002). Suhu dan tekanan sangat berpengaruh pada fungsi dinamika dan proses pencampuran massa air.

Perubahan suhu lingkungan yang disebabkan oleh polusi panas akan memberikan suatu dampak terhadap keberhasilan ekosistem untuk terus hidup. Ekosistem tropis adalah yang paling rentan terhadap pengaruh buruk yang dihasilkan oleh penambahan panas (bahang) dan kenaikan suhu (Johanes *et al.*, 1975 dalam Fardiaz, 1992). Suhu musiman daerah tropis cenderung stabil, dengan demikian ekosistem tropis beradaptasi pada toleransi suhu yang sempit. Hasil penelitian dari Waldichuk (1974) dalam Nanty (1999) menunjukkan kenaikan suhu perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin meningkat sehingga konsentrasi logam yang terkandung dalam tubuh suatu organisme akan semakin beracun atau dengan kata lain tingkat toksisitasnya semakin tinggi.

2. Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi total (TSS, *Total Suspended Solid*) atau seston adalah partikel-partikel yang melayang dalam air. Seston ini terdiri dari komponen hidup dan mati. Komponen hidup terdiri dari fitoplankton, zooplankton, fungi dan bakteri. Sedangkan yang termasuk komponen mati adalah detritus dan partikel anorganik (Riyono, 1996 dalam Nanty, 1999).

Di laut seston memiliki peranan cukup penting dalam proses geokimia, biologi dan oseanografi. Seston bekerja pada fase pembawa bagi perpindahan berbagai unsur kimia dalam kolom air, dari air di lapisan permukaan sampai ke endapan dasar laut. Seston merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, disamping sebagai bahan-bahan pembentuk endapan awal.

3. pH

Variasi nilai pH pada perairan terbuka relatif stabil, pada kisaran 7,5 - 8,4. Nilai pH banyak dipengaruhi oleh masukan senyawa peubah suasana asam-basa dari luar (sungai). Umumnya senyawa dari luar yang masuk ke daerah estuaria

memiliki kisaran pH < 6,7 atau > 8,5 (National Technical Advisory Committee-NTAC, 1980 dalam Nanty, 1999). Kisaran pH di perairan estuaria tropis umumnya 6 - 9.

Penurunan pH perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin meningkat sehingga konsentrasi logam yang terkandung dalam tubuh suatu organisme akan semakin beracun (Waldichuck, 1974 dalam Nanty, 1999).

4. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut merupakan salah satu faktor penting dalam metabolisme organisme dan penghancuran bahan organik dalam air. Sumber utama oksigen terlarut adalah dari atmosfer dan proses fotosintesis tumbuhan hijau. Kadar oksigen terlarut dilapisan hipolimnion sangat dipengaruhi oleh temperatur dan banyaknya bahan organik, kadar oksigen terlarut akan berlawanan dengan kadar CO₂, terutama pada saat terjadinya fotosintesis atau proses oksidasi (perombakan) (Darmono, 2001).

G. Lingkungan Perairan Ujungpangkah

Perairan Ujungpangkah terletak di Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. Wilayah ini berada antara 6° 49' 30" LS sampai dengan 6° 52' 30" LS dan 111° 31' 30" BT sampai dengan 111° 34' 30" BT. Batas wilayah Kecamatan Ujungpangkah tepatnya di sebelah Utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur dengan Selat Madura, sebelah selatan Kecamatan Sedayu dan sebelah barat Kecamatan Panceng (Kecamatan Ujungpangkah, 1998).

Daerah ini merupakan dataran rendah yang terletak pada ketinggian 0 - 25 m di atas permukaan laut, memiliki suhu udara rata - rata 23 - 24 °C. Curah hujan rata-rata sebesar 1597 mm/tahun. Daerah ini memiliki 2 musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim penghujan terjadi antara bulan Oktober-Maret dengan rata-rata curah hujan 179 mm/bulan. Musim kemarau terjadi antara bulan April-September dengan rata-rata curah hujan 113 mm/bulan (Kecamatan Ujungpangkah, 1998). Musim di Indonesia secara umum terbagi dalam dua musim, yaitu musim barat (Desember-Februari) dan musim timur (Juni-Agustus) dan ada musim peralihan dari kedua musim tersebut. Musim peralihan I, terjadi antara bulan Maret-Mei dan musim peralihan II, terjadi antara Agustus-November (Farida, 1997).

Perairan muara sungai Bengawan Solo sangat dipengaruhi oleh air sungai yang masuk ke laut, terutama pada saat musim hujan dan adanya industri di sepanjang sungai Bengawan Solo. Muara Bengawan Solo memiliki empat anak sungai, yaitu sungai Ngapuri dan sungai Laweyan yang mengalir ke arah barat serta sungai Lebakan dan sungai Sumbalan yang mengalir ke arah timur atau Selat Madura. Potensi perikanan pada daerah ini mencakup perikanan laut, tambak, kolam dan sungai. Musim hujan mempunyai pengaruh terhadap peningkatan perubahan kondisi lingkungan perairan yang akan berpengaruh terhadap peningkatan zat hara, kekeruhan serta kelimpahan fitoplankton. Adanya industri-industri yang berada di sekitar kawasan aliran sungai ini diduga berpotensi mempengaruhi kondisi lingkungan perairan.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Data hasil yang didapat ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian yang dilaksanakan pada tanggal 13 - 19 Desember 2005 di Perairan Ujungpangkah, Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. Analisis parameter fisika-kimia dilakukan pada tanggal 21 Desember 2005 sampai dengan 23 Januari 2005. Analisis kandungan logam berat dalam daging ikan dilakukan pada tanggal 18 Januari 2006 sampai dengan 2 Februari 2006. Pengambilan contoh ikan didapatkan di TPI (Tempat Pelelangan Ikan) Ujungpangkah, Gresik, Jawa Timur. Penanganan contoh pra analisis kandungan logam berat dalam daging ikan dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan (Proling), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor. Analisis parameter fisika-kimia perairan Ujungpangkah dilakukan di Laboratorium BIOTROP, Bogor, Jawa Barat. Analisis contoh kandungan logam berat dalam daging ikan, dilakukan di Laboratorium Teknologi dan Manajemen Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

B. Alat dan Bahan

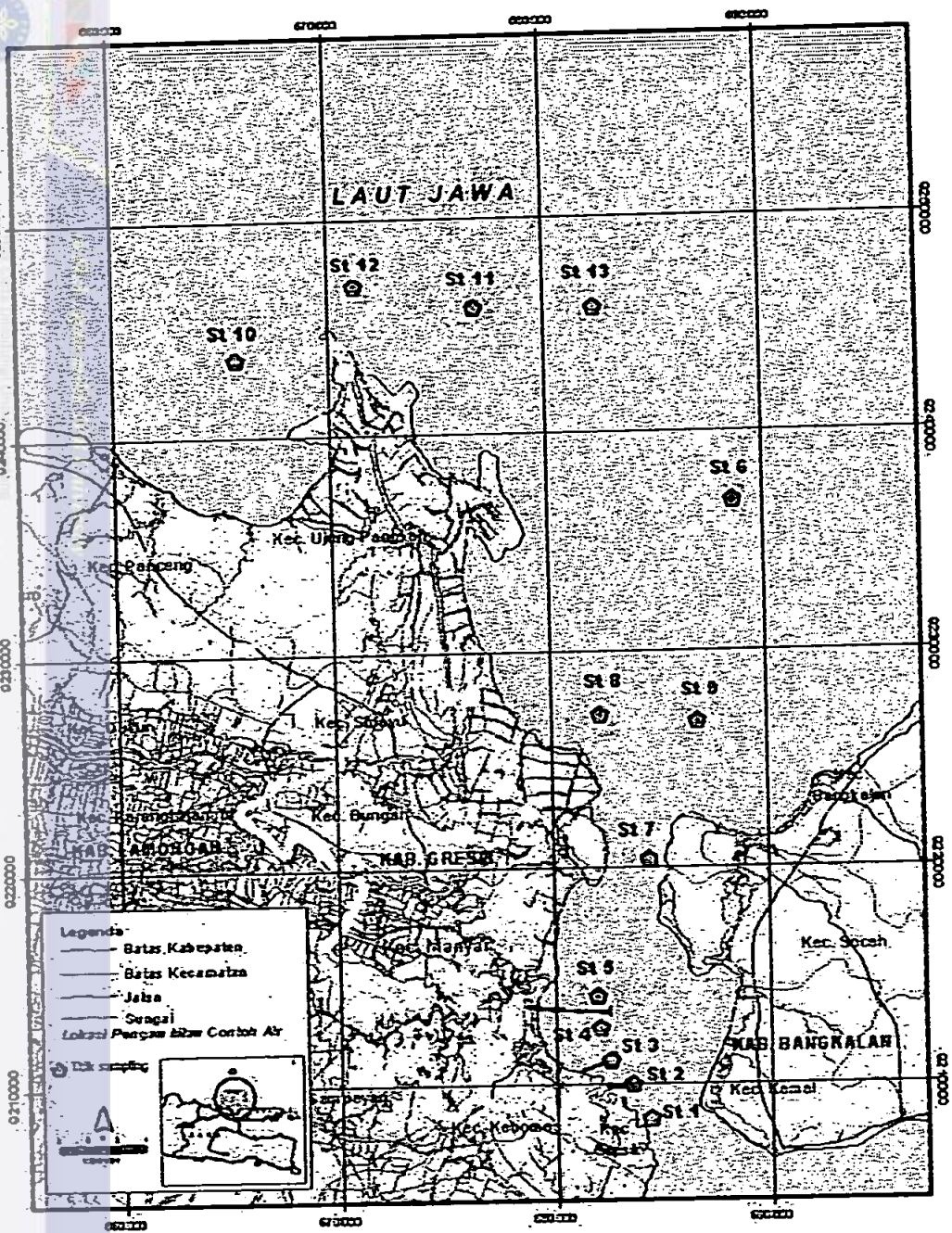
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (*global positioning system*), *kemmerer water sampler*, *cool box*, botol sampel, alat bedah, kertas label dan AAS (*atomic absorption spectrophotometer*) untuk analisis contoh air dan daging ikan. Bahan-bahan yang digunakan adalah contoh ikan, contoh air, es dan formalin untuk mengawetkan sampel.

C. Metoda Kerja

1. Metode Sampling

a. Metode pengambilan contoh air

Data kualitas air berupa data sekunder yang bersumber dari studi AMDAL Kegiatan Pengembangan Lapangan Minyak dan Gas Ujungpangkah, Blok Pangkah, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. AMERADA HESS (INDONESIA - PANGKAH) Ltd. Lokasi pengambilan contoh air dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 3.



Gambar 3. Lokasi pengambilan contoh air (sumber: laporan AMDAL, 2006)

Tabel 3. Koordinat pengambilan contoh air

Lokasi sampling	Keterangan	Bujur timur (E)	Bujur selatan (S)
Stasiun 1	Selat Madura	112° 41' 30,0"	07° 10' 23,4"
Stasiun 2	Selat Madura	112° 40' 43,3"	07° 08' 57,8"
Stasiun 3	Selat Madura	112° 38' 25,6"	07° 08' 14,0"
Stasiun 4	Selat Madura	112° 38' 47,2"	07° 07' 10,9"
Stasiun 5	Selat Madura	112° 38' 47,9"	07° 06' 22,5"
Stasiun 6	Selat Madura	112° 39' 14,4"	07° 03' 02,7"
Stasiun 7	Selat Madura	112° 40' 06,7"	07° 03' 01,6"
Stasiun 8	Laut Jawa	112° 38' 45,3"	06° 59' 30,8"
Stasiun 9	Laut Jawa	112° 41' 24,2"	06° 59' 30,5"
Stasiun 10	Laut Jawa	112° 29' 58,2"	06° 50' 11,0"
Stasiun 11	Laut Jawa	112° 35' 50,8"	06° 48' 55,4"
Stasiun 12	Laut Jawa	112° 33' 01,0"	06° 48' 33,7"
Stasiun 13	Laut Jawa	112° 38' 44,8"	06° 49' 01,3"

Penetapan lokasi berdasarkan adanya aktivitas daratan yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup ikan dengan harapan untuk mendapatkan data yang representatif. Pengambilan contoh air menggunakan *kemmerer water sampler*, kemudian contoh air dimasukkan ke dalam wadah (botol sampel) dan selanjutnya diawetkan dengan disimpan di *cool box*. Parameter fisika-kimia yang diamati meliputi: suhu, pH, DO (*dissolved oxygen*) dan logam berat seperti raksa (Hg), kadmium (Cd) dan timbal (Pb). Parameter-parameter yang diamati dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter, alat dan satuan yang digunakan

No.	Parameter	Alat/Metode	Satuan	Keterangan
Karakteristik Fisika				
1	suhu	Thermometer	°C	Insitu
Karakteristik Kimia				
1	pH	pH Meter		Insitu
2	DO	DO Meter	mg/l	Insitu
3	raksa (Hg)	AAS	mg/l	Exsitu
4	kadmium (Cd)	AAS	mg/l	Exsitu
5	timbal (Pb)	AAS	mg/l	Exsitu



b. Metode pengambilan ikan contoh

Pengambilan ikan dilakukan dengan cara dibeli dari Tempat Pelelangan Ikan (TPI) yang diperkirakan berasal dari sekitar lokasi penelitian. Sampel ikan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa jenis ikan demersal. Kemudian ikan contoh yang terkumpul diawetkan dengan es batu dalam kotak pendingin untuk mempertahankan tingkat kesegaran sehingga diharapkan pada saat pengambilan contoh daging ikan, daging masih dalam kondisi relatif tidak berbeda seperti pada saat diperoleh di TPI. Setelah itu, ikan contoh dibawa ke Laboratorium Produktivitas Lingkungan dan Perairan (Proling), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor untuk diukur berat dan panjang ikan, lalu dibedah dan diambil daging ikannya.

2. Perlakuan Contoh Pra Analisis

a. Contoh air

Untuk mengetahui kadar logam Hg sebelum dianalisis dengan menggunakan AAS (*atomic absorption spectrophotometer*) contoh air diambil sebanyak 100 ml dan dimasukkan ke dalam botol BOD. Tahap selanjutnya ditambahkan 5 ml H_2SO_4 pekat dan 15 ml larutan KMnO_4 lalu dikocok dan biarkan selama 15 menit. Kemudian ditambahkan 8 ml larutan $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ lalu dipanaskan dalam "water bath" pada suhu 95°C selama 2 jam. Kemudian diberi tetes demi tetes larutan hidroksilamin sampai warna violet hilang lalu dipindahkan larutan contoh ke dalam tabung merkuri analisis. Sesudah itu aerator dihidupkan dengan kecepatan 2 liter udara/menit. Kemudian ditambahkan 5 ml larutan SnCl_2 lalu diukur dengan AAS tanpa nyala.

Tahapan untuk mengetahui kadar logam Cd dan Pb adalah sebagai berikut: Dengan memasukkan 500 ml contoh air laut ke dalam corong pisah teflon kemudian ditambahkan 5 ml campuran penahan, dikocok dengan baik, lalu mengatur pH-nya sama dengan 3,5 – 4 dengan menambahkan NH_4Cl atau HCl encer, lalu memasukkan 10 ml air suling-bebas ion ke dalam corong pisah kemudian dikocok selama 5 detik lalu dibiarkan kedua fasa terpisah lalu fasa airnya buang. Kemudian ditambahkan 1 ml HNO_3 pekat, dikocok sebentar lalu dibiarkan selama 1 jam. Ditambahkan 19 ml air suling-bebas ion, dikocok selama 20 detik lalu dibiarkan kedua fasa terpisah kemudian fasa airnya ditampung lalu siap diukur dengan AAS menggunakan nyala udara-asetilen.

Sumber: (Hutagaung *et al.*, 1997)

b. Contoh ikan

Untuk mengukur kadar Hg pada contoh ikan adalah sebagai berikut: 5 gram contoh biota basah dimasukkan ke dalam botol BOD kemudian ditambahkan 10 ml HNO_3 pekat dan 30 ml H_2SO_4 pekat lalu botol ditutup, dibiarkan selama 24 jam. Kemudian dipanaskan pada suhu 60°C selama 2 jam di atas penangas air lalu didinginkan pada suhu 4°C (dalam bak air yang mengandung es). Semuanya dipindahkan ke dalam tabung reduksi merkuri. Aerator dipasang dengan kecepatan udara 2 l/menit lalu ditambahkan 5 ml larutan SnCl_2 , segera diukur dengan AAS tanpa nyala.

Sementara tahapan analisis kadar Cd dan Pb pada daging ikan adalah sebagai berikut: Contoh daging ikan diambil dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Contoh daging ikan lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang sebanyak 2 gram. Contoh tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam "teflon bomb" lalu ditambahkan 1,5 ml HClO_4 dan 3,5 ml HNO_3 lalu ditutup, dibiarkan selama 24 jam. Contoh ikan tersebut kemudian dipanaskan di atas penangas air pada suhu $60 - 70^\circ\text{C}$, selama 2 – 3 jam (sampai larutan jernih). (Bila contoh tidak semua larut, ditambahkan lagi HClO_4 dan HNO_3). Selanjutnya ditambahkan 3 ml air suling-bebas ion kemudian dipanaskan kembali hingga larutan hampir kering. Proses berikutnya adalah mendinginkan contoh tersebut pada suhu ruang yang diikuti dengan penambahan 1 ml HNO_3 pekat dan diaduk pelan-pelan serta ditambahkan kembali 9 ml aquades. Contoh siap diukur dengan AAS menggunakan nyala udara asetilen.

Sumber: (Hutagalung *et al.*, 1997)

3. Metode Analisa Contoh

Analisa logam berat dilakukan dengan menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS) yang didasarkan pada hukum Lambert-Beer, yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kadar zat (Hutagalung *et al.*, 1997). Persamaan garis antara kadar zat dengan absorbansi adalah persamaan garis lurus dengan koefisien arah positif, $Y = a + b X$. Dengan memasukkan nilai absorbansi larutan contoh ke dalam persamaan garis dari larutan standar, maka kadar logam berat dalam contoh dapat diketahui.

Oleh karena yang mengabsorpsi sinar adalah atom, maka ion atau senyawa logam berat harus dirubah menjadi bentuk atom. Perubahan bentuk ion menjadi bentuk atom harus dilakukan dengan suhu tinggi (2000°C) melalui pembakaran

(asetilen-udara) atau energi listrik (*graphite furnace/carbon rod atomizer*). Khusus untuk raksa (Hg), pengatoman dilakukan dengan menambahkan zat kimia yang bersifat reduktor, yaitu SnCl_2 . (Hutagalung *et al.*, 1997)

4. Batas Aman Logam Berat Dalam Tubuh Manusia

Salah satu sumber pemasukan logam berat ke dalam tubuh manusia adalah makanan maka untuk mencegah timbulnya keracunan logam Hg, Cd dan Pb pada manusia, masing-masing negara menetapkan batas aman logam berat untuk logam Hg, Cd dan Pb dalam komoditi laut. Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO menetapkan mengenai batas maksimum merkuri pada makanan, yaitu sebesar 0,5 mg/kg, untuk kadmium, yaitu sebesar 1 mg/kg dan untuk timah hitam, yaitu sebesar 2 mg/kg (WHO, 1972 dalam Fajri, 2001). Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO menetapkan batas pemasukan per minggu (*Provisional Tolerable Weekly Intake*) total Hg, yaitu 300 μg untuk tiap 70 kg berat tubuh dan 200 μg untuk metil-Hg. Sementara batas toleransi pemasukan Cd dalam tubuh manusia dewasa per minggu adalah 400 - 500 μg per 70 kg berat badan (Hutagalung, 1984 dalam Rais, 1990). Sedangkan batas toleransi pemasukan Pb, yaitu 700 μg per minggu dalam tubuh manusia dewasa (Hutagalung, 1991 dalam Jumariyah 2001). Menurut Wulandari, 2006 dari batas aman ini diperkirakan berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi, yaitu:

$$= \frac{\text{Batas aman}}{\text{Kadar logam dalam biota}}$$

D. Analisa Data

1. Deskriptif

Analisa data sekunder menggunakan metode deskriptif, yaitu dengan menampilkan data dalam bentuk tabel, gambar dan grafik sehingga menghasilkan informasi mengenai kandungan logam berat dalam air dan ikan serta korelasi antara biota dan habitat yang dibandingkan dengan lokasi lain.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Logam Berat pada Air

1. Kandungan Logam Berat Hg Pada Air

Kandungan Hg dalam air di perairan Ujungpangkah di semua stasiun pada umumnya tidak terdeteksi atau lebih kecil dari 0,001 mg/l (Tabel 5). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut, nilai ini masih berada di bawah baku mutu air laut untuk biota Laut, yaitu sebesar 0,001 mg/l.

Tabel 5. Kandungan logam Hg (mg/l) dalam air di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta

Stasiun	Ujungpangkah	Teluk Jakarta*
1	< 0,001	0,00001
2	< 0,001	0,00001
3	< 0,001	0,00069
4	< 0,001	0,00059
5	< 0,001	0,00069
6	< 0,001	0,00069
7	< 0,001	0,00078
8	< 0,001	0,00088
9	< 0,001	0,00059
10	< 0,001	0,00059
11	< 0,001	0,00049
12	< 0,001	0,00039
13	< 0,001	-
Baku Mutu (Kep. Men LH No. 51 Thn 2004)		0,001

* Sumber: Diniyah, 1995

Kandungan Hg di perairan Teluk Jakarta tidak jauh berbeda dengan kandungan Hg di perairan Ujungpangkah (dengan catatan ketelitian alat AAS yang berbeda), dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 8 yang berlokasi di mulut Teluk Jakarta dekat Tanjung Karawang, yaitu sebesar 0,00088 mg/l dan nilai terendah terdapat pada stasiun 1 depan Tanjung Pasir dan pada stasiun 2 dekat muara sungai Cisadane, yaitu dengan nilai yang sama sebesar 0,00001 mg/l (Lampiran 5). Kedua stasiun tersebut mempunyai nilai yang sangat kecil, yaitu lebih kecil dari 0,001 mg/l. Dengan demikian diketahui bahwa kandungan logam

Hg di perairan Ujungpangkah maupun perairan Teluk Jakarta masih di bawah baku mutu.

Tumpahan atau sisa-sisa limbah industri yang potensial menghasilkan limbah merkuri, seperti pabrik baterai, kosmetik dan pabrik kertas. Limbah dari pabrik produksi kertas yang terbuang ke sungai atau laut akan terakumulasi di dalam perairan karena sifat logam Hg yang memiliki kelarutan yang rendah dalam air maka logam berat dalam air di laut akan mengendap di dasar (Clark, 1986). Hal ini diduga penyebab rendahnya kandungan logam Hg di kolom perairan di kedua lokasi tersebut.

2. Kandungan Logam Berat Cd Pada Air

Kandungan Cd di semua stasiun di perairan Ujungpangkah, menunjukkan nilai lebih kecil dari 0,001 mg/l (Tabel 6). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut, nilai ini masih berada di bawah baku mutu air laut untuk biota laut, yaitu sebesar 0,001 mg/l.

Tabel 6. Kandungan logam Cd (mg/l) dalam air di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta

Stasiun	Ujungpangkah	Teluk Jakarta*
1	< 0,001	0,096
2	< 0,001	0,090
3	< 0,001	0,087
4	< 0,001	0,087
5	< 0,001	0,093
6	< 0,001	0,084
7	< 0,001	0,090
8	< 0,001	0,087
9	< 0,001	0,087
10	< 0,001	0,087
11	< 0,001	0,090
12	< 0,001	0,093
13	< 0,001	-
Baku Mutu (Kep. Men LH No. 51 Thn 2004)		0,001

* Sumber: Diniyah, 1995

Kandungan Cd di perairan Teluk Jakarta berbeda dengan kandungan logam berat di perairan Ujungpangkah, dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 1 depan Tanjung Pasir, yaitu sebesar 0,096 mg/l dan nilai terendah terdapat pada stasiun 6 depan pelabuhan Tanjung Priok, yaitu sebesar 0,084 mg/l. Kandungan

Cd tertinggi maupun terendah di perairan Teluk Jakarta sudah melewati baku mutu. Menurut Clark (1986) pada lingkungan laut yang belum tercemar kandungan Cd berkisar antara 0,0001 sampai 0,001 mg/l. Dengan demikian keadaan perairan Teluk Jakarta dapat dikatakan sudah tercemar logam Cd.

Banyaknya penerimaan buangan sumber pencemaran yang berasal dari kegiatan industri di Gresik atau pertambangan yang berpotensi meningkatkan logam Cd dalam sedimen, selanjutnya logam Cd dalam kolom air akan mengendap di dasar perairan. Masuknya logam berat ke sistem perairan baik dari sungai maupun dari laut akan dipindahkan dari kolom air melalui proses pengendapan dan absorpsi ke dasar perairan. Hal ini diduga penyebab rendahnya kandungan logam Cd di kolom perairan Ujungpangkah.

Tingginya kandungan logam Cd di perairan Teluk Jakarta diduga selain karena angkutan laut, logam Cd juga dapat berasal dari limbah yang berasal dari lokasi diantara pelabuhan Tanjung Priok sampai ke Tanjung Gembong, terutama yang berasal dari industri bahan cat, asap dan air buangan dari penambangan, debu dari pembakaran minyak dan air bilasan dari pematian (Diniah, 1995).

3. Kandungan Logam Berat Pb Pada Air

Kandungan Pb di perairan Ujungpangkah bervariasi pada stasiun 1 sampai 13. Kandungan Pb dalam air tertinggi terdapat pada stasiun 5, yaitu sebesar 0,034 mg/l dan kandungan Pb dalam air terendah terdapat pada stasiun 2, yaitu sebesar 0,017 mg/l (Tabel 7). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut, kandungan Pb tertinggi maupun terendah yang terdapat di perairan Ujungpangkah yang telah terdeteksi sudah melewati baku mutu air laut untuk biota laut, yaitu sebesar 0,008 mg/l.

Kandungan Pb di perairan Teluk Jakarta dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 9 dan 11 yang berada depan muara beberapa anak sungai Citarum (Kali Bekasi dan Sungai Gembong) serta pada stasiun 2 dekat Pulau Kelor dan Bidadari dengan nilai yang sama, yaitu sebesar 1,750 mg/l dan nilai terendah terdapat pada stasiun 1 dekat Tanjung Pasir, stasiun 10 dan stasiun 12 dekat Kali Blencong, yaitu sebesar 1,570 mg/l. Kandungan Pb tertinggi maupun terendah di perairan Teluk Jakarta sudah melewati baku mutu. Kandungan Pb di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta mempunyai nilai yang sangat besar, yaitu lebih besar dari 0,008 mg/l. Dengan demikian kedua perairan tersebut dapat dikatakan sudah tercemar logam Pb.

Tabel 7. Kandungan logam Pb (mg/l) dalam air di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta

Stasiun	Ujungpangkah	Teluk Jakarta*
1	0,025	1,57
2	0,017	1,75
3	0,032	1,62
4	0,028	1,62
5	0,034	1,62
6	0,029	1,69
7	0,027	1,62
8	0,019	1,69
9	0,018	1,75
10	0,025	1,57
11	0,029	1,75
12	0,026	1,57
13	0,024	-
Baku Mutu (Kep. Men LH No. 51 Thn 2004)		0,008

* Sumber: Diniyah, 1995

Tingginya kandungan logam berat Pb dalam air baik di perairan Ujungpangkah maupun Teluk Jakarta, diduga karena kedua perairan tersebut padat akan jalur transportasi dan jatuhnya debu yang mengandung Pb, yaitu dari hasil pembakaran bahan bakar kapal-kapal yang lalu lalang, sebab logam Pb banyak sekali digunakan sebagai bahan tambahan minyak dan hilang banyak sekali ke atmosfer. Sumber-sumber pencemaran laut berasal dari berbagai tempat, baik dari laut maupun dari darat. Sumber dari laut bisa bermacam-macam seperti kecelakaan kapal, buangan bekas cuci, sisa lainnya dari kapal dan kegiatan anjungan minyak di laut. Sumber pencemaran juga dapat berasal dari darat berupa limbah industri, rumah tangga dan PLTU (pembangkit listrik tenaga uap) (Darmono, 2001). Sumber pencemaran di perairan estuaria dapat berasal dari kegiatan industri di sekitar estuaria maupun kegiatan-kegiatan yang terdapat di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS).

Secara umum, kandungan logam Cd dan Pb di dalam air di perairan Teluk Jakarta lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Ujungpangkah, kecuali untuk kandungan logam Hg yang sama-sama rendah baik di perairan Ujungpangkah maupun Teluk Jakarta.

Tingginya kandungan logam Cd di perairan Teluk Jakarta diduga selain karena angkutan laut, Cd juga dapat berasal dari limbah yang berasal dari lokasi diantara pelabuhan Tanjung Priok sampai ke Tanjung Gembong, terutama yang

berasal dari limbah dari industri bahan cat, asap dan air buangan dari kegiatan pertambangan, debu dari pembakaran minyak dan air bilasan dari pematian (Diniah, 1995).

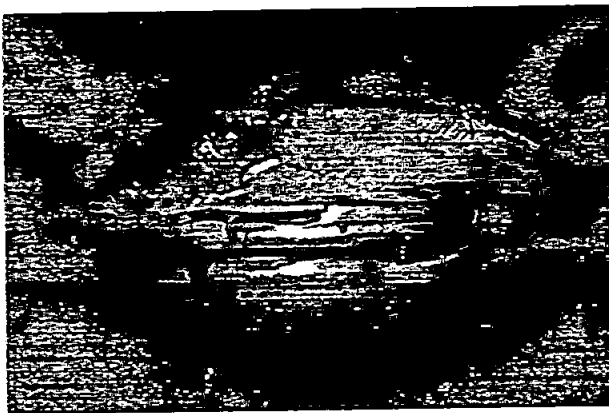
Tingginya kandungan logam Pb di perairan Teluk Jakarta, diduga selain di dekat Tanjung Karawang terdapat pemboran minyak yang dapat merupakan masukan bagi pencemaran Pb dan terbawanya limbah yang mengandung logam serta senyawa Pb melalui sungai Citarum dan anak sungainya, selanjutnya diikuti oleh Tanjung Karawang sebagai pintu masuk transportasi laut dari arah timur dan di sebelah utara Pelabuhan Tanjung Priok. Pada kedua lokasi ini, limbah yang mengandung logam dan senyawa Pb cenderung berasal dari padatnya transportasi yang berlalu lalang (Diniah, 1995).

B. Kandungan Logam Berat pada Ikan

1. Kandungan Logam Berat Hg Pada Ikan

Jaringan tubuh ikan yang diambil untuk analisis kandungan logam Hg adalah bagian daging, guna mengetahui besarnya tingkat akumulasi logam tersebut dalam daging ikan dan hubungannya dengan baku mutu dan kepentingan konsumsi oleh manusia. Kandungan logam berat dalam ikan dipengaruhi oleh kandungan logam berat dalam air, sedimen dan sifat organisme (jenis, umur dan ukuran), serta lamanya pemaparan terhadap logam berat.

Pada umumnya kandungan logam berat yang tinggi sering ditemukan pada organisme dari jenis *filter feeder*, tetapi kali ini organisme yang diamati adalah ikan dari jenis karnivora. Ikan-ikan karnivora tersebut adalah ikan manyung (*Arius thalassinus*), ikan kuro/mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*) dan ikan kakap hitam (*Johnius* sp) (Gambar 4, 5 dan 6).



Gambar 4. Ikan manyung (*Arius thalassinus*) (sumber: laporan AMDAL, 2006)



Gambar 5. Ikan kuro/mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*) (sumber: laporan AMDAL, 2006)



Gambar 6. Ikan kakap hitam (*Johnius* sp.) (sumber: laporan AMDAL, 2006)

Kandungan logam Hg pada daging ikan di perairan Ujungpangkah dengan nilai tertinggi terdapat pada ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sebesar 0,040 mg/kg (Gambar 7 dan Tabel 10). Kandungan logam Hg terendah terdapat pada ikan kakap hitam (*Johnius* sp) dan ikan kuro/mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*) dengan nilai yang sama, yaitu sebesar 0,030 mg/kg. Kandungan logam Hg pada daging ikan di perairan Ujungpangkah cukup tinggi, walaupun belum melewati baku mutu menurut Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimum cemaran logam dalam makanan untuk ikan dan hasil olahannya, yaitu sebesar 0,5 mg/kg (Tabel 8,9 dan Lampiran 3). Hal ini sama dengan yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas maksimum merkuri pada makanan, yaitu sebesar 0,5 mg/kg (Anonymous, 2005).

Tabel 8. Kadar maksimum raksa (Hg) dalam makanan (ikan) di beberapa negara

Negara	Kadar maksimum (mg/kg)
Australia, Belgia, Kanada, Denmark, Finlandia, Mesir, Belanda, Islandia, Israel, Italia, Selandia Baru, Norwegia, Polandia, Portugal, Korea Selatan, Rusia, Spanyol, Swedia, Muangtai, Jerman Barat	0,5
Jepang	0,4
Perancis	0,7
Amerika Serikat	1,0
Australia Selatan	1,0

Sumber: Hutagalung, 1991

Tabel 9. Beberapa standar baku mutu kandungan logam Hg, Cd dan Pb

Baku mutu	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
Surat Kep.Dirjen POM no: 03725/B/SK/VI/89 ¹⁾	0,5	1	2
Negara-negara besar di dunia ²⁾	0,5	1	2
Food and Drug Regulation New Zealand ³⁾	-	1	-
Departemen Kesehatan RI ⁴⁾	0,5	1	2
The Australian National Health and Medical Research Council ⁵⁾	-	2	2
WHO/FAO ⁶⁾	0,5	1	2

Sumber: ¹⁾ Departemen kesehatan RI; ²⁾ Hutagalung, 1991; ³⁾ Nanty, 1999; ⁴⁾ Nanty, 1999 dan Fajri, 2001; ⁵⁾ Damaiyanti, 1999; ⁶⁾ Fajri, 2001 dan Elisabeth, 2000

Sementara itu, Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO menetapkan batas pemasukan Hg per minggu (*Provisional Tolerable Weekly Intake*), yaitu sebanyak 300 µg untuk total Hg per 70 kg berat badan dan 200 µg untuk metil-Hg. Tetapi karena hampir 90% Hg dalam organisme adalah dalam bentuk metil-Hg, maka dari batas ini, dapat diperkirakan berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi tidak melebihi dari (dalam berat basah):

$$\frac{200 \mu\text{g/minggu}}{0,04 \mu\text{g/gr}} = 5.000 \text{ gr/minggu (untuk } \textit{Arius thalassinus})$$

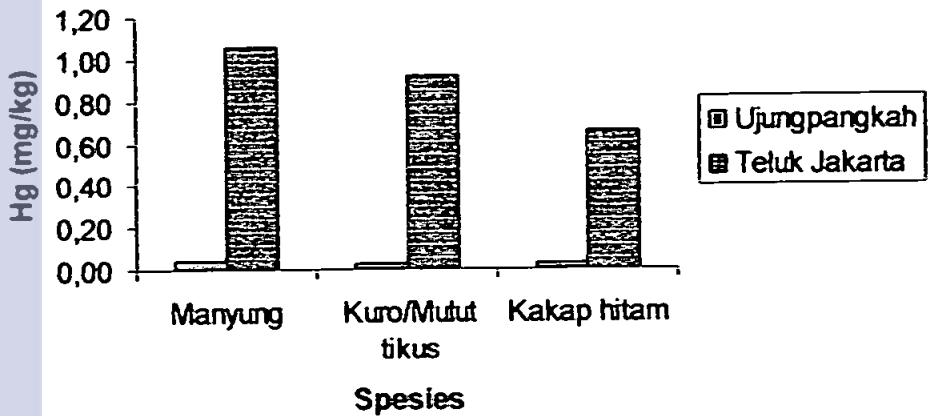
Berat maksimum ikan kakap hitam (*Johnius sp.*) dan ikan mutut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 6.666,7 gr/minggu (Lampiran 2). Sementara itu, dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui pula jumlah ikan yang boleh dikonsumsi per minggunya, antara lain untuk ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sekitar 121 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 15,7 cm), ikan kakap hitam (*Johnius sp.*), yaitu sekitar 73 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 18 cm) dan ikan mutut tikus/kuro

(*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 540 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 11,1 cm) (Lampiran 1).

Tabel 10. Hasil analisis logam Hg, Cd dan Pb (mg/kg) dalam daging ikan karnivora di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta

No.	Spesies	Nama Lokal	Ujungpangkah			Berat basah	Teluk Jakarta*		
			PARAMETER			rata-rata (gr/ekor)	PARAMETER		
			Hg	Cd	Pb		Hg	Cd	Pb
1	<i>Arius thalassinus</i>	manyung	0,04	24,5	89,0	41,17	1,06	1,550	1,826
2	<i>Johnius</i> sp.	kakap hitam	0,03	19,7	86,6	91	0,66	1,257	1,610
3	<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	kuro	0,03	18,9	87,2	12,35	0,92	1,475	1,590
Baku Mutu (Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89)			0,5	1	2		0,5	1	2

* Sumber: Diniah, 1995



■ Teluk Jakarta, sumber Diniah, 1995

Gambar 7. Kandungan logam Hg dalam daging beberapa jenis ikan di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta

Kandungan logam Hg dalam daging ikan di perairan Teluk Jakarta dengan nilai tertinggi masih terdapat pada daging ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sebesar 1,06 mg/kg, kemudian diikuti oleh ikan kuro/mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 0,92 mg/kg. Kandungan logam Hg terendah terdapat pada ikan kakap hitam (*Johnius* sp), yaitu sebesar 0,66 mg/kg. Kandungan logam Hg di perairan Teluk Jakarta sangat tinggi, sudah melewati baku mutu. Berat maksimum ikan manyung (*Arius thalassinus*) yang dapat dikonsumsi, yaitu sebesar 188,68 gr/minggu, ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu

sebesar 303,03 gr/minggu dan ikan mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 217,39 gr/minggu.

2. Kandungan Logam Berat Cd Pada Ikan

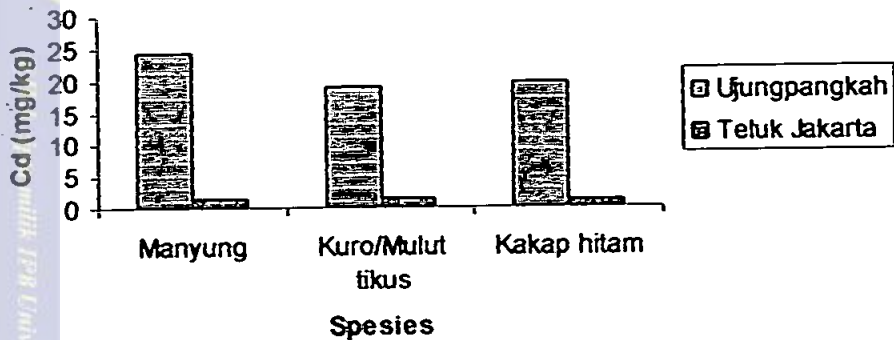
Kandungan logam Cd pada daging ikan di perairan Ujungpangkah dengan nilai tertinggi yang terdapat pada ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sebesar 24,50 mg/kg (Tabel 10 dan Gambar 8), kemudian diikuti oleh ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sebesar 19,70 mg/kg. Kandungan logam Cd terendah terdapat pada ikan kuro/ mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 18,90 mg/kg. Ikan manyung mempunyai kandungan logam Cd tertinggi dibandingkan dengan ikan kakap hitam dan ikan kuro/mulut tikus. Kandungan logam Cd pada daging ikan di perairan Ujungpangkah sangat tinggi, sudah jauh melewati baku mutu menurut Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VI/89, tentang batas maksimum cemaran logam dalam makanan untuk ikan dan hasil olahannya, yaitu sebesar 1,0 mg/kg. Hal ini sama dengan yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas maksimum kadmium pada makanan, yaitu sebesar 1,0 mg/kg (WHO, 1972 dalam Fajri, 2001). Menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO batas masukan per minggu adalah 400 - 500 µg per 70 kg berat badan. Dari batas ini dapat diperkirakan berat ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia tidak melebihi dari (dalam berat basah):

$$\frac{400 \mu\text{g/minggu}}{24,5 \mu\text{g/gr}} = 16,33 \text{ gr/minggu (untuk Arius thalassinus)}$$

$$\frac{500 \mu\text{g / minggu}}{24,5 \mu\text{g/gr}} = 20,41 \text{ gr/minggu (untuk Arius thalassinus)}$$

Berat maksimum ikan yang boleh dikonsumsi manusia per minggu untuk ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sebesar 20,30 - 25,38 gr/minggu dan ikan mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 21,16 - 26,46 gr/minggu (dengan catatan bahwa berat badan adalah 70 kg). Sementara itu, dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui pula jumlah ikan yang boleh dikonsumsi per minggunya, antara lain untuk ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sekitar 1 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 15,7 cm), ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sekitar 1 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata

panjang 18 cm) dan ikan mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 2 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 11,1 cm).



Teluk Jakarta, sumber Diniah, 1995

Gambar 8. Kandungan logam Cd dalam daging beberapa jenis ikan di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta

Kandungan logam Cd dalam daging ikan di perairan Teluk Jakarta (Gambar 8 dan Tabel 8), jauh berbeda dengan kandungan Cd dalam daging ikan di perairan Ujungpangkah, dengan nilai tertinggi terdapat pada ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sebesar 1,550 mg/kg, kemudian diikuti oleh ikan kuro/ mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 1,475 mg/kg. Kandungan logam Cd terendah terdapat pada ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sebesar 1,257 mg/kg. Kandungan logam Cd pada daging ikan di perairan Teluk Jakarta mempunyai nilai yang tinggi, sudah melewati baku mutu.

Berat maksimum ikan manyung (*Arius thalassinus*) yang dapat dikonsumsi, yaitu sebesar 258,06 - 322,58 gr/minggu, ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sebesar 318,22 - 397,77 gr/minggu dan ikan mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 271,19 - 338,98 gr/minggu.

3. Kandungan Logam Berat Pb Pada Ikan

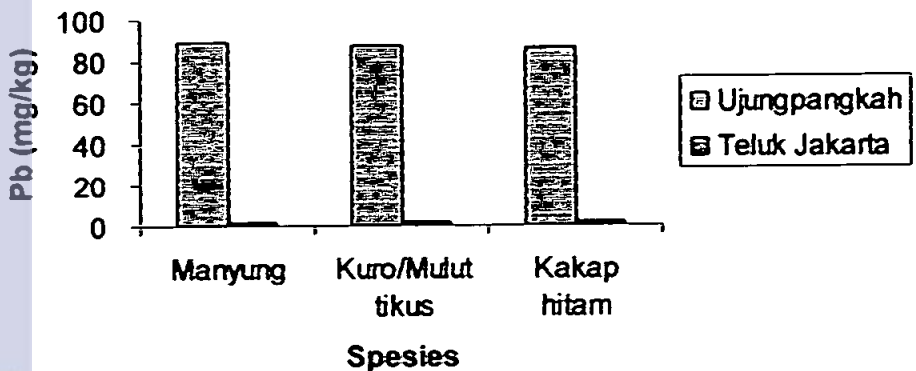
Kandungan logam Pb pada daging ikan di perairan Ujungpangkah dengan nilai tertinggi terdapat pada ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sebesar 89,00 mg/kg (Tabel 10 dan Gambar 9), kemudian diikuti oleh ikan kuro/ mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 87,20 mg/kg. Kandungan logam Pb terendah terdapat pada ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sebesar 86,60 mg/kg. Kandungan logam Pb pada daging ikan di perairan Ujungpangkah sangat

tinggi, sudah jauh melewati melewati baku mutu menurut Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VI/89, tentang batas maksimum cemaran logam dalam makanan untuk ikan dan hasil olahannya, yaitu sebesar 2,0 mg/kg. Hal ini sama dengan yang ditetapkan oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas maksimum timah hitam pada makanan, yaitu sebesar 2,0 mg/kg (WHO, 1972 dalam Fajri, 2001).

Menurut WHO/FAO batas toleransi pemasukan Pb per minggu untuk cemaran logam Pb ditetapkan 700 µg dalam tubuh manusia dewasa. Artinya, berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi tidak melebihi dari (dalam berat basah):

$$\frac{700 \text{ µg/minggu}}{89 \text{ µg/gr}} = 7,87 \text{ gr/minggu (untuk } \textit{Arius thalassinus})$$

Sementara untuk ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sebesar 8,08 gr/minggu dan ikan kuro/ mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 8,03 gr/minggu (dengan catatan bahwa berat badan adalah 70 kg). Dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui pula jumlah ikan yang boleh dikonsumsi per minggunya, yaitu untuk ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sekitar 1 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 15,7 cm), ikan kakap hitam (*Johnius* sp.), yaitu sekitar 1 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 18 cm) dan ikan mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 1 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 11,1 cm).



■ Teluk Jakarta, sumber Diniah, 1995

Gambar 9. Kandungan logam Pb dalam daging beberapa jenis ikan di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta

Kandungan logam Pb tertinggi di perairan Ujungpangkah maupun Teluk Jakarta terdapat pada ikan manyung, akan tetapi logam Pb di perairan Ujungpangkah jauh lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Teluk Jakarta. Kandungan logam Pb dalam daging ikan di perairan Teluk Jakarta terdapat pada ikan manyung (*Arius thalassinus*), yaitu sebesar 1,826 mg/kg, kemudian diikuti oleh ikan kakap hitam (*Johnius sp.*), yaitu sebesar 1,610 mg/kg dan terendah terdapat pada ikan kuro/ mulut tikus (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 1,590 mg/kg. Kandungan logam Pb pada daging ikan di perairan Teluk Jakarta mempunyai nilai di bawah baku mutu.

Berat maksimum ikan manyung (*Arius thalassinus*) yang dapat dikonsumsi, yaitu sebesar 383,35 gr/minggu, ikan kakap hitam (*Johnius sp.*), yaitu sebesar 434,78 gr/minggu dan ikan mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*), yaitu sebesar 440,25 gr/minggu.

Jika dibandingkan antara perairan Ujungpangkah dengan Teluk Jakarta, kandungan logam berat untuk Cd dan Pb pada daging ikan manyung (*Arius thalassinus*) jauh lebih tinggi di Perairan Ujungpangkah, sedangkan kandungan Hg lebih rendah dan masih di bawah baku mutu. Meskipun demikian, logam Hg pada ikan perlu diwaspadai keberadaannya. Hal ini terkait dengan sistem rantai makanan, karena logam Hg akan terakumulasi pada biota dengan trofik level yang lebih tinggi dan bersifat kumulatif.

Bila dihitung jumlah ikan yang boleh dikonsumsi berdasarkan berat maksimum daging ikan, maka Cd dan Pb lebih kecil dibandingkan dengan Hg. Oleh karena itu, demi menjaga keamanan dalam mengonsumsi ikan, sebaiknya diambil patokan terkecil dari berat maksimum daging ikan sesuai dengan batas aman. Adapun jumlah ikan (*Arius thalassinus*, *Johnius sp* dan *Eleutheronema tetradactylum*) yang dapat dikonsumsi yang terdapat di perairan Ujungpangkah, untuk logam Cd, yaitu sekitar 1-2 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil, sedangkan untuk logam Pb, yaitu sekitar 1 ekor/minggu, untuk ikan ukuran kecil.

Jangka waktu hidup hewan pada tingkat trofik yang lebih tinggi biasanya lebih besar daripada makhluk hidup pada tingkat yang lebih rendah. Dengan demikian, penambahan yang berhubungan dengan ukuran atau umur dapat merupakan faktor yang nyata yang mempengaruhi tingkat penambahan logam pada tingkat trofik yang lebih tinggi (Palar, 2004).

Untuk mengetahui seberapa tingginya bioakumulasi logam berat dalam daging ikan di perairan Ujungpangkah dan Teluk Jakarta, dilakukan perbandingan dengan kandungan logam berat dalam air di masing-masing lokasi tersebut. Kandungan logam Hg dalam daging ikan di perairan Ujungpangkah terjadi bioakumulasi 40 kali lebih besar dari konsentrasi logam dalam air, untuk logam Cd terjadi bioakumulasi 24.500 kali dan untuk logam Pb terjadi bioakumulasi 2.618 kali dari konsentrasi logam pada air, sedangkan kandungan logam Hg dalam daging ikan di perairan Teluk Jakarta, terjadi bioakumulasi 1.205 kali lebih besar dari konsentrasi logam dalam air, untuk logam Cd terjadi bioakumulasi 16 kali dan untuk logam Pb terjadi bioakumulasi 1 kali dari konsentrasi logam dalam air.

Melihat tingginya kandungan logam berat dalam daging ikan, menunjukkan bahwa tingkat akumulasi logam berat dalam daging ikan tidak terlepas dari tingginya logam berat dalam air, yang merupakan tempat dia hidup. Organisme perairan, mengambil unsur-unsur tertentu dari badan air atau sedimen dan memekatkannya ke dalam tubuh hingga 100 - 1000 kali lebih besar dari konsentrasi lingkungan (Damono, 1995). Akumulasi melalui proses ini disebut bioakumulasi. Faktor kepekatan (perbandingan kepekatan logam pada hewan, $\mu\text{g/kg}$, terhadap air sekeliling, $\mu\text{g/l}$) untuk beragam jenis makhluk air antara 10^2 dan 10^6 (Wright, 1978 dalam Connell dan Miller, 1995). Semakin banyak logam berat yang diserap maka akan semakin besar kandungannya pada tubuh organisme.

Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pencemar dalam air, kemampuan akumulasi, sifat organisme (jenis, umur dan ukuran) dan lamanya pemaparan. Logam berat masuk ke dalam tubuh organisme melalui rantai makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit (Damono, 1995).

Walaupun makhluk hidup air mudah menyerap logam, adalah merupakan kemampuan mereka mengatur kepekatan abnormal yang menentukan toleransi dan merupakan sebuah faktor penentu dalam penyelamatan diri. Beberapa hewan, salah satunya ikan, mampu mengeluarkan banyak logam yang terserap secara tidak normal dan mengakibatkan pengaturan kepekatan dalam tubuh pada tingkat yang paling normal (Bryan, 1976 dalam Connell dan Miller, 1995). Hal ini pada umumnya lebih sering terjadi pada logam esensial yang relatif banyak jumlahnya, seperti Cu, Zn, dan Fe daripada logam nonesensial, seperti Hg, Cd dan Pb. Pengaturan atau ekskresi terjadi melalui insang, usus, kotoran dan urine.

Namun demikian, terdapat batas teratas jumlah logam yang dapat diekskresikan oleh ikan, jika terjadi akumulasi dalam jaringan tubuh. Sebagai tambahan, bentuk kimiawi yang berbeda dari setiap logam mungkin diserap dan diekskresikan dengan perbedaan kecepatan yang luas (Phillips, 1980 dalam Connell dan Miller, 1995).

Banyaknya sumber pencemaran yang berasal dari limbah industri, rumah tangga maupun limbah pertanian yang terus menerus menyebabkan tercemarnya air dan udara, selanjutnya akan terakumulasi oleh organisme laut. Ikan merupakan jenis organisme yang dapat mengakumulasi logam, meskipun tidak sebesar organisme dari jenis *filter feeder* dan sifatnya yang tidak menetap, dapat bergerak cepat untuk dapat menghindarkan diri dari polusi dan mempunyai toleransi yang cukup tinggi terhadap kandungan logam tertentu (Darmono, 2001).

Ikan manyung (*Arius thalassinus*), suku Ariidae merupakan salah satu ikan dasar (demersal) yang hidupnya di air tawar, estuaria dan laut. Kebanyakan ikan ini hidup di dua habitat yang mula-mula di air tawar lalu beruaya ke perairan estuari untuk memijah. Dalam ruayanya ikan manyung sampai ke laut lepas. Fase juvenil banyak ditemukan di daerah sungai Bengawan Solo yang aliran sungainya melewati kota Gresik yang dikenal sebagai kota industri dan banyak terdapat pabrik-pabrik besar, diduga sungai Bengawan Solo berpotensi tercemar karena banyaknya pabrik dan buangan rumah tangga di sekitar kawasan tersebut. Mengingat salah satu faktor penentu yang berhubungan dengan pengambilan dan akumulasi logam oleh ikan menurut Prosi, 1979 dalam Connell dan Miller, 1995, yaitu ketersediaan logam secara biologi untuk hewan pada tingkat trofik yang lebih tinggi pada umumnya lebih ditentukan oleh perpindahan dari air dibandingkan dari makanan, kecuali untuk logam merkuri. Kepekatan merkuri dalam spesies perairan sangat berhubungan dengan kedudukannya pada rantai makanan, khususnya jika bergerak herbivora ke predator besar (Bryan, 1979 dalam Connell dan Miller, 1995), diduga hal tersebut salah satu penyebab tingginya logam Cd dan Pb pada daging ikan di perairan Ujungpangkah.

Ikan manyung termasuk ikan buas (karnivora), makanannya dapat berupa crustacea, moluska, invertebrata dan ikan-ikan kecil. Seringkali ditemui di perairan sekitar muara sungai, tetapi biasanya hidup di laut sampai kedalaman 100 m. Jenis ini dapat berukuran besar. Umumnya tertangkap pada ukuran 25 - 70 cm dan bisa mencapai panjang 150 cm.

Logam berat yang terakumulasi oleh ikan dapat bersumber dari dalam air, sedimen atau plankton. Logam berat di dalam air dan sedimen diserap oleh bakteri, fitoplankton dan zooplankton. Ikan kecil dan sedang kemudian memakan bakteri dan plankton tersebut dalam jumlah yang sangat besar sepanjang waktu. Ikan besar kemudian memakan ikan kecil dan terjadilah akumulasi logam berat di dalam jaringan tubuh. Ikan yang mempunyai umur yang lebih panjang dan mempunyai ukuran yang lebih besar mempunyai potensi yang lebih besar untuk terjadinya akumulasi kadar logam berat yang tinggi di dalam tubuhnya.

Logam berat ini dapat pula diserap melalui insang dan saluran pencernaan, kemudian diangkut oleh protein darah serta didistribusikan ke seluruh tubuh. Selanjutnya, logam berat tersebut akan berikatan atau bersenyawa dengan protein, yang biasanya disebut *metalotionin* (MTN). *Metalotionin* merupakan protein pengikat logam berat yang berperan dalam proses pengikatan logam berat dalam jaringan setiap makhluk hidup, salah satunya adalah ikan. Konsentrasi *metalotionin* dalam jaringan akan meningkat apabila organisme tersebut terkontaminasi unsur- unsur logam berat.

Mekanisme detoksikasi dapat melibatkan penyimpanan logam pada tempat yang tidak aktif di dalam makhluk hidup untuk sementara atau lebih permanen. Penyimpanan sementara pada umumnya dengan terikatnya logam pada protein, polisakarida dan asam amino di dalam jaringan lunak atau cairan tubuh. *Metalotionin* secara efektif menyimpan logam berat di jaringan hati dan ginjal. Tempat penyimpanan seperti, tulang, bulu, rambut atau rangka luar menjadin alat-alat berguna untuk pengurangan beberapa logam (misal Pb, Cd dan Hg). Pengambilan metil-merkuri tampaknya didetoksikasi sampai tingkatan tertentu oleh demetilasi dan disimpan dalam jaringan sebagai bentuk anorganik yang kurang toksik. (Connell dan Miller, 1995).

Sebagai perbandingan, maka digunakan juga data kandungan logam berat pada ikan-ikan laut lainnya (Tabel 11 – 15) yang pernah diteliti di perairan Tetuk Jakarta.

Tabel 11. Kandungan logam Pb (mg/kg) dalam daging pada beberapa jenis ikan di Tetuk Jakarta

Petek (<i>Leiognatus</i> sp.)	Beloso (<i>Saurida tumbil</i>)	Lidah (<i>Cynoglossus</i> sp.)	Jenaha (<i>Lutjanus</i> sp.)	Kepiting (<i>Scylla serrata</i>)
1,0679	2,4954	0,5517	0,4545	0,5261

Sumber: Diniah, 1995

Tabel 12. Kandungan logam Cd (mg/kg) dalam daging pada beberapa jenis ikan di Teluk Jakarta

Petek (<i>Leiognatus</i> sp.)	Beloso (<i>Saurida</i> <i>tumbil</i>)	Lidah (<i>Cynoglossus</i> sp.)	Jenaha (<i>Lutjanus</i> sp.)	Kepiting (<i>Scylla</i> <i>serrata</i>)
1,8016	3,0553	0,5901	0,2902	0,7857

Sumber: Diniyah, 1995

Tabel 13. Kandungan logam Pb dan Cd (mg/kg) ikan sokang (*Triacanthus nieuhofii*) di Teluk Jakarta

Stasiun	Jenis logam	Konsentrasi
1	Pb	9,5565
2	Pb	4,5109
3	Pb	3,2883
Stasiun	Jenis logam	Konsentrasi
1	Cd	0,2791
2	Cd	0,2517
3	Cd	0,0725

Sumber: Bangun, 2005 dan Raditya, 2005

Tabel 14. Kandungan logam Pb (mg/kg) dalam ikan alu-alu

Berat awal (gr)	Berat kering (gr)	Konsentrasi
3,1694	0,87	3,4483

Sumber: Khaisar, 2006

Tabel 15. Kandungan logam Cd (mg/kg) dalam ikan alu-alu

Berat awal (gr)	Berat kering (gr)	Konsentrasi
3,1694	0,87	0,1183

Sumber: Khaisar, 2006

Secara umum dari data konsentrasi logam berat Pb dan Cd yang ada, menunjukkan bahwa konsentrasi logam-logam berat tersebut yang terdapat pada berbagai jenis ikan di perairan Teluk Jakarta, berada pada tingkatan konsentrasinya yang membahayakan kesehatan apabila dikonsumsi oleh manusia. Tingginya kandungan logam Pb pada daging ikan alu-alu, diduga karena ikan alu-alu mengkonsumsi ikan-ikan kecil (prey), krustasea seperti kepiting dan udang yang memiliki *trofik level* lebih rendah dari ikan alu-alu, dengan kandungan logam berat yang tinggi dalam tubuhnya. Terkait juga dengan rantai makanan yang ada, ikan alu-alu sebagai ikan predator karnivor dengan *trofik level* paling tinggi pada jenis ikan, tentunya akan mengakumulasi logam berat yang berasal dari mangsa-mangsanya yang berupa ikan-ikan kecil (Newman, 1991 dalam Khaisar, 2006).

Pola tingkah laku ikan alu-alu yang termasuk kedalam ikan pelagis besar ini selalu bergerak cepat di kolom perairan laut yang luas, sehingga bukan tidak mungkin bagi ikan ini bergerak ke berbagai kolom perairan yang telah tercemar logam berat timah hitam.

Pada daging ikan alu-alu terdapat konsentrasi logam kadmium sebesar 0,1183 mg/kg. Hal ini dikarenakan logam yang masuk ke dalam tubuh ikan melalui makanan, akan dicerna di dalam saluran pencernaan untuk selanjutnya akan di distribusikan dan akan ikut ke dalam bentuk daging di seluruh bagian tubuh daging.

Bahkan pada beberapa jenis ikan pelagis kecil seperti ikan petek (*Leiognathus* sp.) dan ikan sokang (*Triacanthus nieuhoffii*), kandungan logam Pb dan Cd yang terdapat pada tubuhnya justru lebih besar dari kandungan logam serupa yang terdapat dalam ikan alu-alu. Pada ikan-ikan pelagis kecil lainnya seperti ikan beloso (*Saurida tumbil*), ikan lidah (*Cynoglossus* sp.), ikan jenaha (*Lutjanus* sp.) serta jenis krustasea seperti kepiting (*Scylla serrata*) masing-masing memiliki kandungan logam Cd yang lebih besar dari yang telah terakumulasi pada tubuh ikan alu-alu, namun ikan-ikan termasuk kepiting tersebut memiliki konsentrasi logam timah hitam yang lebih kecil dari ikan alu-alu. Akumulasi yang lebih besar lagi akan terjadi jika ikan-ikan pelagis kecil tersebut di mangsa oleh ikan dengan *trofik level* yang lebih tinggi. Dalam hal ini jika dilihat dari aspek biologis dan kebiasaan hidup ikan alu-alu yang akan memangsa ikan-ikan kecil maupun organisme jenis krustasea dan cephalopoda, maka diduga ikan-ikan pelagis kecil tersebut yang ada di perairan Teluk Jakarta merupakan mangsa (prey) ikan alu-alu yang menyebabkan akumulasi logam berat yang tinggi dalam tubuhnya.

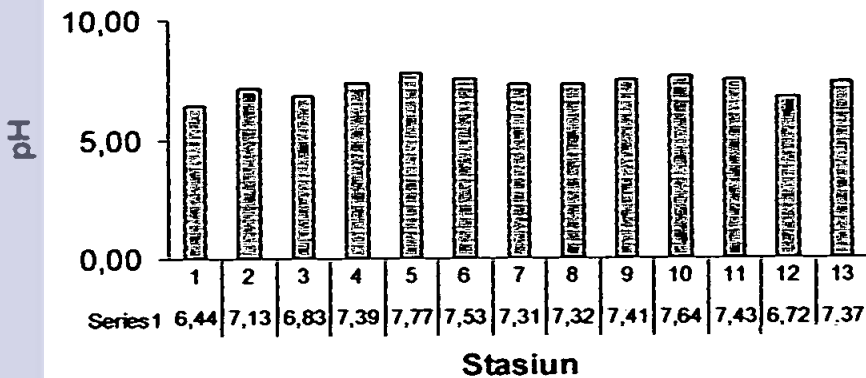
Sebagai catatan tambahan bahwa perbedaan waktu pengambilan contoh kandungan logam berat dalam air maupun dalam daging ikan yang terlampau jauh, yaitu sekitar 10 tahun mengakibatkan data perairan Ujungpangkah (2005) seharusnya kurang bisa dibandingkan dengan perairan Teluk Jakarta (1995) tetapi dibandingkan dengan data terbaru yang tidak terlalu jauh dari tahun pengambilan contoh di perairan Ujungpangkah agar didapatkan hasil yang lebih baik.

C. Kondisi Perairan Ujungpangkah

Perairan Ujungpangkah merupakan salah satu perairan di Indonesia yang memiliki potensi untuk berbagai kegiatan seperti kegiatan Industri dan pelabuhan

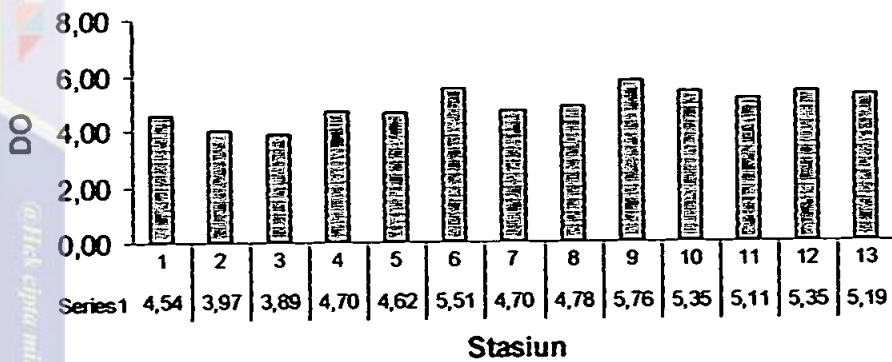
yang berpotensi untuk menghasilkan limbah dan pada akhirnya memungkinkan terjadinya pencemaran. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap parameter suhu, pH dan DO yang telah diukur menunjukkan nilai yang bervariasi pada masing-masing stasiun (Lampiran 4).

Nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun 5, yaitu 7,77. Sedangkan, nilai pH terendah ditemukan di stasiun 1, yaitu 6,44 (Gambar 10). Nilai pH tersebut di luar kisaran baku mutu air laut untuk biota laut menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 51 tahun 2004, yaitu 7 - 8,5. Rendahnya nilai pH di stasiun 1, diduga karena letak stasiun 1 yang berdekatan dengan daratan, dimana buangan limbah dan *run off* dari daratan banyak mengandung bahan-bahan organik. Bahan-bahan organik tersebut akan terurai menjadi bahan anorganik yang akan melepaskan CO_2 , sehingga mempengaruhi penurunan pH. Nilai pH di perairan Ujungpangkah cenderung bersifat asam. Pada kondisi lingkungan perairan yang asam dapat meningkatkan kelarutan ion-ion logam di perairan, sehingga diduga ini menjadi salah satu penyebab tingginya kandungan logam di dalam perairan.



Gambar 10. Nilai pH di perairan Ujungpangkah.

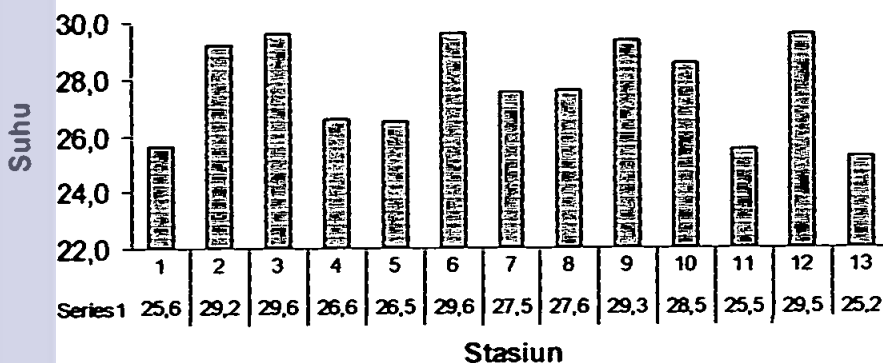
Nilai DO tertinggi terdapat pada stasiun 9, yaitu 5,76 mg/l, sedangkan nilai DO terendah terdapat pada stasiun 3, yaitu 3,89 mg/l (Gambar 11). Nilai DO dengan kisaran di atas, menunjukkan bahwa DO di perairan Ujungpangkah sudah di luar nilai baku mutu air laut untuk biota laut menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 51 tahun 2004, yaitu minimum 5 mg/l.



Gambar 11. Nilai oksigen terlarut (DO) di perairan Ujungpangkah.

Lebih kecilnya nilai DO di stasiun 3, diduga karena pengaruh dari letaknya yang berdekatan dengan kawasan industri dan PLTU (Lampiran 6). Nilai DO dipengaruhi suhu, salinitas, tekanan atmosfer dan turbulensi air. Kelarutan oksigen menurun seiring dengan naiknya suhu, turunnya tekanan atmosfer dan meningkatnya salinitas.

Suhu tertinggi terdapat di stasiun 3 dan 6, yaitu sebesar $29,6^{\circ}\text{C}$ (Gambar 12).



Gambar 12. Nilai suhu di perairan Ujungpangkah

Hal ini diduga karena adanya pengaruh limbah panas yang berasal dari PLTU. Di PLTU air digunakan sebagai pendingin, jadi jika suhu air laut semakin tinggi akan mengakibatkan buangan limbah panas yang dihasilkan memiliki suhu yang lebih tinggi. Selain itu, tingginya suhu di perairan Ujungpangkah juga diduga,

karena banyaknya buangan limbah dari daratan, *run off* dan ramainya lalu lintas transportasi laut. Diduga pula, suhu permukaan air laut lebih tinggi dibandingkan suhu di dasar perairan.

@Hick cipra milih IPB University

IPB University

Hack Cipra (@Hick cipra) / Instagram
 1. Diambil dari jurnal yang berjudul "Pengaruh Suhu Permukaan Air Laut Terhadap Kualitas Air Laut di Perairan Laut Indonesia"
 2. Diambil dari jurnal yang berjudul "Pengaruh Suhu Permukaan Air Laut Terhadap Kualitas Air Laut di Perairan Laut Indonesia"
 3. Diambil dari jurnal yang berjudul "Pengaruh Suhu Permukaan Air Laut Terhadap Kualitas Air Laut di Perairan Laut Indonesia"
 4. Diambil dari jurnal yang berjudul "Pengaruh Suhu Permukaan Air Laut Terhadap Kualitas Air Laut di Perairan Laut Indonesia"
 5. Diambil dari jurnal yang berjudul "Pengaruh Suhu Permukaan Air Laut Terhadap Kualitas Air Laut di Perairan Laut Indonesia"

Terimakasih IPB University

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Hasil analisis kandungan logam berat Hg dalam air di perairan Ujungpangkah mempunyai nilai yang sangat kecil, yaitu lebih kecil dari 0,001 mg/l, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Hg di perairan Ujungpangkah, Jawa Timur masih di bawah baku mutu. Kandungan logam berat Cd, yaitu lebih kecil dari 0,001 mg/l masih di bawah baku mutu dan Pb 0,017 – 0,034 mg/l di perairan Ujungpangkah sudah melebihi standar baku mutu yang ditetapkan.

Kandungan logam berat Hg pada daging ikan di perairan Ujungpangkah, Jawa Timur antara lain pada ikan manyung (*Arius thalassinus*) sebesar 0,04 mg/kg, kakap hitam (*Johnius* sp.) dan kuro (*Eleutheronema tetradactylum*) sebesar 0,03 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa organisme tersebut positif terdeteksi adanya kandungan logam berat Hg, tetapi masih berada di bawah ambang batas menurut Keputusan Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89 dan Badan Kesehatan Dunia (WHO). Kandungan logam berat Cd pada ikan manyung (*Arius thalassinus*) sebesar 24,5 mg/kg, kakap hitam (*Johnius* sp.) sebesar 19,7 mg/kg dan kuro (*Eleutheronema tetradactylum*) sebesar 18,9 mg/kg. Kandungan logam berat Pb pada ikan manyung (*Arius thalassinus*) sebesar 89 mg/kg, kakap hitam (*Johnius* sp.) sebesar 86,6 mg/kg dan kuro (*Eleutheronema tetradactylum*) sebesar 87,2 mg/kg. Hal ini berarti, daging ikan pada *Arius thalassinus*, *Johnius* sp. dan *Eleutheronema tetradactylum* telah tercemar berat oleh logam berat Cd dan Pb.

Berdasarkan batas aman yang ditetapkan Badan Kesehatan Dunia (WHO) dan FAO mengenai batas toleransi pemasukkan logam per minggu (*Provisional Tolerable Weekly Intake*), dari data hasil penelitian jumlah ikan (*Arius thalassinus*, *Johnius* sp. dan *Eleutheronema tetradactylum*) yang dapat dikonsumsi untuk logam Hg sekitar 73 – 540 ekor untuk ikan ukuran kecil (rata-rata panjang 11,1 – 18 cm), untuk logam Cd sekitar 1 – 2 ekor untuk ikan ukuran kecil dan untuk logam Pb sekitar 1 ekor untuk ikan ukuran kecil.

Suhu masih memenuhi baku mutu air laut untuk biota laut (Kep. Men LH No. 51 Thn 2004), tetapi untuk pH dan DO tidak memenuhi baku mutu di beberapa lokasi pengambilan sampel (untuk pH stasiun 1,3 dan 12 dan untuk DO stasiun 1, 2, 3, 4, 5, 7 dan 8).

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian secara intensif dan berkelanjutan di perairan Ujungpangkah, khususnya untuk kandungan logam berat yang bersifat toksik terhadap komoditi perikanan yang mempunyai nilai ekonomis, mengingat daerah tersebut mempunyai potensi perikanan yang mencakup perikanan laut, tambak, dan sungai.
2. Biota yang akan dianalisis sebaiknya berasal dari berbagai jenis dan ukuran yang diambil secara langsung dari setiap stasiun pengamatan.
3. Penyebarluasan informasi secara bijaksana perlu dilakukan mengenai batas aman untuk mengkonsumsi ikan laut kepada masyarakat setempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amdal, 2006. Kegiatan Pengembangan Lapangan Minyak dan Gas Ujung Pangkah, Blok Pangkah, kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. AMERADA HESS (INDONESIA – PANGKAH) Ltd.
- Anindita, A. D. 2002. Kandungan Logam Berat Cd, Cu, Ni, Pb dan Zn Terlarut Dalam Badan Air Dan Sedimen Pada Perairan Sekitar Pelabuhan Perikanan Pelabuhan Ratu, Sukabumi. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Anonymous. 2005. Logam Berat Pada Hasil Perikanan.
[http://www.oseanologi.lipi.go.id/cemarlogam.htm](http://www oseanologi.lipi.go.id/cemarlogam.htm) (27 Juli 2006).
- Bangun, J. M. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen dan Organ Tubuh Ikan Sokang (*Triacanthus nieufoii*) di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Burhanuddin, A., S. Djamali, S. Martosewojo dan M. Hutomo. 1987. Sumberdaya Ikan Banyak Di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Clark, R. B. 1986. *Marine Pollution*. Clarendon Press, Oxford.
- Connell, D. W. and G. J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Yanti Koestoer, penerjemah; Sahati, pendamping. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (Ui-Press). Terjemahan dari: *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*.
- Damaiyanti, Y. 1999. Kandungan Logam Berat Dalam Daging Ikan Demersal Di Perairan Estuaria Kuala Tungkal, Daerah Tingkat I Propinsi Jambi. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Darmono. 1995. Logam dalam sistem biologi makhluk hidup. Penerbit UI press, Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan hidup dan pencemaran : hubungan dengan toksikologi senyawa logam. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Diniah. 1995. Korelasi antara kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb pada beberapa ikan konsumsi dengan tingkat pencemaran di perairan Teluk Jakarta. Tesis. Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan. Program Pasca Sarjana. IPB.
- Elisabeth. 2000. Kandungan Logam Berat Air Raksa (Hg) Dalam Air, Sedimen dan Jaringan Tubuh Ikan di Muara Way Kambas dan Way Sekampung,

Lampung. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Fajri, N.E. 2001. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, Pb Dalam Air Laut, Sedimen dan Tiram (*Carassostrea cucullata*) di Perairan Pesisir Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Tesis. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.

Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Jakarta.

Farida, D. 1997. Keadaan Umum Perikanan di Kecamatan Ujungpangkah, Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Laporan Praktek Lapangan. Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan. Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Harahap, S. 1991. Tingkat pencemaran air kali Cakung ditinjau dari sifat fisika-kimia khususnya logam berat dan keanekaragaman jenis hewan benthos makro. Tesis. Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan. Program Pasca Sarjana. IPB

Hutabarat, S dan S. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia, Jakarta.

Hutagalung, H.P. 1985. Raksa (Hg). *Dalam Oseana* Vol. X No. 3 Tahun 1985.

Hutagalung, H.P. 1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P3O-LIPI. Jakarta.

Hutagalung, H.P, D. Setiapermana dan S. Hadi Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.

Jumariyah. 2001. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd), Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Pada Kerang hijau (*Perna viridis* L.) di Teluk Banten. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Kecamatan Ujungpangkah. 1998. Kecamatan Ujungpangkah dalam Angka Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik.

Laws, E. A. 1981. *Aquatic pollution*. John Willey and Sons. New York.

Nanty, I.H. 1999. Kandungan Logam Berat Dalam Badan Air dan sedimen di Muara Sungai Way Kambas dan Way Sekampung, Lampung. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Djambatan – Jakarta.

Nopiawati, W. 2004. Aspek Reproduksi Ikan Blama (*Nibeas soldado*) di Pantai Mayangan. Pamanukan, Jawa Tengah. Skripsi. Program Studi

Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.

Nybakken, J. W. 1988. *Marine Biology: An Ecological Approach* (Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis). Alih bahasa: M. Eidman, Koesoebiono, Ditrieck G. B, Hutomo M., dan Sukristijono. PT Gramedia. Jakarta.

Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders Company. Philadelphia – London – Toronto.

Palar, H. 2004. *Pencemaran & toksikologi logam berat*. Rineka Cipta. Jakarta.

Raditya, B. D. 2005. Kandungan Logam Berat Cr Pada Air, Sedimen, Ikan Sokang (*Triacanthus niehoffi*) dan Ikan Alu-alu (*Sphyraena barracuda*) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.

Rais, A. 1990. Kandungan Logam Berat Raksa (Hg) dan Kadmium (Cd) Dalam tubuh Kerang Bulu *Anadara indica* (Gmelin) di Perairan Pantai Kamal, Teluk Jakarta. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.

Saeni, M. S. 1989. Kimia Lingkungan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jakarta Ditjen Pendidikan Tinggi PAU Ilmu Hayat. IPB. Bogor.

Sanusi, H.S, S. Syamsu dan S. Sardjirun. 1985. Kandungan dan distribusi logam berat pada berbagai komoditi ikan laut yang disalurkan lewat TPI pasar ikan Jakarta. Fakultas Perikanan. IPB.

Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VII/89 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Dalam Makanan. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan 1993-1994.

Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.

Suwignyo, P. 1978. Kasus Perencanaan Danau Tempe Ditinjau dari Aspek Biologi atau Ekologi Perairannya. BIOTROP – SEAMEO. Bogor.

Wulandari, A. 2006. Keterkaitan Akumulasi Logam Berat (Hg, Cd dan Pb) dalam Sedimen dan Bioakumulasi pada beberapa Kerang Laut (*Anadara granosa*, *Trachycardium* sp. dan *Meritrix meritrix*) di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.

www.fishbase.org (3 Juli 2006).



LAMPIRAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutipkan dan menyebutkan sumber.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
3. Dilarang menggunakan dan menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1. Tabel hasil pengukuran beberapa ikan di perairan Ujungpangkah

No.	Species	Nama Lokal	Jumlah ikan	Ukuran ikan			Berat rata-rata (gr/ekor)	Panjang rata-rata (cm/ekor)
				Berat (gr)	Panjang (cm)	Lebar (cm)		
1	<i>Arius thalassinus</i>	Manyung	1	41.2	15.5	2.7	41.17	15.7
			2	37.7	15.5	2.7		
			3	44.6	16.0	2.8		
2	<i>Johnius sp.</i>	Kakap Hitam	1	60.8	16.0	4.0	91.0	18.0
			2	121	20.0	4.3		
3	<i>Eleutheronema tetradactylum</i>	Kuro	1	10.8	10.5	2.7	12.35	11.1
			2	13.9	11.7	2.8		

Lampiran 2. Perhitungan jumlah ikan yang boleh dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

~ Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia:

$$= \frac{\text{Batas aman}}{\text{Kadar logam dalam biota}}$$

~ Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu):

$$= \frac{\text{Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi}}{\text{berat basah rata - rata}}$$

1. Untuk logam metil-Hg

~ Ikan Manyung (*Arius thalassinus*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{200 \mu\text{g/minggu}}{0,04 \mu\text{g/gr}} = 5.000 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{5.000 \text{ gr/minggu}}{41,17 \text{ gr/ekor}} = 121 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Kakap hitam (*Johnius* sp.)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{200 \mu\text{g/minggu}}{0,03 \mu\text{g/gr}} = 6.666,7 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{6.666,7 \text{ gr/minggu}}{91 \text{ gr/ekor}} = 73 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{200 \mu\text{g/minggu}}{0,03 \mu\text{g/gr}} = 6.666,7 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{6.666,7 \text{ gr/minggu}}{12,35 \text{ gr/ekor}} = 540 \text{ ekor/minggu}$$

2. Untuk logam kadmium (Cd)

a. Batas toleransi 400 $\mu\text{g/minggu}$

~ Ikan Manyung (*Arius thalassinus*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{400 \mu\text{g/minggu}}{24,5 \mu\text{g/gr}} = 16,33 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{16,33 \text{ gr/minggu}}{41,17 \text{ gr/ekor}} = 0,40 \approx 1 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Kakap hitam (*Johnius* sp.)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{400 \mu\text{g/minggu}}{19,7 \mu\text{g/gr}} = 20,30 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{20,30 \text{ gr/minggu}}{91 \text{ gr/ekor}} = 0,22 \approx 1 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{400 \mu\text{g/minggu}}{18,9 \mu\text{g/gr}} = 21,16 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{21,16 \text{ gr/minggu}}{12,35 \text{ gr/ekor}} = 2 \text{ ekor/minggu}$$

b. Batas toleransi 500 $\mu\text{g/minggu}$

~ Ikan Manyung (*Arius thalassinus*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{500 \mu\text{g/minggu}}{24,5 \mu\text{g/gr}} = 20,41 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{20,41 \text{ gr/minggu}}{41,17 \text{ gr/ekor}} = 0,50 \approx 1 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Kakap hitam (*Johnius* sp.)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{500 \mu\text{g/minggu}}{19,7 \mu\text{g/gr}} = 25,38 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{25,38 \text{ gr/minggu}}{91 \text{ gr/ekor}} = 0,28 \approx 1 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{500 \mu\text{g/minggu}}{18,9 \mu\text{g/gr}} = 26,46 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{26,46 \text{ gr/minggu}}{12,35 \text{ gr/ekor}} = 2 \text{ ekor/minggu}$$

3. Untuk logam timbal (Pb)

~ Ikan Manyung (*Arius thalassinus*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{700 \mu\text{g/minggu}}{89 \mu\text{g/gr}} = 7,87 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{7,87 \text{ gr/minggu}}{41,17 \text{ gr/ekor}} = 0,19 \approx 1 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Kakap hitam (*Johnius* sp.)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{700 \mu\text{g/minggu}}{86,6 \mu\text{g/gr}} = 8,08 \text{ gr/minggu}$$

- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{8,08 \text{ gr/minggu}}{91 \text{ gr/ekor}} = 0,09 \approx 1 \text{ ekor/minggu}$$

~ Ikan Mulut tikus/kuro (*Eleutheronema tetradactylum*)

- Berat maksimum ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia

$$= \frac{700 \mu\text{g/minggu}}{87,2 \mu\text{g/gr}} = 8,03 \text{ gr/minggu}$$

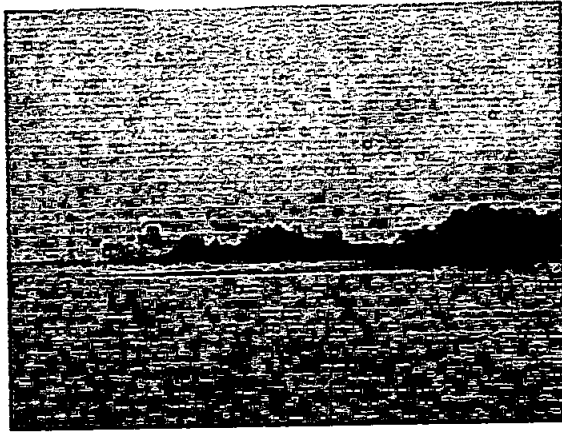
- Jumlah ikan yang dapat dikonsumsi oleh manusia (ekor/minggu)

$$= \frac{8,03 \text{ gr/minggu}}{12,35 \text{ gr/ekor}} = 0,65 \approx 1 \text{ ekor/minggu}$$

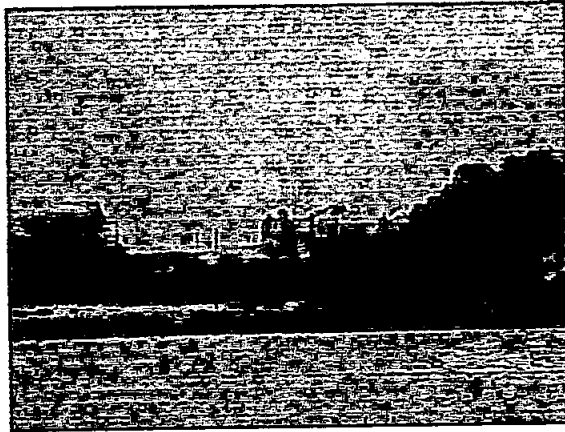
Lampiran 3. Surat Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor: 03725/B/SK/VII/89 Tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Makanan untuk ikan dan hasil olahannya

NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR ALAMIAH
1	Timbal	mg/kg	2.0
2	Merkuri	mg/kg	0.5
3	Kadmium	mg/kg	1.0

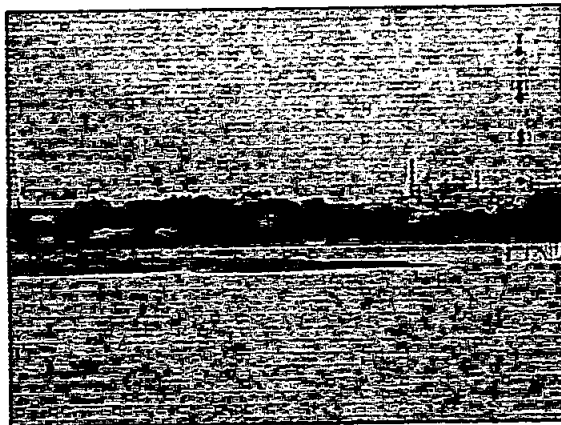
Lampiran 6. Lokasi penelitian
Stasiun Laut - 1



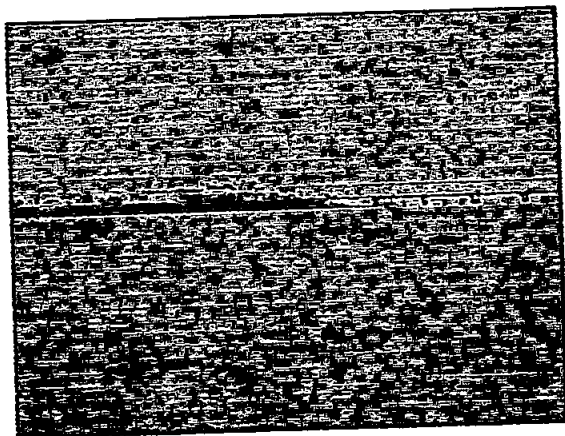
Stasiun Laut - 2



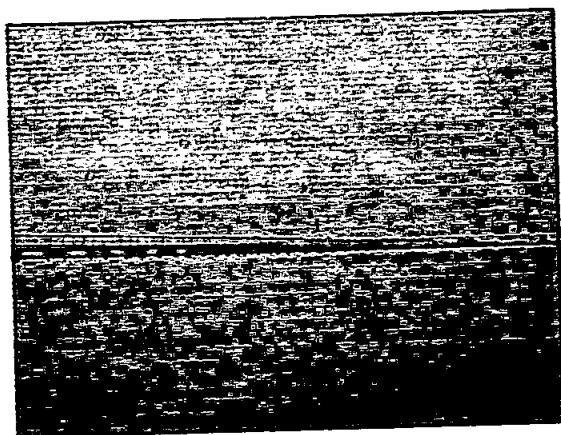
Stasiun Laut - 3



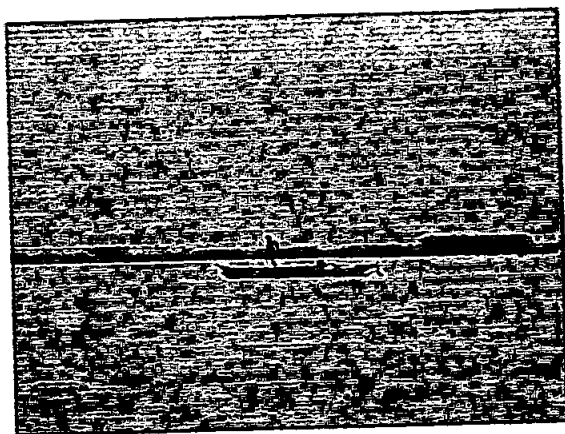
Stasiun Laut - 4



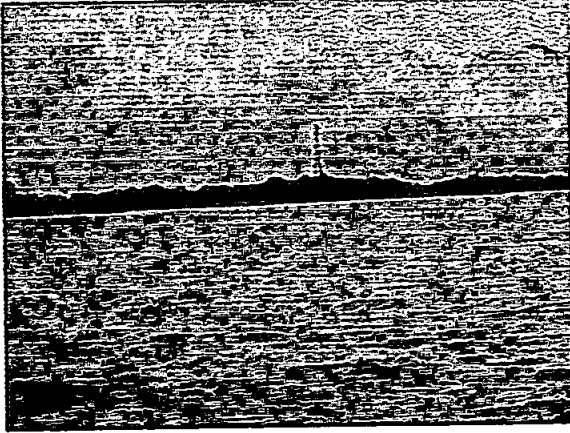
Stasiun Laut - 5



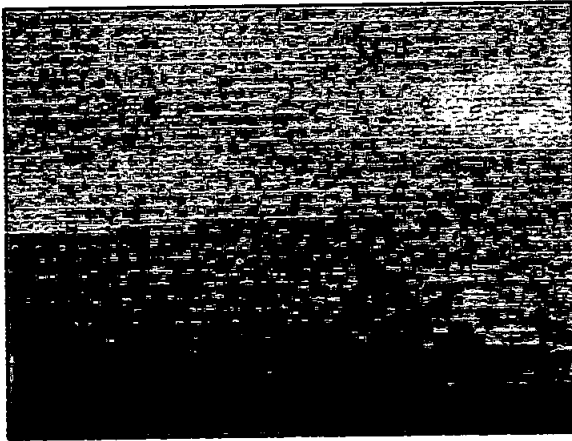
Stasiun Laut - 6



Stasiun Laut - 7



Stasiun Laut - 8



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di kota Bogor pada tanggal 30 Juli 1981, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari pasangan Ibrahim Basalmah dan Elly Kusmiati. Pendidikan penulis diawali pada tahun 1985 - 1987 di TK.Sri Kandi Bogor, kemudian dilanjutkan di SD Sri Kandi Bogor (1988 - 1989), SD Semeru I Bogor (1990 - 1993).

Pada tahun 1994 - 1996 penulis melanjutkan ke SLTP Negeri 6 Bogor dan tahun 1997 - 2000 melanjutkan ke SMU Negeri 5 Bogor. Pada tahun 2000 penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui jalur UMPTN (Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan memilih program studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Untuk menyelesaikan studi di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, penulis melaksanakan penelitian yang berjudul "Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air dan Ikan di Perairan Ujungpangkah, Jawa Timur".