

**KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM DAGING IKAN
DEMERSAL
DI PERAIRAN ESTUARIA KUALA TUNGKAL,
DAERAH TINGKAT I PROPINSI JAMBI**

Oleh :

**YANTI DAMAIYANTI
C 30. 0304**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1999**



JUDUL SKRIPSI : KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM DAGING IKAN DEMERSAL DI PERAIRAN ESTUARIA KUALA TUNGKAL, DAERAH TINGKAT I PROPINSI JAMBI

NAMA MAHASISWA : YANTI DAMAIYANTI

NOMOR POKOK : C 30. 0304

PROGRAM STUDI : ILMU KELAUTAN

Menyetujui :

KOMISI PEMBIMBING

Dr. Ir. Harpasis S. Sanusi, MSc

Ketua

Dr. Ir. Neviaty P. Zamani, MSc

Anggota

Mengetahui :

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN, IPB

Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DEA

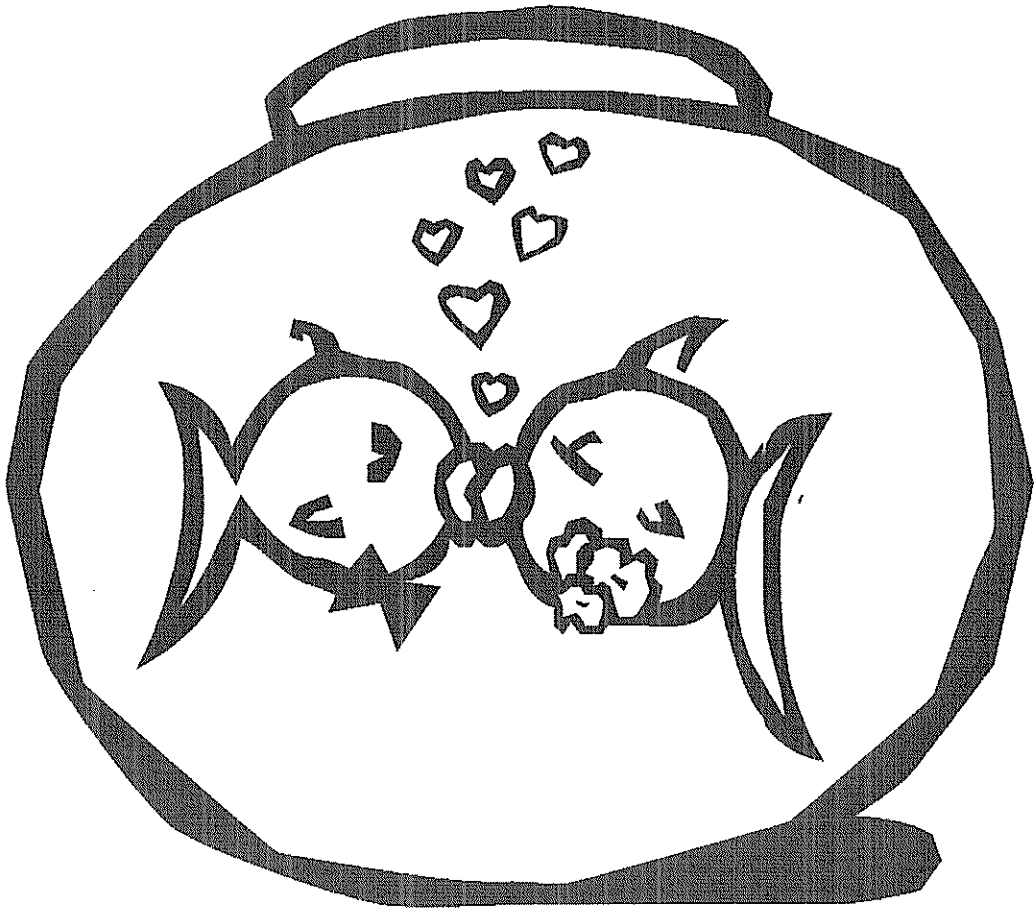
Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Ir. H. Tridoyo Kusumastanto, MS

Pembantu Dekan I

Tanggal Lulus : 29 September 1998



Teruntuk :

Emih dan Abeh
serta Saudara-saudaraku

RINGKASAN

Yanti Damaiyanti. C 30.0304. KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM DAGING IKAN DEMERSAL DI PERAIRAN ESTUARIA KUALA TUNGKAL, DAERAH TINGKAT I PROPINSI JAMBI. Di Bawah Bimbingan Bapak Harpasis S. Sanusi dan Ibu Neviaty P. Zamani.

Kawasan Perairan Estuaria Kuala Tungkal yang terletak di Pantai Timur Pulau Sumatera, merupakan kota transit (persinggahan) yang dipadati oleh berbagai aktivitas manusia. Adanya aktivitas yang sangat tinggi dikhawatirkan akan membawa limbah industri dan rumah tangga melalui sungai ke perairan laut (estuaria).

Penelitian dilaksanakan pada bulan Nopember 1996. Pengamatan beberapa parameter dilakukan secara *in-situ*, yaitu pada 5 titik stasiun untuk pengamatan suhu, salinitas dan pH serta 1 stasiun harian untuk pasang surut dan arus. Analisis contoh logam berat dikerjakan di Laboratorium Kimia Lingkungan, Puslitbang Oseanologi (P3O-LIPI), Jakarta. Pengambilan contoh untuk analisis logam berat dalam tubuh biota laut dilakukan secara acak dan contoh diperoleh dari nelayan yang beroperasi di sekitar lokasi. Logam berat yang dianalisis adalah Pb, Cd, Cu dan Zn. Biota laut yang dianalisis adalah ikan Sembilang (*Plotosus sp.*), Lidah (*Cynoglossus sp.*), Baung Laut (*Arius sp.*) dan Kerang Dara (*Anadara sp.*).

Untuk keperluan analisis logam berat, contoh air laut disimpan dalam jerigen dan diberi HNO₃ pekat, contoh biota laut dibungkus kantong plastik dan dibekukan dalam lemari pendingin. Selanjutnya kedua contoh dianalisis di laboratorium (tahap destruksi dan ekstraksi) dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

Disamping penyajian data secara deskriptif, data yang diperoleh pada bulan Juli (sekunder) dan Nopember (primer), diuji secara statistik dengan menggunakan uji *beda nyata terkecil*.

Dari hasil pengamatan dijumpai pola arus di K. Tungkal pada Musim Timur (Juli) dominan ke arah timur dan barat daya dengan kecepatan maksimum 152 cm/dtk. Pada Musim Peralihan II (Nopember), arah arus dominan ke arah yang sama dengan kecepatan maksimum 118,2 cm/dtk. Hasil pengukuran salinitas menunjukkan pada kisaran normal (9,3-20,2 ‰). Hasil pengamatan suhu pada bulan Juli 30,9-31,8 °C (rerata 31,5 ± 0,4 °C), dan pada bulan Nopember suhu berkisar 29,0-30,6 °C (rerata 30,0 ± 1,2 °C). Fluktuasi suhu yang kecil ini merupakan kondisi alami daerah tropis yang cenderung stabil sepanjang tahun. Nilai pH pada bulan Juli berkisar 6,9-7,6 (rerata 7,2 ± 0,3), sedangkan pada bulan Nopember berkisar 6,9-7,8 (rerata 7,3 ± 0,7). Nilai pH di atas memperlihatkan nilai yang stabil dan menunjukkan buffer pH air laut sangat mempengaruhi pH di lokasi studi.

Kadar Pb dalam air laut pada bulan Juli 0,007-0,011 ppm (rerata 0,009 ± 0,003 ppm), pada bulan Nopember tidak terdeteksi (batas deteksi 0,0002 ppm). Kadar Pb pada bulan Juli masih dalam batas ketentuan Baku

Mutu Air Laut untuk kehidupan biota laut sebesar 0,01 ppm (KEP-02/MENKLH/I/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan).

Kadar Cd dalam air pada bulan Juli 0,002 ppm untuk semua stasiun, dan pada bulan Nopember tidak terdeteksi (batas deteksi 0,0003 ppm). Kadar Cd masih dalam batas aman, di bawah ketentuan Baku Mutu Air Laut (0,01 ppm).

Kadar Cu dalam air pada bulan Juli 0,002 – 0,003 ppm (rerata 0,0026 ± 0,001 ppm) dan Nopember 0,001 – 0,003 ppm (rerata 0,0026 ± 0,001 ppm). Kadar Cu dalam air laut masih tergolong normal, kadarnya masih di bawah Baku Mutu Air Laut (0,06 ppm).

Kadar Zn dalam air pada bulan Juli 0,018-0,025 ppm (rerata 0,021 ± 0,004 ppm) dan pada Nopember 0,011-0,060 ppm (rerata 0,028 ± 0,019 ppm). Kadar Zn masih dalam batas normal dan masih di bawah ketentuan Baku Mutu Air Laut (0,1 ppm).

Kadar Cu dan Pb merupakan logam berat yang paling tinggi terkandung dalam tubuh ikan dan kadar tertinggi dijumpai dalam tubuh ikan Baung Laut (masing-masing pada bulan Juli dan Nopember). Kadar Cu yang terakumulasi berkisar 22,1850 – 50,7500 µg Cu/g BK (rerata 36,4680 ± 14,2820 µg Cu/g BK). Kadar Pb yang terakumulasi berkisar 29,7440 – 36,5000 µg Pb/g BK (rerata 33,1220 ± 3,3780 µg Pb/g BK). Kadar Cu dan Pb yang terakumulasi dalam tubuh ikan Baung Laut masing-masing tercatat sebesar ± 1,2 kali dan 16,6 kali dari batas atas normal (30 ppm Cu dan 2 ppm Pb).

Urutan logam berat tertinggi yang terakumulasi dalam tubuh biota contoh adalah : Cu>Pb>Zn>Cd pada pengamatan bulan Juli dan Pb>Cu>Zn>Cd pada pengamatan bulan Nopember. Jenis biota contoh yang mengakumulasi logam tertinggi ialah pada ikan Baung Laut, disusul ikan Lidah, Sembilang dan Kerang Dara.

Faktor Konsentrasi merupakan parameter yang menggambarkan kemampuan organisme untuk mengakumulasi logam berat. Nilai Faktor Konsentrasi (FK) tertinggi pada bulan Juli ditempati oleh logam berat Cu. Urutan FK pada bulan Juli adalah :Cu>Pb>Zn>Cd, dan pada bulan Nopember hanya dihitung untuk Cu dan Zn dengan urutan Cu>Zn, sementara kadar logam berat lainnya dalam air laut tidak terdeteksi.

Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa tingginya kadar logam berat yang terkandung dalam tubuh organisme bergantung dari kadar logam berat tersebut dalam badan air dan kemampuan organisme tersebut dalam mengakumulasinya. Bila kadar logam berat telah melebihi ketentuan baku mutu, maka perairan tersebut sudah tidak aman lagi bagi kehidupan organisme. Sedangkan bila kadar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme telah melewati batas normal, maka pada jangka waktu yang relatif singkat akan membahayakan hidup organisme tersebut dan manusia yang mengkonsumsinya.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tangerang, Jawa Barat pada tanggal 24 Mei 1973 dengan nama lengkap **Yanti Damaiyanti**, sebagai anak ke-empat dari 6 bersaudara dari orang tua bernama **Rasjid** dan **Ojah Rokajah**.

Penulis menempuh pendidikan formal pada tahun 1980 di SDN Pasar Anyar II Tangerang dan lulus pada tahun 1986. Selanjutnya Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Tangerang hingga tahun 1989. Penulis melanjutkan sekolah di SMAN 1 Tangerang dengan mengambil jurusan Ilmu-ilmu Fisika (A1) dan lulus tahun 1992. Pada tahun 1993 Penulis diterima di IPB melalui jalur UMPTN, dan pada tahun kedua Penulis masuk Fakultas Perikanan, Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan.

Selama kuliah Penulis aktif dalam kegiatan-kegiatan di lingkungan kampus yang bersifat *insidentil*, seperti panitia Masa Perkenalan Fakultas dan Jurusan. Penulis juga menjadi asisten luar biasa untuk mata ajaran Avertebrata Air pada periode 1995-1996, Oseanografi Kimia pada periode 1996-1997 serta Oseanografi Umum pada periode 1996-1997 dan 1997-1998.



KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan limpahan kasih sayang-Nya laporan ini dapat diselesaikan. Terima kasih Penulis haturkan kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan kasih sayang, dorongan semangat serta doanya untuk keberhasilan Penulis.

Laporan penelitian ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan dan Ilmu Kelautan pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Skripsi ini mencakup pengamatan aspek fisika dan kimia kualitas perairan estuaria termasuk kandungan logam berat dalam air dan tubuh ikan demersal, yaitu ikan Sembilang (*Plotosus sp.*), Lidah (*Cynoglossus sp.*) dan Baung Laut (*Arius sp.*) serta Kerang Dara (*Anadara sp.*). Adapun bahasan permasalahannya berkaitan dengan kesehatan dan kelayakan konsumsi bahan pangan laut segar oleh manusia serta kelestarian ekosistem wilayah pesisir.

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Dr. Ir. Harpasis Selamat Sanusi, MSc** dan **Ibu Dr. Ir. Neviaty Putri Zamani, MSc** selaku pembimbing yang telah memberi bimbingan dan masukan kepada Penulis dalam melakukan penelitian dan penyusunan skripsi.
2. **Bapak Prof. Dr. Muhammad Eidman, MSc** dan **Bapak Dr. Ir. Tri Prartono, MSc** selaku dosen penguji yang telah banyak memberi masukan, kritik dan saran kepada Penulis dalam penyempurnaan skripsi.

3. **Bapak Drs. Horas P. Hutagalung** serta staf peneliti P3O-LIPI yang telah memberi kesempatan kepada Penulis untuk melakukan penelitian bersama dan penyediaan fasilitas selama penelitian.
4. Bang Rozak, Pak Arie, Pak Poer dan Ibu Endang (staf peneliti dan teknisi Lab. Pencemaran Lingkungan Laut, P3O-LIPI) dan Pak Toni Yusman (FTDC-IPB) atas bantuan dan kebersamaannya.
5. Saudara-saudaraku tercinta: A' Encep, Teh Ade, A' Yayan, Asep dan Aan, keponakan-keponakanku tersayang: Galih, Nisa dan Aulia.
6. Sahabat dalam suka dan duka: Winda, Risti, Nanik, Upiek dan Nana.
7. Teman senasib, sepejuangan dan berbagi 'curhat': Ridha, Alfi, Enny, Indah dan Fatma serta warga "Wisma Nabila" yang lucu-lucu.
8. Rekan-rekan seangkatan di ITK; Santi, Enok, Wulan, Henaldi dan Halim serta teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas kekompakan dan kebersamaan kalian selama ini.

Semoga Laporan Skripsi ini memberikan masukan yang bermanfaat, khususnya dalam aspek pengelolaan lingkungan di perairan lokasi studi dan sekitarnya.

Bogor, Januari 1999

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	iii
RIWAYAT HIDUP	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.3 Keadaan Umum Lokasi Penelitian	3
1.3.1 Keadaan Umum	3
1.3.2 Keadaan Fisik Perairan Saat Pengamatan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Logam Berat	5
2.2 Pencemaran Laut oleh Logam Berat	8
2.3 Logam Berat dalam Tubuh Ikan	10
2.3.1 Pb	10
2.3.2 Cd	10
2.3.3 Cu	11
2.3.4 Zn	11
2.4 Karakteristik Fisika dan Kimia Perairan Estuaria	12
2.4.1 Salinitas	13
2.4.2 Suhu	13
2.4.3 Derajat Keasaman	14
2.4.4 Padatan Tersuspensi Total (TSS)	14
3. METODOLOGI	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Pengumpulan Data dan Penentuan Titik Contoh	15
3.3 Perlakuan Contoh Pra Analisis	18
3.4 Analisis Data	19
3.4.1 Analisis Data Parameter Fisika dan Kimia Perairan	19
3.4.2 Analisis Data Kandungan Logam Berat dalam Ikan dan Air	22
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Kandungan Logam Berat dalam Air dan Biota Contoh	24

4.1.1 Logam Berat dalam Air 24
 4.1.1.1 Pb 24
 4.1.1.2 Cd 25
 4.1.1.3 Cu 25
 4.1.1.4 Zn 26
 4.1.2 Logam Berat dalam Biota Laut..... 28
 4.1.2.1 Pb 28
 4.1.2.2 Cd 32
 4.1.2.3 Cu 33
 4.1.2.4 Zn 34
 4.2 Kondisi Fisika dan Kimia Perairan 37
 4.2.1 Salinitas 37
 4.2.2 Suhu..... 39
 4.2.3 Derajat Keasaman (pH) 40
 4.2.4 Padatan Tersuspensi Total (TSS)..... 40
 5. KESIMPULAN DAN SARAN 42
 5.1 Kesimpulan..... 42
 5.2 Saran..... 44
 DAFTAR PUSTAKA..... 45
 LAMPIRAN..... 48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Teks	Halaman
1.	Prosedur Pengoperasian AAS	49
2.	Prosedur Analisis Logam Berat dalam Contoh Air Laut	51
3.	Prosedur Analisis Logam Berat dalam Daging Ikan dan Jaringan Lunak Kerang (Berat Kering)	52
4.	Uji Beda Nyata (<i>t-test</i>) Terhadap Kadar Logam Berat dalam Daging Ikan dan Jaringan Lunak Kerang	53

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University dan merupakan sumber informasi yang akurat dan terpercaya. Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website IPB University di www.ipb.ac.id.
 IPB University
 Institut Pertanian Bogor
 Jl. Raya Pajadene, Bogor 16151
 Telp: (0251) 8314111
 Fax: (0251) 8314112
 Email: info@ipb.ac.id
 Website: www.ipb.ac.id

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah pesisir mempunyai berbagai fungsi antara lain sebagai zona penyangga (*buffer zone*) bagi hewan yang bermigrasi (ikan, udang dan burung) untuk mencari makan, berpijah dan membesarkan anaknya. Selain itu wilayah pesisir juga bermanfaat bagi manusia sebagai sumber pangan, tambang mineral dan pariwisata.

Estuaria merupakan bagian dari wilayah pesisir, berupa perairan yang dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai-sungai yang bermuara. Sungai-sungai ini membawa muatan berupa materi hasil kegiatan daratan baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia. Kegiatan dan aktivitas manusia di darat tersebut sangat mempengaruhi kualitas perairan estuaria. Karena perairan estuaria merupakan akhir dari suatu aliran sungai yang membawa materi termasuk limbah, maka perairan estuaria seringkali dijadikan tempat penampung dan media transpor berbagai limbah yang dihasilkan. Selanjutnya pengaruh hidrologi menyebabkan limbah-limbah tersebut akan tersebar dan mempengaruhi kondisi fisika dan kimia perairan.

Padatnya kegiatan manusia di daerah pesisir dan daratan adalah sebagai penyebab potensial terhadap penurunan kualitas perairan estuaria. Semakin banyak penduduk dan kegiatan industri, akan semakin menambah beban perairan untuk dapat pulih normal kembali. Hampir dua dekade terakhir ini terdapat pandangan yang makin menguat bahwa lingkungan pantai (termasuk estuaria) Indonesia mengalami kerusakan sebagai akibat kegiatan transportasi, industri dan pemukiman.

Salah satu perairan di Indonesia yang dipadati oleh aktivitas masyarakat pesisir adalah Perairan Estuaria Kuala Tungkal. Perairan ini terletak di Pantai Timur Pulau Sumatera. Daerah ini merupakan kota transit (persinggahan), sehingga ramai oleh lalu-lintas perahu nelayan dan kapal sebagai alat transportasi dan terbentuknya pasar tradisional yang cukup

besar. Di salah satu sisi pantai, pada lokasi yang sama, ditumbuhi hutan mangrove dan perkebunan kelapa sawit. Kesibukan kota ini diiringi dengan bertambahnya jumlah penduduk serta industri kecil. Masyarakat Kuala Tungkal hidup dari perdagangan dan industri serta pertanian dan perikanan.

Perubahan kondisi fisika dan kimia perairan estuaria yang menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan ekologis adalah merupakan suatu bentuk pencemaran. Kondisi fisika kimia perairan sangat menentukan kelayakan hidup biota air. Untuk mengetahui adanya pencemaran tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dan evaluasi terhadap kualitas perairan baik terhadap parameter fisika dan kimia maupun biologi. Salah satu penyebab menurunnya kualitas perairan adalah kandungan logam berat berlebihan yang masuk ke dalamnya, misalnya Pb, Cd, Cu dan Zn yang berasal dari buangan limbah darat. Walaupun ada jenis logam berat yang dibutuhkan oleh organisme laut untuk metabolisme tubuhnya, tetapi dalam jumlah yang berlebihan akan membahayakan hidup organisme tersebut.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian bertujuan :

1. Mengetahui seberapa besar kandungan logam berat dalam daging ikan dan korelasinya dengan kandungan logam berat di lingkungannya.
2. Mengetahui karakteristik fisika dan kimia perairan di Estuaria Kuala Tungkal.

Manfaat penelitian adalah :

1. Memberi informasi dasar mengenai kandungan logam berat yang terakumulasi dalam daging ikan. Hal mana penting dalam kaitannya dengan pengelolaan perairan pesisir yang berwawasan lingkungan.
2. Memberi gambaran tentang kondisi dan karakteristik fisika kimia perairan di Estuaria Kuala Tungkal.

1.3 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

1.3.1 Keadaan Umum

Daerah Tingkat I Propinsi Jambi terletak antara 00°45'LS - 2°46'LS dan 101°08'BT - 104°13'BT dengan batasan administrasui :

Sebelah Utara : Prop. Riau dan Laut Natuna

Sebelah Timur : Prop. Sumatera Barat

Sebelah Selatan : Prop. Bengkulu dan Sumatera Selatan

Sebelah Barat : Laut Natuna

Daerah sekitar kedua tepi muara ini banyak ditumbuhi jenis mangrove dan perkebunan kelapa sawit. Sementara itu muara dan dimanfaatkan untuk transportasi air untuk kegiatan niaga maupun perikanan, terutama di muara Sungai Tungkal, yang merupakan tempat persinggahan (transit) dan pusat perdagangan.

Buangan limbah industri yang berlokasi di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Kab. Tanjung Jabung (kota Tungkal) akan dipengaruhi pengenceran oleh penyebaran DAS dari sungai lain di dalam Propinsi Jambi. Industri yang berada dalam DAS dan membuang limbahnya ke sungai terdekat, akan mempengaruhi kondisi kualitas perairan muara. Beberapa perusahaan yang berada di Kabupaten Tanjung Jabung, menurut data Biro Bina Lingkungan Hidup Pemerintah DATI I Propinsi Jambi - BAPEDAL Jakarta, tahun 1995 adalah sebagai berikut : PT. Wira Karya Sakti dengan jenis usaha pulp, PT. Mugitriman di bidang usaha kayu lapis, PT. Sumatera Utama Damai (STUD) dengan jenis usaha kayu lapis, PT. Sabak Indah berniaga kayu lapis dan PT. Putera Sumber Utama Timber (PSUT) di bidang kayu lapis.

Selain perkembangan perkebunan kelapa sawit, pabrik kertas/pulp di daerah Jambi juga berkembang dengan sangat pesat. Pabrik kertas/pulp biasanya memakai zat kimia sebagai pengawet, bahan tambahan (*additive*) atau sebagai katalis. Salah satu zat kimia yang digunakan adalah senyawa logam berat. Diketahui bahwa senyawa logam berat bersifat akumulatif dan

2. TINJAUAN PUSTAKA

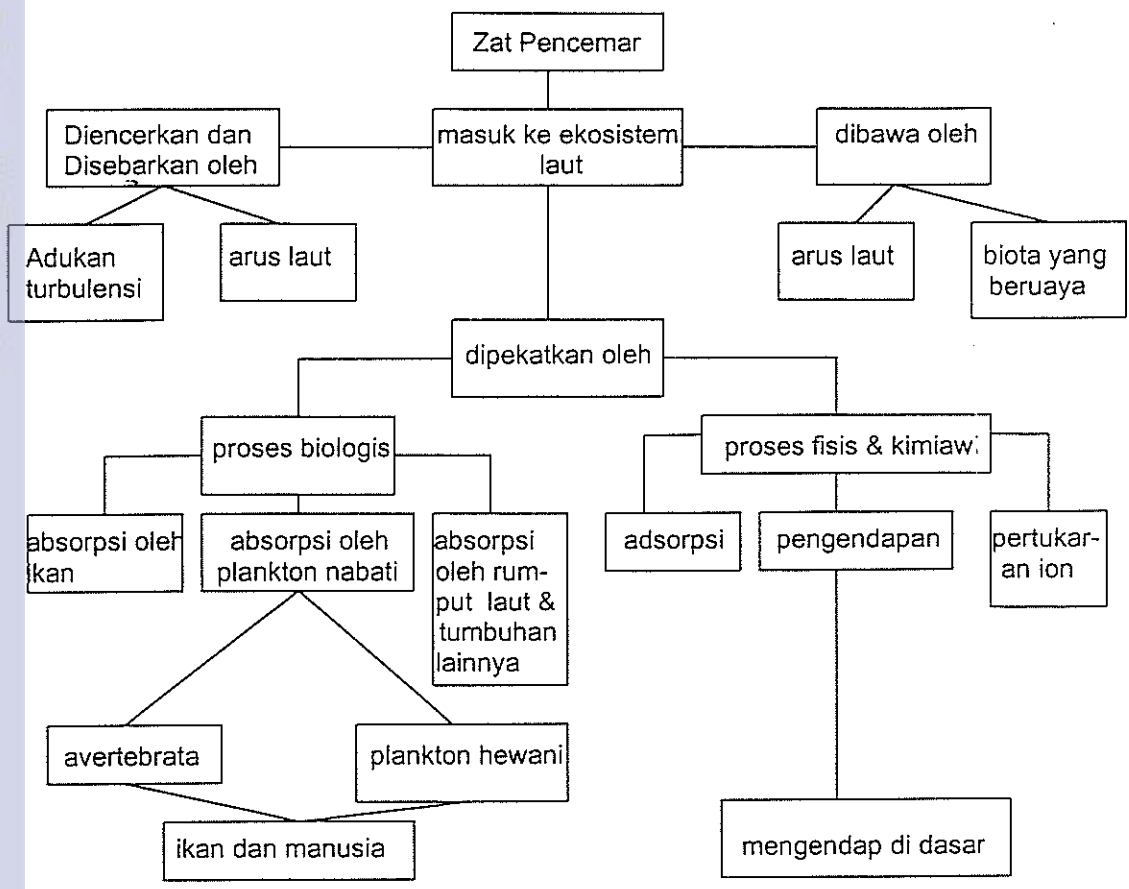
2.1 Karakteristik Logam Berat

Logam adalah unsur kimia yang memiliki daya hantar listrik dan panas yang tinggi. Berdasar densitasnya, golongan logam dibagi menjadi logam ringan (*light metals*) yang memiliki densitas $< 5 \text{ gr/cm}^3$ sedangkan logam berat (*heavy metals*) memiliki densitas $\geq 5 \text{ gr/cm}^3$ (Glinka dalam Hutagalung, 1991).

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.

Beberapa unsur logam berat pada umumnya dibutuhkan oleh organisme laut dalam berbagai proses metabolisme untuk pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tubuhnya. Sebagai contoh kobal (Co) dibutuhkan untuk pembentukan vitamin B₁₂, besi (Fe) dibutuhkan untuk pembuatan hemoglobin, sedangkan seng (Zn) berfungsi mengaktifkan enzim hidrogenase. Bahkan kadar logam berat yang terlalu rendah dalam suatu perairan dapat menyebabkan berbagai organisme yang hidup di dalamnya menderita defisiensi (Bryan, 1976). Namun unsur logam berat dalam jumlah berlebihan akan bersifat racun (Phillips, 1980 dalam Hutagalung, 1991).

Bila polutan logam berat masuk ke dalam lingkungan laut, maka bahan cemaran ini akan mengalami tiga macam proses akumulasi, yaitu proses fisika, kimia dan biologis (**Gambar 1.**). Akumulasi melalui proses biologis inilah yang disebut bioakumulasi. Bioakumulasi dapat terjadi pada makroorganisme melalui tahapan pemangsaan dari organisme terkecil sampai pada tingkat konsumen terbesar (terakhir) yang lebih dikenal dengan istilah *trophic level* (**Gambar 2.**).



Gambar 1. Proses yang Dialami Bahan Cemar di Lingkungan Laut

Sumber : Mandelli (1976) dalam Hutagalung (1991).



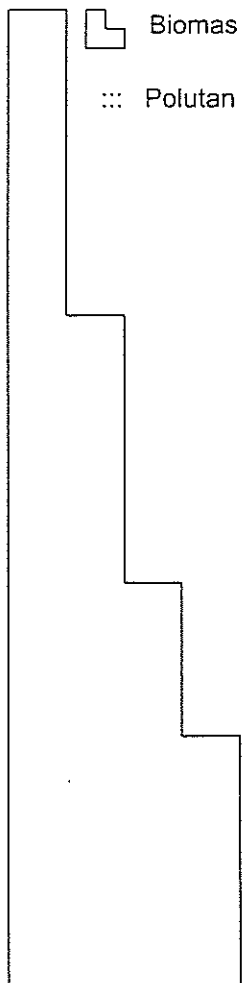
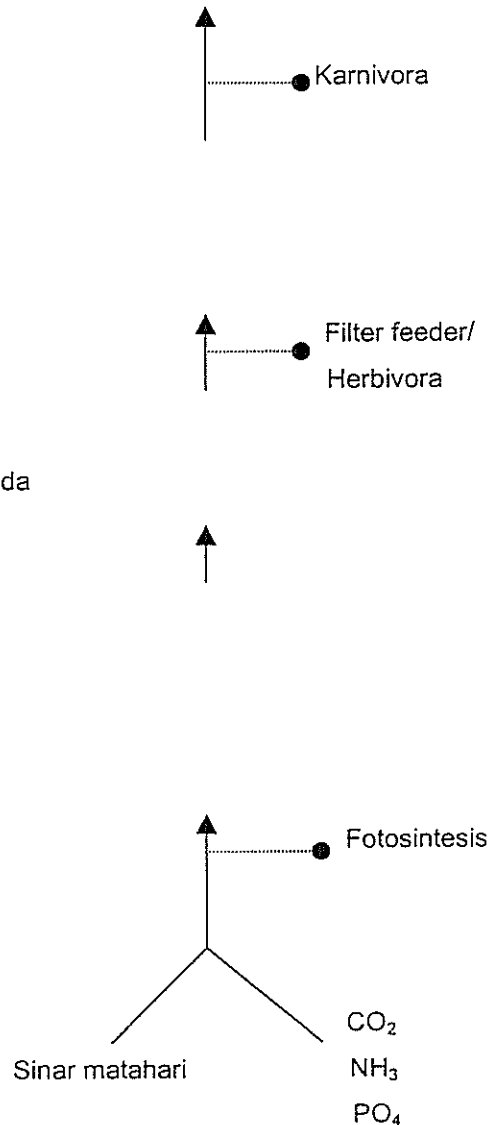
Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh Institut Pertanian Bogor (IPB) dan merupakan hak cipta dari IPB. Semua hak cipta dilindungi undang-undang. Tidak diperbolehkan untuk menyalin, mendistribusikan, atau melakukan tindakan lain yang melanggar hukum tanpa izin tertulis dari IPB. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian pustakawan IPB.

Plotosus sp.
Cynoglossus sp.
Arius sp.

Anadara sp.

Copepoda

Alga



Gambar 2. Rantai Makanan dan Akumulasi Zat Pencemar

Sumber : Mandelli (1976) dalam Hutagalung (1991).

2.2 Pencemaran Laut oleh Logam Berat

Hutagalung (1991) 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-kerangan yang ternyata telah tercemar oleh raksa (Hg). Setelah itu menyusul kasus pencemaran kadmium (Cd) yang juga terjadi di Jepang. Kasus ini telah menyebabkan suatu jenis penyakit yang terkenal dengan nama Itai-itai. Beberapa tahun kemudian terjadi pula pencemaran raksa di beberapa negara, di Irak pada tahun 1971 dan negara-negara di Amerika serta Eropa lainnya. Hutagalung (1991) juga melaporkan sekitar tahun 1980, di Perairan Teluk Jakarta pun sempat diisukan telah terjadi pencemaran logam berat.

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 dan sisa lainnya dari kapal, kegiatan anjungan minyak di laut. Sumber pencemaran juga dapat berasal dari darat berupa limbah industri, rumah tangga maupun limbah pertambangan dan PLTU (Romimohtarto, 1991). Sumber pencemaran di perairan estuaria dapat berasal dari kegiatan industri di sekitar estuaria maupun kegiatan-kegiatan yang terdapat di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS). Sebagai contoh, pencemaran yang terjadi di muara Sungai Siak yang merupakan salah satu perairan estuaria di Pantai Timur Pulau Sumatera. Hasil pemantauan pencemaran laut di muara Sungai Siak (1995-1996) menunjukkan bahwa kadar minyak di muara Siak tergolong tinggi dan sudah mempengaruhi pertumbuhan mangrove di sekitar Selat Lalang (Anonymous, 1996).

Beberapa jenis kegiatan dan macam pencemaran yang dihasilkan, disajikan dalam **Tabel 1** dan **2**.



Tabel 1. Jenis Kegiatan dan Pencemaran yang Dihasilkan

Kegiatan	Macam Pencemaran/Masalah Lingkungan yang Timbul
Urbanisasi	Air limbah, buangan industri, sedimen, buangan organik dan biologis, pengerukan, pelabuhan, penimbunan tanah, pemindahan tanah dan reklamasi
Pertanian	Pestisida, pupuk dan endapan
Ekstraksi minyak, penyulingan dan transportasi	Minyak dan dispersan
Pertambangan	Metal dan metaloid (timah, tembaga, nikel, arsenik), endapan, kerusakan ekosistem karang dari endapan atau eksploitasi batu karang
Metalurgi	Metal khususnya tembaga, seng, nikel dan kadmium
Selulose	Senyawa khlor organik dari proses pemutihan khlorin, Hg dari reduksi kaustik soda api dan khlorin
Tekstil	Zat pewarna yang mengandung metal khususnya Pb dan Cd, pestisida
Plastik	Hasil sampingan dari pelindung khlorida, monomer, kadmium, sampah plastik
Penerangan listrik	Air panas, buangan radioaktif
Desalinasi	Air panas, garam

Sumber : Soegiarto, 1976

Tabel 2. Pemakaian Unsur Logam Berat dalam Berbagai Industri

Unsur	Jenis Pemakaian
Ag	Fotografi, konduktor listrik, perhiasan, mata uang logam, <i>elektroplating</i> (penyepuhan), baterai, pateri
Al	Alat-alat bangunan, transportasi, alat-alat listrik, obat-obatan, mesin, pembungkus, gelas
As	Pestisida (sebagai Pb atau Ca-arsenat, Na-arsenat), email listrik, campuran logam
Cd	<i>Elektroplating</i> , pigmen (bahan cat warna), penahan panas dalam alat-alat listrik, campuran logam
Co	Campuran logam, <i>refractory bricks</i> (batu bangunan), <i>elektroplating</i> , cat pengawet kayu, tanning (penyamakan)
Mn	Campuran logam, baterai kering, industri kimia, gelas, pewarna keramik
Ni	Campuran logam, <i>elektroplating</i> , katalisator
Pb	Baterai, bahan bakar mobil, pigmen, bahan peledak, pembungkus kabel, pateri, <i>bearing metal</i> (tiang pondasi)
Zn	Lapisan campuran logam, galvanisir, cat, baterai karet
Cu	Alat-alat listrik, campuran logam, katalisator, algisida, pengawet kayu, <i>anti fouling paint</i> (cat anti kotor)
Fe	Industri besi dan baja
Hg	Produksi alkali-khlor, alat-alat listrik, obat-obatan, anti mildew paint (cat anti jamur), biosida (fungisida, pestisida, herbisida), kertas

Sumber : Supriana (1978) dalam Hutagalung (1991).

2.3 Logam Berat dalam Tubuh Ikan

2.3.1 Pb

Timbal (Pb) secara alamiah tersebar luas di batu-batuan dan lapisan kerak bumi. Di laut, logam Pb terdapat dalam bentuk Pb^{2+} , $PbOH^+$, $PbHCO_3$, $PbSO_4$ dan $PbCO^+$ (Perkins, 1977 *dalam* Rohilan, 1992). Logam Pb juga bersumber dari limbah industri baterai, campuran bensin untuk oktan tinggi, cat *plumbing* (pipa ledeng), pabrik aki mobil, pengerjaan logam, baja & pipa baja, campuran logam, percetakan dan gas kendaraan (Clark, 1986 *dalam* Syahminan, 1996).

Habitat sedimen diketahui merupakan tempat kehidupan biota dasar (moluska), namun tidak terlalu berarti bagi ikan dikarenakan ikan lebih banyak mengakumulasi logam berat yang terlarut atau tersuspensi di air. Dalam kasus pencemaran dan kualitas perairan akan logam berat, maka biota dasar (makrozoobenthos) umumnya dijadikan sebagai indikator karena sifatnya yang relatif tidak bergerak atau menetap.

Walaupun Pb lebih dikenal sebagai racun/polutan bagi manusia, Pb memiliki sedikit kegunaan bagi kehidupan akuatik. 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 (Hutagalung dan Razak, 1981). Pada kadar tertentu, Pb berpengaruh subletal pada ikan, termasuk penghitaman pada ekor ikan salmon (Lloyd, 1992).

2.3.2 Cd

Di alam kadmium (Cd) dijumpai sebagai mineral sulfida bersama-sama dengan seng dan timbal. Di dalam perairan, Cd dijumpai hampir 90% dalam bentuk terlarut (Hart dan Davis, 1981 *dalam* Syahminan, 1996) hanya sebagian yang teradsorpsi oleh padatan tersuspensi atau partikel. Logam ini mudah membentuk senyawa kompleks dengan ion halida (Cl^- , Br^- dan I^-) (Cotton and Wilkinson, 1966 *dalam* Syahminan, 1996).

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

2.3.3 Cu

Seperti umumnya logam berat, tembaga (Cu) masuk ke lingkungan laut melalui erosi batuan mineral dan kegiatan manusia serta sampah kota. Konsentrasi Cu sebesar 2 mg/l dapat membunuh ikan dan pada konsentrasi 0.05 mg/l telah membahayakan lingkungan laut (Connel dan Miller, 1995). Dikatakan selanjutnya, penurunan jumlah spesies biota laut umumnya disebabkan oleh akumulasi Cu dalam substrat sedimen.

Tembaga merupakan elemen esensial bagi metabolisme biota air, seperti pemakanan yang efektif oleh alga dan moluska. Maka dari itu, tidaklah mengherankan jika daya racun Cu lebih potensial dibanding Zn (Lloyd, 1992).

2.3.4 Zn

Banyak aktifitas manusia yang meningkatkan konsentrasi seng (Zn) dalam alam, seperti industri bijih besi dan logam serta industri lain. Bahkan secara biologis Zn berasal dari ekskresi manusia dan binatang (Hutagalung, 1990 *dalam* Syahminan, 1996). Senyawa Zn memiliki kemampuan melarut relatif tinggi, maka logam ini tersebar luas di perairan (Lloyd, 1992).

Seng berfungsi sebagai mikronutrien bagi ikan untuk menghasilkan enzim dalam tubuh, tetapi pada konsentrasi tertentu dapat bersifat racun. Pada saat senyawa seng masuk ke dalam tubuh melalui insang melebihi kebutuhan, kelebihannya akan dibuang melalui ekskresi yang dikenal dengan purifikasi (Lloyd, 1992). Apabila kadar Zn yang terakumulasi adalah tinggi, mekanisme purifikasi yang dimiliki ikan tidak cukup mengatasi akumulasi senyawa Zn yang masuk melalui insang dan keadaan tersebut dapat

menimbulkan efek racun Zn (Lloyd,1992). Efek langsung bekerjanya racun Zn terhadap ikan adalah dikeluarkannya lapisan lendir pada permukaan insang, yang menyebabkan ikan sesak napas dan mati lemas (Lloyd, 1992).

Kadar normal unsur logam berat bagi kehidupan di lingkungan laut disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 3. Kadar Logam Berat dan Faktor Konsentrasinya dalam Lingkungan Laut

Logam Berat	Kadar (ppm)		Faktor Konsentrasi		Media Transport (C)
	Normal (A)	Maks (B)	Makro-invertebrata	Ikan	
Pb	0,00003	0,05	7.000-100.000	6.000-10.000	Sungai, udara
Cd	0,00011	0,01	82.000-182.000	180 - 730	Dumping, sungai, udara
Cu	0,002	0,05	24.000 - 35.000	50 - 250	Udara, sungai
Zn	0,002	0,1	148.000	1.600 - 2.100	Sungai

Keterangan : A, sumber: Waldichuk, 1974

B, sumber: EPA, 1973

C, sumber: Phillips, 1980

} dalam Hutagalung, 1991

Tabel 4. Baku Mutu Logam Berat dan Konsumsi Maksimum Manusia (Dewasa)

Logam Berat	Baku Mutu Air Laut (ppm, (a))		Konsumsi Manusia (ppm)
	Diperbolehkan	Diinginkan	
Pb	0,01	0,00002	2 (b)
Cd	0,01	0,00002	2 (b)
Cu	0,06	0,00100	30 (c)
Zn	0,10	0,00200	40 (c)

Keterangan : a, sumber : KEP-02/MENKLH/I/1988

b, sumber : Australian Health and Medical Research Council
(in Plasket & Potter, 1979)

c, sumber : Tasmanian Food and Drug Regulation
(in Eustace, 1974)

} dalam Hutagalung dan Syamsu, 1987

2.4 Karakteristik Fisika dan Kimia Perairan Estuaria

Perairan estuaria adalah daerah tempat terjadinya pertemuan antara air laut dan air tawar, misalnya muara sungai (Odum, 1971; Nybakken, 1992), dan di 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).

2.4.1 Salinitas

Akibat pengaruh proses hidrologi, menyebabkan terjadinya variasi salinitas. Variasi salinitas di perairan estuaria menurut Gosner (1971), diklasifikasikan menjadi :

1. Oligohaline ; suatu daerah yang memiliki kisaran salinitas antara 0,5-3,0 ‰.
2. Mesohaline ; suatu daerah yang memiliki kisaran salinitas antara 3,0-16,5 ‰.
3. Polyhaline ; suatu daerah yang memiliki kisaran salinitas antara 16,5-30,0 ‰.

Nilai salinitas di bawah 0,5 ‰ sudah merupakan perairan tawar, sedangkan salinitas di atas 30,0 ‰ merupakan perairan laut. Menurut Nybakken (1992) kisaran normal suatu perairan estuaria adalah 0,0–30,0 ‰. Salinitas di estuaria tidak stabil, tetapi masih dalam kisaran di atas, dikarenakan terjadinya penguapan terus-menerus dan masukan air tawar yang juga tidak stabil besarnya.

2.4.2 Suhu

Suhu merupakan faktor penting dalam pengaturan proses kehidupan dan penyebaran organisme (Nybakken, 1992). 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). Suhu bersama 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 Connel dan Miller, 1995). Suhu musiman di

daerah tropis cenderung stabil, dengan demikian ekosistem tropis beradaptasi pada toleransi suhu yang sempit.

2.4.3 Derajat Keasaman (pH)

Variasi nilai derajat keasaman (pH) pada perairan terbuka relatif stabil pada kisaran 7.5-8.4. Nilai pH di estuaria 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). Dan kisaran pH di perairan estuaria tropis umumnya 6-9.

Nilai pH dipengaruhi oleh suhu, proses metabolisme, ion-ion dalam air dan kandungan oksigen terlarut (Pescod, 1973). Nilai pH juga mempengaruhi reaksi kimia, sehingga sifat kimia senyawa tersebut berubah. Biasanya perubahan nilai pH tertentu pada suatu senyawa dapat menjadi bersifat toksik (racun) bagi biota.

2.4.4 Padatan Tersuspensi Total (TSS)

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).

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 (Setiapermana *et al.*, 1980).



3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Nopember 1996. Lokasi penelitian berada di Perairan Estuaria Pantai Timur Pulau Sumatera, tepatnya di Kuala Tungkal, Kabupaten Tanjung Jabung, DATI I Propinsi Jambi (**Gambar 3.**). Analisis contoh selanjutnya dikerjakan di Laboratorium Kimia Lingkungan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O-LIPI), Jakarta.

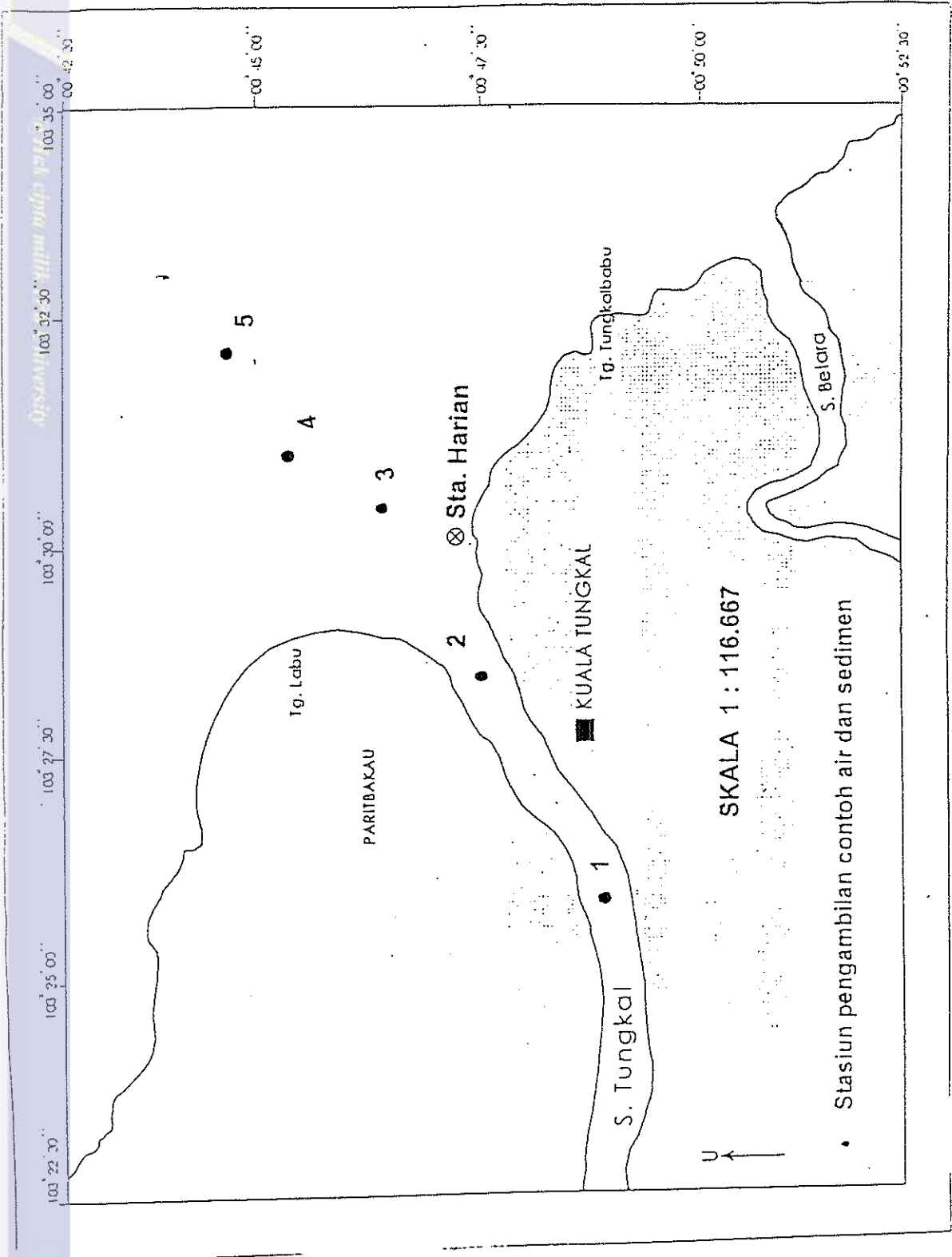
3.2 Pengumpulan Data dan Penentuan Titik Contoh

Data diperoleh dari hasil pengukuran pada bulan Juli (sekunder) dan Nopember (primer) 1996. Parameter yang diukur adalah parameter fisika dan kimia. Parameter fisika berupa suhu dan padatan tersuspensi total (TSS), sedangkan parameter kimia meliputi salinitas, pH serta kandungan logam berat dalam tubuh biota laut (Berat Kering) dan air laut. Parameter arah dan kecepatan arus serta pasang surut diukur pada stasiun harian menetap yang letaknya tidak jauh dari kelima titik contoh selama 24 jam.

Penelitian dilaksanakan di Perairan Estuaria K. Tungkal, Kecamatan Tungkal-Kabupaten Tanjung Jabung, dengan 5 stasiun pengamatan dan satu stasiun harian untuk pengamatan pasang surut (**Gambar 4**). Posisi geografi stasiun tersebut adalah sebagai berikut :

- Sta. 1 : 00°49'35" LS – 103°25'13" BT
- Sta. 2 : 00°48'05" LS – 103°28'37" BT
- Sta. 3 : 00°47'15" LS – 103°29'07" BT
- Sta. 4 : 00°46'08" LS – 103°30'09" BT
- Sta. 5 : 00°46'20" LS – 103°31'47" BT
- Sta. Harian : 00°47'42" LS – 103°29'47" BT





Gambar 4. Lokasi Pengambilan Contoh

Sesuai dengan tujuan penelitian yang lebih menekankan untuk melihat kandungan logam berat dalam daging ikan Sembilang (*Plotosus sp.*), Lidah (*Cynoglossus sp.*) dan Baung Laut (*Arius sp.*) sedangkan untuk kerang hanya diambil 1 jenis Kerang Dara (*Anadara sp.*) sebagai pembanding. Biota contoh diambil secara acak dari nelayan yang beroperasi di sekitar lokasi penelitian. Contoh jaringan atau daging dari organisme yang diambil dianalisis kandungan logam beratnya. Kerang dijadikan pembanding dikarenakan jenis moluska ini hidup relatif menetap di dasar, dimana hewan ini terpapar oleh polutan selama ia hidup.

Metode pengukuran beberapa parameter yang diamati, secara singkat dijelaskan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Metode Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Air

No.	Parameter	Satuan (unit)	Alat/Metode
1.	FISIKA - Suhu - TSS	$^{\circ}\text{C}$ mg/l	SCT-meter Gravimetri
2.	KIMIA - Salinitas - pH - Logam berat	‰ ppm	SCT- meter pH – meter AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer)

3.3 Perlakuan Contoh Pra Analisis

Dalam pengambilan contoh digunakan perahu bermotor sebagai alat transportasi. Untuk parameter suhu, salinitas, pH dan TSS, contoh air dianalisis secara *in-situ*. Analisis logam berat dalam air serta dalam daging/jaringan lunak ikan dan kerang dilakukan di laboratorium.

Pengambilan contoh air menggunakan botol *Van Doorn*, yang kemudian dipindahkan ke dalam jerigen polyethylene bervolume 2 l. Sedangkan contoh sedimen diambil dengan *grab* berukuran $\pm 2000 \text{ cm}^3$, yang selanjutnya dipindahkan ke dalam botol plastik bersegel dengan volume 50 ml dan dimasukkan ke dalam kotak pendingin.

Contoh ikan dan kerang yang didapat dari nelayan dibungkus dengan kantong plastik dan diawetkan dalam kotak pendingin dan selanjutnya dianalisis di laboratorium.

Untuk mengukur kandungan logam berat digunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer, tipe Varian, Series AA-875. Alat ini dapat mendeteksi kadar logam berat dalam contoh dengan batas deteksi untuk masing-masing logam berat adalah : Pb, Cu dan Zn sebesar 0,002 ppm sedangkan Cd sebesar 0,0003 ppm.

Sebelum dianalisis dengan AAS, dilakukan beberapa tahapan perlakuan pra analisis sebagai berikut :

- a) Pengawetan
- b) Destruksi (penghancuran/pemisahan)
- c) Ekstraksi
- d) Pembuatan larutan blanko
- e) Pembuatan larutan standar (larutan baku)

Prosedur penggunaan AAS serta prosedur analisis kandungan logam berat dalam contoh air laut dan dalam daging ikan disajikan dalam **Lampiran 1, 2 dan 3**.

3.4 Analisis Data

Data hasil analisis ditampilkan secara deskriptif dan statistik untuk melihat korelasi antar kandungan logam berat yang terakumulasi dalam jaringan tubuh ikan dan dalam air antar stasiun pengamatan

3.4.1 Analisis Data Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Parameter yang dianalisis secara deskriptif adalah pola arah dan kecepatan arus serta pasang surut. Analisis statistik untuk parameter suhu, salinitas, pH dan TSS adalah dengan uji beda nyata terkecil, yang akan memberikan gambaran tentang perbandingan nilai tiap stasiunnya. Perbandingan ini akan menunjukkan sifat homogenitas kondisi perairan tersebut. Analisis secara statistik juga digunakan untuk melihat

perbandingan kadar logam berat yang dikandung dalam daging tiap-tiap contoh ikan.

Analisis data berdasarkan metode statistika menggunakan Rancangan Acak Lengkap, kemudian diuji dengan tabel ANOVA dan uji lanjutan dengan kriteria uji untuk menentukan beda antara nilai tengah yang disebut beda nyata terkecil (bnt) atau "*least significant difference*" (Steel dan Torrie, 1993).

Untuk pengolahan data dan analisis uji hasil pengamatan, penulis menggunakan program komputer **STATISTICA versi 5.0** dengan uji *t-test*.

1. Tabel Rancangan Acak Lengkap

Perlakuan	Stasiun (ulangan)					Jumlah
	1	2	3	4	5	
1						
:						
t						
Y _{i.}						Σ Y _{ij}
Ȳ _{i.}						Ȳ _{..}
Σ Y _{ij} ²						ΣΣ Y _{ij} ²

Di mana :

- Y_{i.} = jumlah data tiap perlakuan sebanyak n ulangan
- Ȳ_{i.} = jumlah rerata dari n ulangan
- Σ Y_{ij}² = jumlah kuadrat data tiap perlakuan sebanyak n ulangan
- Σ Y_{ij} = jumlah kesemua perlakuan
- Ȳ_{..} = rerata dari jumlah rerata perlakuan
- ΣΣ Y_{ij}² = jumlah kuadrat data semua perlakuan
- i = ulangan dari 1 ke n
- j = perlakuan dari 1 ke t
- n = jumlah ulangan

Selanjutnya hasil perhitungan dimasukkan ke dalam rumus :

$$JKT = \sum \sum Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{n \times t} \dots\dots\dots(1)$$

$$JKP = \sum \frac{Y_{i.}^2}{n} - \frac{Y_{..}^2}{n \times t} \dots\dots\dots(2)$$

$$JKS = JKT - JKP \dots\dots\dots(3)$$

Di mana :

- JKT=Jumlah Kuadrat Total
- JKP=Jumlah Kuadrat Perlakuan
- JKS=Jumlah Kuadrat Sisa

2. Tabel ANOVA

Keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah	F hitung
Perlakuan	t-1	JKP	JKP/(t-1)	KTP/KTS
Sisa	t(n-1)	JKS	JKS/t(n-1) atau KTS	
Total	nt-1	JKT	-	

Uji lanjutan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{|\bar{Y}_i - \bar{Y}_r|}{S\sqrt{y_i - y_r}} \geq t_{\alpha/2} \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

$$|\bar{Y}_i - \bar{Y}_r|$$

selisih dua nilai tengah yang akan diuji.

$$S\sqrt{y_i - y_r}$$

simpangan (akar dari ragam populasi/ccontoh).

$t_{\alpha/2}$

nilai pada tabel t, dengan uji tingkat nyata sebesar α dan alternatif bersifat dua arah.

$$bnt = t_{\alpha/2} S\sqrt{y_i - y_r}$$

$$= t_{\alpha/2} S\sqrt{\frac{2}{r}} \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

- bnt = beda nyata terkecil
- r = ulangan sama
- S = akar ragam galat gabungan.

$$FK = \frac{Mf}{Mw} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

FK = Faktor Konsentrasi

Mf = Kandungan logam berat dalam tubuh organisme (ppm)

Mw = Kandungan logam berat dalam air (ppm)

Semakin mudah logam berat diabsorpsi dan terakumulasi dalam tubuh organisme air, semakin besar indeks Faktor Konsentrasi. Semakin tinggi kandungan logam berat dalam air, mengakibatkan tingginya kandungan logam berat tersebut dalam tubuh ikan/organisme air. Dan logam berat tersebut dapat semakin bersifat racun (van Esch, 1977 dalam Sanusi, 1985).

pengamatan masih tergolong normal dan belum melewati batas maksimum sebesar 0,05 ppm Pb (EPA, 1973 *dalam* Hutagalung, 1991)).

Distribusi kandungan Pb merata per stasiunnya di masing-masing lokasi dan pada periode pengamatan yang berbeda (**Gambar 5**). Kandungan Pb dalam air pada bulan Juli berkisar 0,007-0,011 ppm dengan rerata $0,009 \pm 0,003$ ppm. Kadar Pb pada bulan Nopember tidak terdeteksi (ttd), sementara batas deteksi AAS terhadap Pb adalah 0,0002 ppm. Kandungan Pb pada bulan Nopember diketahui masih di bawah Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut yang diperbolehkan adalah sebesar $\leq 0,01$ ppm.

4.1.1.2 Cd

Pada pengamatan bulan Juli, kandungan Cd dalam air cenderung sama (yaitu 0,002 ppm) untuk setiap stasiunnya, sedangkan pada bulan Nopember nilainya tidak terdeteksi, sementara batas deteksi AAS terhadap Cd adalah sebesar 0,0003 ppm). Pada bulan Juli, kadar Cd masih di bawah Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut, yaitu sebesar $\leq 0,01$ ppm.

Kadar Cd hasil pengamatan yang rendah ini dikarenakan Cd yang dijumpai di perairan dalam bentuk terlarut hanya sebagian yang teradsorpsi oleh padatan tersuspensi (Hart dan Davis, 1981 *dalam* Syahminan, 1996).

4.1.1.3 Cu

Hasil pengukuran kadar Cu dalam air (pada bulan Juli dan Nopember) dapat dilihat pada **Tabel 6**. Kisaran pada bulan Juli sebesar 0,002-0,003 ppm Cu (rerata $0,003 \pm 0,001$ ppm Cu), dan pada bulan Nopember sebesar 0,001-0,003 ppm Cu (rerata $0,003 \pm 0,001$ ppm Cu). Kadar Cu pada setiap stasiunnya tidak berbeda nyata dan perbedaan kadar Cu rentang antara Juli dan Nopember tidak mengalami perubahan yang mencolok.

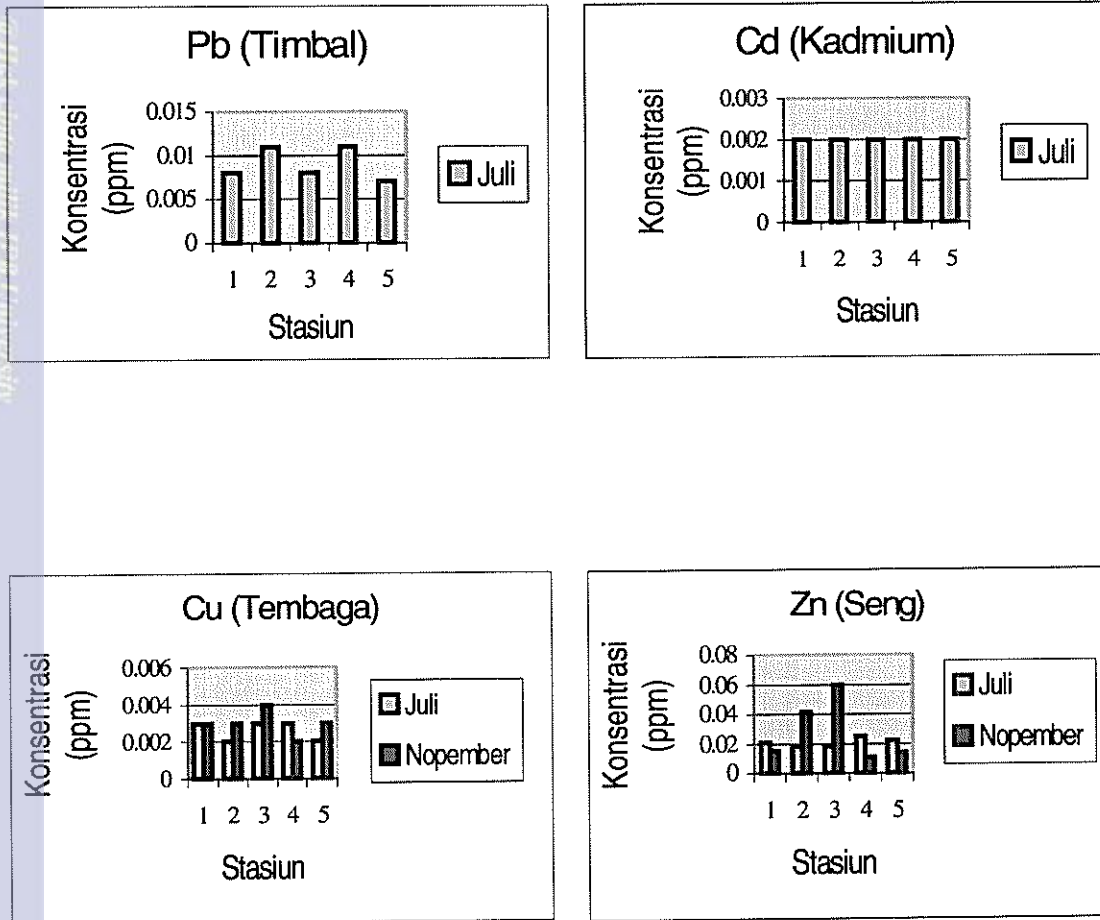
Kadar Cu dalam air hasil pengamatan sangat rendah dibandingkan dengan Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut sebesar $\leq 0,06$ ppm. Walaupun Cu merupakan elemen esensial bagi metabolisme organisme laut, namun bila sudah melebihi Baku Mutu akan membahayakan lingkungan dan

pada konsentrasi ≥ 2 ppm Cu dapat menyebabkan kematian ikan (Connel dan Miller, 1995).

4.1.1.4 Zn

Kandungan Zn dalam air pada bulan Juli berkisar 0,018-0,025 ppm (rerata $0,021 \pm 0,004$ ppm Zn). Sedangkan pada bulan Nopember berkisar 0,011-0,060 ppm (rerata $0,028 \pm 0,019$ ppm Zn). Nilai Zn terbesar pada bulan Juli dijumpai di st. 4 (0,025 ppm). Nilai Zn terbesar dijumpai pada st. 2 (0,041 ppm) dan st. 3 (0,060 ppm). Dari kedua periode pengamatan, kadar Zn masih dalam batas normal sebesar $\leq 0,1$ ppm yang merupakan batas Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut yang diperbolehkan.

Berdasarkan hasil analisis kandungan logam berat dalam air dapat disimpulkan bahwa kualitas perairan di lokasi studi pada umumnya masih tergolong normal dan belum mendekati ambang batas maksimum yang diperbolehkan. Kadar Pb di perairan ini sudah mendekati batas atas Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut. Hal tersebut menjadi peringatan bagi masyarakat dan pelaku industri agar berhati-hati dalam membuang limbah logam berat lainnya agar kondisi ekosistem estuaria di lokasi studi tetap aman dan lestari.



Keterangan : Kadar Pb dan Cd untuk bulan Nopember tidak terdeteksi (ttt)

Gambar 5. Kandungan Logam Berat dalam Air



4.1.2 Logam Berat dalam Biota Laut

Kandungan logam berat dalam daging ikan demersal Sembilang (*Plotosus* sp.), Lidah (*Cynoglossus* sp.) dan Baung Laut (*Arius* sp.) dan dalam jaringan lunak Kerang Dara (*Anadara* sp.) hasil pengamatan bulan Juli dan Nopember dikemukakan dalam **Tabel 7**. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi Cu paling tinggi (Juli). Sedangkan pada bulan Nopember konsentrasi Pb paling tinggi dalam tubuh ikan Baung Laut.

Tabel 8 memperlihatkan nilai Faktor Konsentrasi yang menggambarkan kemampuan biota laut mengakumulasi logam berat. Berdasarkan uji beda nyata terkecil (bnt) diketahui tidak terdapat perbedaan nyata antara kadar logam berat dalam air tiap jenisnya pada setiap stasiun.

Banyaknya kadar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh ikan disamping bergantung pada jenis dan kadar logam berat dalam air, juga bergantung pada jenis dan ukuran ikan. Pada penelitian, contoh ikan yang diambil adalah ukuran yang dewasa dan ukuran panjang untuk setiap ikan adalah tidak berbeda nyata.

Kadar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh biota air tidak terlepas dari pengaruh kadar logam berat dalam badan air. Berdasarkan hasil pengamatan, secara umum tidak terdapat kecenderungan semakin tinggi kadar logam berat dalam air semakin tinggi pula kadar logam berat dalam tubuh ikan, kecuali untuk Pb pada ikan Sembilang, Lidah dan Kerang Dara serta Cd pada Kerang Dara.

4.1.2.1 Pb

Berdasar uji beda nyata terkecil dengan taraf nyata $\alpha=0,05$ (**Tabel 7**), memperlihatkan bahwa kandungan unsur Pb pada bulan Juli untuk semua jenis ikan dan kerang berbeda nyata. Konsentrasi Pb dalam ikan Sembilang (Berat Kering) adalah 6,434-30,121 $\mu\text{g Pb/gr}$, pada ikan Lidah 23,477-46,029 $\mu\text{g Pb/gr}$, pada ikan Baung Laut 15,606-24,515 $\mu\text{g Pb/gr}$, sedangkan pada



Tabel 7. Kandungan Logam Berat dalam Daging Ikan dan Kerang

A. Bulan Juli 1996

BIOTA	UKURAN TUBUH *				KADAR UNSUR DALAM CONTOH (µg/gr BK)														
	Panjang (mm)		Berat (g)		BERAT *) CONTOH KERING(g)			Pb			Cd			Cu			Zn		
	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisar	rerata	kisar	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	
IKAN : 1. Sembilang (<i>Plotosus</i> sp.)	kisaran	257,05 ±	87,5	108,75	1,356	2,396 ±	30,121	18,278 ±	17,881	16,809 ±	17,881	16,809 ±	17,881	16,809 ±	17,881	16,809 ±	17,881	16,809 ±	
	rerata	192,5	130,0	21,25	3,435	1,040	6,434	11,844	15,737	10,72	15,737	10,72	15,737	10,72	15,737	10,72	15,737	10,72	
		± 21,25		± 21,25		± 1,040		± 1,844		± 1,072		± 1,072		± 1,072		± 1,072		± 1,072	
2. Lidah (<i>Cynoglossus</i> sp.)	kisaran	238,02 ±	95,4	87,25 ±	2,140	2,024 ±	23,477	34,753 ±	17,310	17,254 ±	17,310	17,254 ±	17,310	17,254 ±	17,310	17,254 ±	17,310	17,254 ±	
	rerata	3,88	79,1	8,15	1,908	0,116	46,029	11,276	17,195	0,058	17,195	0,058	17,195	0,058	17,195	0,058	17,195	0,058	
		± 3,88		± 8,15		± 0,116		± 11,276		± 0,058		± 0,058		± 0,058		± 0,058		± 0,058	
3. Baung Laut (<i>Arius</i> sp.)	kisaran	152,70	51,5	57,40 ±	0,814	0,888 ±	15,606	20,060 ±	50,750	36,468 ±	50,750	36,468 ±	50,750	36,468 ±	50,750	36,468 ±	50,750	36,468 ±	
	rerata	4,60	63,3	5,85	0,902	0,044	24,515	4,454	22,185	14,282	22,185	14,282	22,185	14,282	22,185	14,282	22,185	14,282	
		± 4,60		± 5,85		± 0,044		± 4,454		± 14,282		± 14,282		± 14,282		± 14,282		± 14,282	
KERANG : 1. Kerang Dara (<i>Anadara</i> sp.)	kisaran	37,50	2,7	2,35 ±	0,691	0,610 ±	8,193	10,712 ±	0,315	0,442 ±	0,315	0,442 ±	0,315	0,442 ±	0,315	0,442 ±	0,315	0,442 ±	
	rerata	3,45	2,0	0,35	0,529	0,081	13,242	2,524	0,568	0,126	0,568	0,126	0,568	0,126	0,568	0,126	0,568	0,126	
		± 3,45		± 0,35		± 0,081		± 2,524		± 0,126		± 0,126		± 0,126		± 0,126		± 0,126	

Keterangan: ltd : tidak terdeteksi

Sumber : *) Laboratorium P3O-LIPI Jakarta

B. Bulan Nopember 1996

BIOTA	UKURAN TUBUH *				KADAR UNSUR DALAM CONTOH (µg/gr BK **)														
	Panjang (mm)		Berat (g)		BERAT *) CONTOH KERING(g)			Pb			Cd			Cu			Zn		
	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisar	rerata	kisar	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	kisaran	rerata	
1. Sembilang (<i>Plotosus</i> sp.)	kisaran	348,60	180,0	240,0	2,680	1,906 ±	5,094	14,395 ±	23,344	22,392 ±	23,344	22,392 ±	23,344	22,392 ±	23,344	22,392 ±	23,344	22,392 ±	
	rerata	± 87,4	± 60,0	± 60,0	1,131	0,774	23,696	9,301	-	21,441	0,952	21,441	0,952	21,441	0,952	21,441	0,952	21,441	
		± 87,4		± 60,0		± 0,774		± 9,301		± 0,952		± 0,952		± 0,952		± 0,952		± 0,952	
2. Lidah (<i>Cynoglossus</i> sp.)	kisaran	265,30	85,0	117,5	1,703	2,123 ±	21,683	16,110 ±	29,829	18,847 ±	29,829	18,847 ±	29,829	18,847 ±	29,829	18,847 ±	29,829	18,847 ±	
	rerata	21,55	150,0	± 32,5	2,543	0,420	10,537	5,573	0,059	7,864	10,982	7,864	10,982	7,864	10,982	7,864	10,982	7,864	
		± 21,55		± 32,5		± 0,420		± 5,573		± 0,059		± 0,059		± 0,059		± 0,059		± 0,059	
3. Baung Laut (<i>Arius</i> sp.)	kisaran	208,60	180,0	125,0	1,377	1,320 ±	36,500	33,122 ±	26,912	21,684 ±	26,912	21,684 ±	26,912	21,684 ±	26,912	21,684 ±	26,912	21,684 ±	
	rerata	51,66	70,0	± 55,0	1,264	0,056	29,744	3,378	16,456	5,228	16,456	5,228	16,456	5,228	16,456	5,228	16,456	5,228	
		± 51,66		± 55,0		± 0,056		± 3,378		± 5,228		± 5,228		± 5,228		± 5,228		± 5,228	
KERANG : 1. Kerang Dara (<i>Anadara</i> sp.)	kisaran	36,35	4,4	3,35 ±	1,588	1,093 ±	7,173	9,378 ±	9,404	15,464 ±	9,404	15,464 ±	9,404	15,464 ±	9,404	15,464 ±	9,404	15,464 ±	
	rerata	3,48	2,3	1,05	0,598	0,495	11,584	2,206	21,525	6,060	21,525	6,060	21,525	6,060	21,525	6,060	21,525	6,060	
		± 3,48		± 1,05		± 0,495		± 2,206		± 6,060		± 6,060		± 6,060		± 6,060		± 6,060	

Keterangan: ltd : tidak terdeteksi oleh alat (AAS)

Sumber : *) Laboratorium P3O-LIPI Jakarta dan **) FTDC-IPB Bogor



Tabel 8. Perbandingan Kadar Logam Berat dalam Air, Tubuh Biota dan Faktor Konsentrasi di Lokasi Studi

A. Bulan Juli 1996

Ikan	Air (ppm)			Daging Biota (µg/g BK)				Faktor Konsentrasi			
	Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn
Sembilang				18,278	ttd	16,809	7,765	715-3347	-	5246-5960	341-398
Lidah	0,009	0,002	0,021	34,753	ttd	17,254	5,564	2609-5114	-	5732-5770	228-301
Baung				20,060	ttd	36,468	18,046	1734-2724	-	7395-16917	535-1183
Kerang				10,712	0,442	7,860	5,326	910-1471	158-284	1946-3294	59-448

Keterangan : ttd = tidak terdeteksi

B. Bulan Nopember 1996

Ikan	Air (ppm)			Daging Biota (µg/g BK)				Faktor Konsentrasi			
	Pb	Cd	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn
Sembilang				14,395	ttd	22,392	10,754	-	-	7147-7781	269-499
Lidah	ttd	0,003	0,028	16,110	0,059	18,847	8,714	-	-	2621-9943	190-432
Baung				33,122	ttd	21,684	13,516	-	-	5485-8971	269-696
Kerang				9,378	ttd	15,464	5,730	-	-	3135-7175	200-209

Keterangan : ttd = tidak terdeteksi

Kerang Dara 8,193-13,242 $\mu\text{g Pb/gr}$. Kadar Pb pada ikan Sembilang terlihat perbedaan yang sangat nyata. Demikian pula halnya pengamatan pada bulan Nopember, kandungan Pb dalam ikan untuk semua jenis ikan dan kerang menunjukkan kadar yang berbeda nyata. Konsentrasi unsur yang dikandung pada masing-masing ikan sebagai berikut ; ikan Sembilang 5,094-23,696 $\mu\text{g Pb/gr}$, ikan Lidah 10,537-21,683 $\mu\text{g Pb/gr}$, ikan Baung Laut 29,744-36,500 $\mu\text{g Pb/gr}$ dan Kerang Dara 1,584-7,173 $\mu\text{g Pb/gr}$. Sama seperti pada bulan Juli, pada bulan Nopember kadar Pb dalam ikan Sembilang adalah berbeda nyata.

Cukup tingginya kadar Pb dalam tubuh biota tidak terlepas dari pengaruh kadar Pb dalam air. Kadar Pb dalam air berpengaruh positif terhadap kadar Pb dalam tubuh ikan Sembilang, ikan Lidah dan Kerang Dara. Pada bahasan sebelumnya kadar Pb dalam air relatif tergolong tinggi dibandingkan dengan logam berat lainnya kecuali pada bulan Nopember yang nilainya tidak terdeteksi. Hal ini dikarenakan banyaknya pemakaian Pb dalam penggunaan bahan bakar pada alat transportasi air. Secara teoritis semakin besar kandungan logam berat dalam air, semakin besar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh ikan dan biota lainnya.

Kadar Pb yang terakumulasi dalam tubuh ikan telah melewati batas aman konsumsi yang diperbolehkan menurut *Australian Health and Medical Research Council* (Plasket and Potter, 1979 dalam Hutagalung dan Syamsu, 1987), yaitu sebesar 2 ppm (**Tabel 4**). Terlihat pada **Tabel 7** bahwa semua jenis ikan telah mengakumulasi Pb lebih dari 2 ppm, ini berarti sudah tidak layak lagi sebagai komoditi konsumsi. Namun kepastian tentang keadaan di atas perlu ditunjang oleh hasil pengamatan dan pemantauan lebih lanjut.

Berdasarkan hasil penelitian pada bulan Juli dan Nopember, tidak terdapat adanya hubungan linier antara kandungan logam berat yang semakin tinggi dalam tubuh biota laut (ikan Sembilang, ikan Lidah, ikan Baung Laut dan Kerang Dara) dengan semakin panjang atau beratnya ukuran biota tersebut.



Tabel 8 memperlihatkan nilai Faktor Konsentrasi untuk tiap jenis ikan. Faktor Konsentrasi pada ikan Sembilang pada bulan Juli berkisar 715-3347, ikan Lidah 2609-5114, ikan Baung Laut 1734-2724 dan Kerang Dara 910-1471. Nilai-nilai FK tersebut umumnya lebih kecil (kecuali Cu) jika dibandingkan dengan nilai Faktor Konsentrasi yang telah dilakukan beberapa peneliti luar di daerah subtropis (**Tabel 3**). Faktor Konsentrasi Pb (Nopember) pada semua hewan contoh tidak dapat dihitung dikarenakan kadar Pb dalam tubuh hewan contoh tidak terdeteksi.

Kandungan logam berat dalam air mempengaruhi kadar logam berat yang dikandung dalam tubuh ikan, sehingga turut mempengaruhi Faktor Konsentrasi. **Tabel 8** memperlihatkan nilai Faktor Konsentrasi untuk Pb tidak terlalu besar (kadar Pb dalam air adalah rendah) jika dibandingkan dengan yang tercantum pada **Tabel 3**. Padahal kadar Pb dalam daging ikan sudah mendekati batas atas yang layak untuk komoditi konsumsi. Hal tersebut bisa saja terjadi penyimpangan, karena ikan bersifat memiliki mobilitas yang tinggi, ikan-ikan tersebut mungkin mengakumulasi Pb di luar lokasi studi. lebih lama tinggal di daerah perairan yang letaknya di luar lokasi studi.

4.1.2.2 Cd

Pada pengamatan bulan Juli hanya pada kerang dara kadar Cd terdeteksi, yaitu 0,315-0,568 $\mu\text{g Cd/gr}$ (**Tabel 7**). Hasil pengukuran menunjukkan semua jenis ikan mengandung Cd yang sangat kecil hingga tak terdeteksi (batas kemampuan alat mendeteksi Cd pada adalah 0,0003 $\mu\text{g Cd/gr}$). Begitu pula yang terjadi pada pengamatan bulan Nopember, ikan Lidah mengandung Cd sebesar 0,059 $\mu\text{g Cd/gr}$.

Tidak terlihat adanya hubungan yang jelas antara panjang dan berat ikan dengan kadar Cd dalam daging ikan untuk semua ikan contoh, kecuali ikan Lidah dan Kerang Dara. Kadar Cd dalam tubuh Kerang Dara (Juli) berbanding lurus dengan ukuran panjang dan berat tubuhnya begitu pula dengan ikan Lidah (Nopember).

Tabel 8 mengemukakan hubungan antara kadar Cd dalam air, daging ikan/kerang dan Faktor Konsentrasi. Kadar Cd dalam air berpengaruh positif terhadap kadar Cd dalam tubuh Kerang Dara. Hasil pengamatan hanya mendeteksi Cd pada Kerang Dara (Juli) dan ikan Lidah (Nopember). Tidak ada nilai Faktor Konsentrasi untuk Cd dalam tubuh ikan Lidah karena kadar Cd dalam air tidak terdeteksi (ttd), begitu pula dengan jenis ikan lainnya.

Faktor Konsentrasi Cd dalam Kerang Dara pada bulan Juli adalah 158-284. Angka tersebut adalah kecil dibanding kisaran normal hasil penelitian yang tercantum dalam **Tabel 3**. Kerang Dara merupakan indikator pencemaran, sehingga nilai Faktor Konsentrasi yang dimilikinya menunjukkan kualitas perairan di lokasi studi belum tercemar oleh Cd.

4.1.2.3 Cu

Kandungan Cu yang terakumulasi dalam daging/jaringan ikan dan kerang adalah tertinggi nilainya di antara unsur-unsur logam berat lainnya. Pada bulan Juli, Cu yang terkandung ikan Sembilang adalah 15,737-17,881 $\mu\text{g Cu/gr}$, ikan Lidah adalah 17,195-17,310 $\mu\text{g Cu/gr}$, ikan Baung Laut adalah 22.1852-50.7496 $\mu\text{g Cu/gr}$ dan Kerang Dara adalah 5,839-9,882 $\mu\text{g Cu/gr}$. Logam berat Cu yang terkandung semua jenis biota berbeda nyata. Pada bulan Nopember, ikan Sembilang mengandung Cu antara 21,441-23,344 $\mu\text{g Cu/gr}$, ikan Lidah 7,864-29,830 $\mu\text{g Cu/gr}$, pada Baung Laut adalah 16,456-26,912 $\mu\text{g Cu/gr}$ serta pada Kerang Dara berkisar 9,404-21,525 $\mu\text{g Cu/gr}$. Kandungan Cu pada semua jenis biota dalam analisis ini menunjukkan perbedaan yang nyata pula. Kadar Cu dalam tubuh biota laut cukup mengkhawatirkan dikarenakan nilainya yang sudah mendekati ambang batas yang dianjurkan (**Tabel 3**).

Berdasarkan hasil pengamatan, tidak terlihat adanya hubungan yang jelas antara kadar logam berat Cu dalam tubuh ikan dan kerang dengan ukuran panjang dan beratnya.

Konsentrasi Cu dari hasil studi/analisis adalah yang tertinggi dibandingkan dengan unsur lainnya. Unsur Cu merupakan salah satu contoh unsur logam berat yang dibutuhkan oleh organisme hidup. Karena kebutuhan akan Cu, kemungkinan besar organisme air mengakumulasi unsur ini lebih besar daripada unsur logam berat lainnya (Lehninger, 1971 *dalam* Marks *et. al.*, 1980), contohnya terlihat pada **Tabel 8**. Pada bulan Juli, Faktor Konsentrasi ikan Sembilang mencapai 5246-5960, ikan Lidah 5732-5770 dan ikan Baung 7395-16917, ketiganya telah melebihi batas normal seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3**. Berbeda dengan Kerang Dara yang Faktor Konsentrasinya relatif kecil, yaitu 1946-3294.

Faktor Konsentrasi logam berat Cu pada ikan dan kerang di bulan Nopember sebagai berikut ; pada ikan Sembilang 7147-7781, ikan Lidah 2621-9943, ikan Baung Laut 5485-8971 dan Kerang dara 3135-7175, merupakan nilai yang sangat besar dibandingkan dengan Faktor Konsentrasi logam berat lainnya. Nilai FK yang tinggi ini bukan berarti tidak aman untuk dikonsumsi, dimana batas maksimum Cu dalam bahan makanan yang boleh dikonsumsi ialah 30 ppm (Eustace, 1974 *dalam* Hutagalung dan Syamsu, 1987) seperti terlihat pada **Tabel 4**.

Tabel 8 menunjukkan bahwa kadar Cu dalam air sangat kecil jika dibandingkan dengan Baku Mutu Air Laut untuk kehidupan biota sebesar $\leq 0,06$ ppm Cu. Pada kenyataannya kadar dalam daging ikan contoh dan nilai Faktor Konsentrasinya cukup tinggi. Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa ikan-ikan contoh memiliki daya akumulasi yang tergolong besar terhadap Cu.

4.1.2.4 Zn

Seng termasuk logam berat yang dibutuhkan oleh organisme laut untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Pada **Tabel 7** dikemukakan bahwa kandungan Zn bersama Cu dalam tubuh ikan adalah cukup besar. Kandungan seng dalam tubuh biota laut sebagai berikut adalah : ikan

Sembilang 7,162-8,369 $\mu\text{g Zn/gr}$, ikan Lidah 4,797-6,331 $\mu\text{g Zn/gr}$, ikan Baung Laut 11,244-24,848 $\mu\text{g Zn/gr}$ dan Kerang Dara 1,235-9,417 $\mu\text{g Zn/gr}$. Kandungan Zn dalam ikan Sembilang dan Lidah tidak berbeda nyata, sedangkan dengan yang lainnya sangat berbeda.

Kandungan Zn pada bulan Nopember dalam tubuh ikan Sembilang 7,539-13,970 $\mu\text{g Zn/gr}$, ikan Lidah 5,328-12,099 $\mu\text{g Zn/gr}$, ikan Baung Laut 7,528-19,503 $\mu\text{g Zn/gr}$ dan pada kerang Dara berkisar 5,602-5,857 $\mu\text{g Zn/gr}$. Kesemuanya memiliki kadar Zn yang berbeda nyata.

Ukuran panjang-berat tubuh ikan dan kerang memberi pengaruh terhadap kadar logam berat dalam tubuhnya. **Tabel 7** menampilkan hubungan tersebut. Pada bulan Juli, ukuran panjang lebih berpengaruh terhadap kadar Zn dalam tubuh ikan dan kerang. Karena pada ukuran panjang yang tidak berbeda nyata mengandung Zn yang tidak berbeda nyata pula. Tetapi ada penyimpangan pada pernyataan di atas yaitu pada ikan Baung Laut dan Kerang Dara, dimana tidak ada hubungan positif antara ukuran panjang tubuh dan kadar Zn dalam tubuhnya. Pada bulan Nopember, hanya Kerang Dara yang memiliki hubungan positif antara ukuran panjang tubuh dengan kadar Zn dalam tubuhnya.

Tabel 8 memperlihatkan hubungan kadar Zn dalam air, daging biota dan Faktor Konsentrasi biota-biota contoh. Semakin tinggi kadar Zn dalam air mengakibatkan semakin tinggi juga kadar Zn dalam tubuh ikan/kerang. Yang mempengaruhi tingginya kadar Zn dalam tubuh ikan/kerang tidak hanya kadar Zn dalam air, tetapi juga daya akumulasi terhadap Zn dan kebutuhan akan Zn yang esensial ini.

Tingkat akumulasi untuk jenis biota pada pengamatan Juli disajikan sebagai berikut. Faktor Konsentrasi pada ikan Sembilang 341-398, ikan Lidah 228-301, ikan Baung Laut 535-1183 dan Kerang Dara 59-448. Pada bulan Nopember, Faktor Konsentrasi terhadap ikan Sembilang 269-499, ikan Lidah 190-432, ikan Baung Laut 269-696 dan Kerang Dara 200-209.



Kesemua nilai Faktor Konsentrasi di atas masih aman untuk kelangsungan hidup biota tersebut.

Dari data yang ada dapat disimpulkan bahwa untuk setiap jenis ikan secara umum mengandung kadar logam berat tertentu yang besarnya berbeda nyata. Hal ini dikarenakan kemampuan akumulasi tiap ikan (jenis, umur, ukuran dan paparan) yang tidak sama. Jenis logam berat yang paling tinggi terakumulasi dalam tubuh ikan dan kerang ialah Cu dan Pb. Kedua unsur ini telah mendekati dan melewati batas ambang layak konsumsi (Cu sebesar 30 ppm dan Pb sebesar 2 ppm). Kadar Cu tertinggi pada bulan Juli terdapat dalam tubuh ikan Baung Laut sebesar 50.7496 $\mu\text{g Cu/gr}$ Berat Kering dan pada bulan Nopember kadar Pb tertinggi dalam tubuh ikan Baung Laut (36,5003 $\mu\text{g Pb/gr}$ Berat Kering).

Akumulasi Cu pada batas tertentu oleh organisme laut kemungkinan memberikan manfaat, mengingat Cu merupakan elemen esensial bagi metabolisme biota air yang pemakaiannya efektif (Lloyd, 1992). Pada konsentrasi 2 mg Cu/l dalam air, logam berat Cu dapat menyebabkan kematian pada ikan (Connel dan Miller, 1995). Logam berat Pb merupakan logam berat yang paling banyak dan sering digunakan dalam industri dan transportasi. Urutan logam berat yang paling tinggi terakumulasi dalam tubuh ikan dan kerang adalah : Cu>Pb>Zn>Cd pada pengamatan bulan Juli dan Pb disusul Cu pada pengamatan bulan Nopember, sekalipun kadar Pb dalam air adalah tidak terdeteksi (ttd).

Nilai Faktor Konsentrasi tertinggi juga ditempati oleh logam berat Cu. Dimana kadar Cu dan Cd dalam air adalah terkecil nilainya. Pada pengamatan bulan Juli diketahui urutan logam berat yang memiliki Faktor Konsentrasi tertinggi adalah : Cu>Pb>Zn>Cd. Secara berurut, ikan-ikan yang mengandung Cu tertinggi adalah : Baung Laut, Lidah, Sembilang. Kerang dara menempati posisi terakhir.

Jenis ikan yang mengandung Pb tertinggi adalah ikan Lidah, ikan Baung Laut, ikan Sembilang dan Kerang Dara. Untuk logam Zn yang tertinggi adalah Baung Laut, Sembilang, Lidah dan Kerang Dara. Kandungan Cd terbesar terdapat dalam jaringan lunak Kerang Dara dan ikan Lidah masing-masing sebesar 0,315 – 0,568 $\mu\text{g Cd/gr}$ (pada bulan Juli) dan 0,059 $\mu\text{g Cd/gr}$ (pada bulan Nopember).

Hasil penelitian di Estuaria Kuala Tungkal diketahui bahwa Kerang Dara mengakumulasi logam berat lebih rendah dibandingkan dengan ketiga jenis ikan contoh sekalipun merupakan indikator pencemaran. Relatif rendahnya kandungan logam-logam berat dalam jaringan lunak Kerang Dara dibandingkan dengan kandungan dalam tubuh ketiga jenis ikan, memberikan gambaran tentang perairan tersebut. Meskipun demikian, konsentrasi logam berat yang terakumulasi dalam jaringan tubuh Kerang Dara tidak mencirikan bahwa biota ini tercemar. Sebaliknya, dalam tubuh ikan-ikan telah tercemar Pb dan Cu walaupun mengakumulasi logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan hewan bentos yang hidupnya relatif menetap di dasar.

4.2 Kondisi Fisika dan Kimia Perairan

4.2.1 Salinitas

Hasil pengamatan (**Tabel 9**) memperlihatkan perbandingan nilai salinitas antar stasiun, dimana pada stasiun (st.) 1 terhadap st.4 dan st.5 menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini adalah wajar, karena semakin jauh jarak stasiun dari mulut sungai, pengaruh air tawar dari sungai semakin berkurang, sebaliknya pengaruh air laut semakin kuat sehingga nilai salinitas semakin besar ke arah luar mulut sungai.

Hasil pengukuran salinitas di lapang berada pada kisaran normal suatu perairan estuaria, yaitu 9.3-20.2 ‰. Hal ini mengacu kepada pernyataan Gosner (1971) yang menyebutkan bahwa perairan estuaria bersalinitas antara 0,5-30,0 ‰ dan Nybakken (1992), bahwa kisaran salinitas yang normal adalah antara 0.0-30.0 ‰. Salinitas perairan estuaria merupakan



Tabel 9. Kondisi Fisika dan Kimia Perairan Kuala Tungkal

A. Bulan Juli 1996

Sta.	S ‰	T °C	pH	TSS	Kadar Logam Berat dalam Air (ppm)			
					Pb	Cd	Cu	Zn
1	9,3	30,9	6,9	62,75	0,008	0,002	0,003	0,021
2	11,6	31,5	7,0	65,75	0,011	0,002	0,002	0,018
3	14,8	31,8	7,2	74,50	0,008	0,002	0,003	0,018
4	17,4	31,7	7,3	-	0,011	0,002	0,003	0,025
5	20,2	31,6	7,6	-	0,007	0,002	0,002	0,022
Rerata	14,7 ± 4,6	31,5 ± 0,4	7,2 ± 0,3	67,67 ± 9,98	0,009 ± 0,002	0,002 ± 0,00	0,003 ± 0,001	0,021 ± 0,004

Keterangan : - = tidak dilakukan analisis
ttd = tidak terdeteksi

Sumber : Laboratorium Kimia Lingkungan P3O-LIPI Jakarta

B. Bulan Nopember 1996

Sta.	S ‰	T °C	pH	TSS	Kadar Logam Berat dalam Air (ppm)			
					Pb	Cd	Cu	Zn
1	13,5	30,5	6,9	15,33	ttd	ttd	0,003	0,015
2	16,5	29,0	7,3	33,33	ttd	ttd	0,003	0,041
3	17,3	29,5	7,6	25,17	ttd	ttd	0,004	0,060
4	19,3	30,6	7,1	16,71	ttd	ttd	0,002	0,011
5	19,2	30,5	7,8	-	ttd	ttd	0,003	0,014
Rerata	17,2 ± 4,3	30,0 ± 1,2	7,3 ± 0,7	22,64 ± 14,46	-	-	0,003 ± 0,001	0,028 ± 0,019

Keterangan : - = tidak dilakukan analisis
ttd = tidak terdeteksi

Sumber : Laboratorium Kimia Lingkungan P3O-LIPI Jakarta

suatu fungsi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi besar/kecil nilainya, yaitu debit sungai (tidak diukur saat penelitian) dan pencampuran massa air (masuknya air sungai, presipitasi, pasang surut air laut).

Hubungan salinitas dengan kandungan logam berat dalam air ditampilkan dalam **Tabel 9**. Pada bulan Juli, dimana salinitas semakin besar ke arah laut, maka kandungan Pb tidak berbeda nyata begitu pula dengan Cd, Cu dan Zn.

Pada bulan Nopember seiring dengan meningkatnya salinitas, kandungan Pb dan Cd dalam air tidak terdeteksi. Kadar Cu dalam air cenderung tidak mengalami perubahan yang besar. Kadar Zn di stasiun 2 dan 3 melonjak lebih besar dibandingkan dengan kadar Zn di stasiun lainnya.

Nilai salinitas mempengaruhi reaksi-reaksi kimia, termasuk unsur-unsur logam berat. Perubahan salinitas pada suatu kolom air relatif tidak berpengaruh terhadap kadar logam berat. Pada penelitian ini, pengukuran salinitas pengamatan pada tiap titik contoh dilakukan tanpa ulangan, sehingga perubahan salinitas di stasiun satu ke stasiun berikutnya tidak banyak berpengaruh terhadap kadar logam berat dalam air. Ada faktor-faktor lain yang menyebabkan kadar logam berat berbeda tiap stasiunnya, yaitu kandungan padatan tersuspensi.

4.2.2 Suhu

Berdasarkan dua periode pengamatan (Juli dan Nopember) terhadap suhu tidak terlihat adanya perbedaan yang nyata. **Tabel 9** memperlihatkan kondisi suhu antar stasiun cenderung homogen, walaupun terlihat suhu merata pada bulan Juli di atas 30°C yang merupakan saat kemarau. Fluktuasi kisaran suhu yang kecil ini merupakan kondisi alami daerah tropis yang cenderung stabil sepanjang tahunnya.

Pada pengamatan bulan Nopember, simpangan rerata dari parameter suhu melebihi angka satu. Hal ini dapat diduga tidak mempengaruhi kemampuan adaptasi organisme air (fitoplankton dan zooplankton) karena masih dalam batas toleransi.

4.2.3 Derajat Keasaman (pH)

Jika memperhatikan nilai-nilai pH pada dua periode pengamatan Juli dan Nopember pada tiap stasiunnya, nilai pH di st.1 (6,9 pada bulan Juli dan Nopember) berbeda nyata dengan di st.5 (7,6 pada Juli dan 7,8 pada Nopember). Posisi kedua stasiun ini berjauhan dan berjarak sekitar 1,5 km, dimana st.1 berada di badan sungai sedangkan st.5 di muka muara. Melihat posisi tersebut, pengaruh buffer pH laut terhadap st.5 adalah lebih besar. Jika memperhatikan nilai pH terkecil sebesar 6,9 (di st. 1), menunjukkan bahwa buffer pH air laut masih mempengaruhi daerah estuaria ini sampai lokasi st.1. Hal ini dikarenakan pengukuran dilakukan pada saat pasang, dimana pengaruh air laut ke arah sungai lebih besar.

Seperti disebutkan di atas, pada umumnya kondisi pH di lokasi penelitian relatif tidak berbeda pada dua periode pengamatan tersebut. Nilai pH masih berada pada kisaran yang dianjurkan Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut, yaitu 6-9.

Berdasarkan hasil pengamatan terlihat, bahwa perubahan pH yang relatif kecil menunjukkan buffer pH air laut mempengaruhi kondisi pH estuaria tersebut. Nilai pH yang relatif stabil ini tidak banyak mempengaruhi perubahan kadar logam berat dalam air.

4.2.4 Padatan Tersuspensi Total (TSS)

Sebaran padatan tersuspensi total atau TSS selama pengamatan di lapangan cenderung naik mengikuti perubahan posisi stasiun ke arah laut. Kandungan TSS rerata pada bulan Juli lebih besar dibandingkan pada bulan Nopember. Penyebab yang mungkin adalah pengadukan kolom air (turbulensi) yang tidak merata dan tidak sama pada setiap stasiun. Penyebab tidak meratanya turbulensi kemungkinan besar karena dinamika oseanografi, dan topografi dasar perairan yang tidak sama pada setiap stasiunnya. Keadaan yang demikian mengakibatkan volume air dalam kolom air pada tiap stasiun berbeda, sehingga konsentrasi TSS pun berbeda.

Sebaran TSS mempengaruhi kadar logam berat, karena massa air dalam kolom air mengandung partikel-partikel tersuspensi dan terlarut. Partikel-partikel ini diantaranya berisi senyawa-senyawa kimia dan organik. Logam berat termasuk dalam senyawa-senyawa kimia terlarut dan dalam bentuk ion terlarut.

Tidak selamanya nilai TSS yang semakin besar mempengaruhi kadar logam berat yang semakin besar pula. Karena TSS berkemungkinan lebih banyak mengandung zat-zat organik, seperti fitoplankton dan zooplankton yang sedang *blooming*. Pada pengamatan bulan Juli terlihat kadar logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn tidak ada perbedaan yang nyata. Berbeda dengan keadaan di bulan Nopember, kadar Zn sangat besar di dua stasiun (2 dan 3) dibandingkan dengan stasiun lainnya, Cu hanya di stasiun 4 dan logam berat lainnya tidak terdeteksi. Pada **Tabel 9** memperlihatkan TSS pada stasiun 2 dan 3 juga lebih besar dibandingkan dengan stasiun lainnya. Dapat diambil kesimpulan bahwa kadar logam berat dalam air sangat dipengaruhi kadar TSS dibandingkan dengan tiga parameter lainnya (salinitas, suhu dan pH).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kadar logam berat dalam air pada pengamatan Juli dan Nopember berada pada kisaran normal dan masih di bawah baku mutu yang diperbolehkan. Kadar Pb dalam air laut (Juli) sebagian berada pada batas ketentuan Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota Laut (0,01 ppm). Kemungkinan besar sumber Pb berasal dari tumpahan ataupun cecceran bahan bakar perahu bermotor yang banyak digunakan oleh masyarakat K. Tungkal dalam kegiatan niaga dan perikanan.

Kadar Cu dan Pb merupakan logam berat yang paling tinggi terkandung dalam tubuh ikan dan kadar tertinggi dijumpai dalam tubuh ikan Baung Laut (masing-masing pada bulan Juli dan Nopember). Kadar Cu yang terakumulasi berkisar 22,1850 – 50,7500 $\mu\text{g Cu/g BK}$ (rerata 36,4680 \pm 14,2820 $\mu\text{g Cu/g BK}$). Kadar Pb yang terakumulasi berkisar 29,7440 – 36,5000 $\mu\text{g Pb/g BK}$ (rerata 33,1220 \pm 3,3780 $\mu\text{g Pb/g BK}$). Kadar Cu dan Pb yang terakumulasi dalam tubuh ikan Baung Laut masing-masing tercatat sebesar \pm 1,2 kali dan 16,6 kali dari batas atas normal (30 ppm Cu dan 2 ppm Pb).

Urutan besarnya kadar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh biota contoh adalah : Cu>Pb>Zn>Cd pada pengamatan bulan Juli dan Pb>Cu>Zn>Cd pada pengamatan bulan Nopember. Jenis biota contoh yang mengakumulasi logam berat tertinggi ialah pada ikan Baung Laut, disusul ikan Lidah, Sembilang dan Kerang Dara. Kemungkinan besar ikan-ikan tersebut mengakumulasi logam berat bukan saja di perairan lokasi studi, namun juga dari lokasi perairan sekitarnya. Kerang Dara yang umumnya digunakan sebagai indikator pencemaran, mengandung logam berat yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan yang terakumulasi dalam tubuh

ikan, sekalipun Kerang Dara merupakan hewan dasar yang tergolong tinggal menetap.

Nilai Faktor Konsentrasi (FK) tertinggi pada bulan Juli ditempati oleh logam berat Cu. Urutan berdasarkan besarnya nilai FK adalah: $Cu > Pb > Zn > Cd$. Nilai FK pada bulan Nopember hanya dapat dihitung untuk Cu dan Zn (dengan urutan $Cu > Zn$) dikarenakan kadar logam berat lainnya dalam air laut tidak terdeteksi.

Terdapat kecenderungan bahwa urutan besarnya kadar jenis logam berat yang terakumulasi dalam daging/jaringan lunak biota contoh ($Cu > Pb > Zn > Cd$) sama dengan urutan besarnya nilai FK. Hal ini berarti bahwa nilai FK yang besar menunjukkan kemampuan organisme yang besar mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya.

Berdasarkan hasil pengamatan, secara umum tidak ada kecenderungan hubungan yang linier antara kadar logam berat dalam air dengan kadar logam berat dalam tubuh biota contoh. Pengecualian dari hal tersebut adalah logam berat Pb yang terdapat dalam tubuh ikan Sembilang, ikan Lidah dan Kerang Dara serta logam berat Cd dalam jaringan lunak Kerang Dara.

Hasil pengamatan terhadap salinitas perairan pada bulan Juli dan Nopember memperlihatkan kisaran yang normal untuk perairan estuaria. Nilai-nilai tersebut berbeda nyata antar stasiun yang terdekat dari mulut sungai dan yang terjauh dari mulut sungai. Semakin jauh ke arah laut semakin besar nilai salinitasnya.

Suhu di perairan lokasi studi pada periode waktu yang berbeda tidak berbeda nyata pada setiap stasiunnya. Keadaan ini merupakan kondisi yang wajar dikarenakan fluktuasi suhu permukaan laut di wilayah tropis stabil sepanjang tahun. Demikian pula dengan nilai pH yang berkisar normal antara 6 – 9.

Konsentrasi TSS semakin besar pada lokasi yang semakin menjauhi muara, kecuali di stasiun 2 dan 3 pada bulan Nopember.

Hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh topografi dasar perairan yang tidak sama pada tiap stasiun, sehingga berpengaruh terhadap terjadinya turbulensi pada kolom air tiap stasiun tersebut. Kadar TSS sangat berpengaruh terhadap kadar logam berat dalam air, dimana TSS merupakan partikel tersuspensi yang memiliki kemampuan mengadsorpsi logam berat dalam air.

5.2 Saran

Untuk mengetahui ada atau tidaknya pencemaran logam berat di perairan lokasi studi, diperlukan pengamatan dan pemantauan secara reguler dan berkesinambungan yang mencakup satu siklus musim. Hal mana perlu dilakukan mengingat terdapat kecenderungan meningkatnya kandungan logam berat dalam tubuh ikan konsumsi, terutama kadar logam berat Cu dan Pb.

Agar hasil penelitian kualitas perairan memiliki nilai yang baik dan akurat, diperlukan :

1. Jumlah titik pengambilan contoh harus cukup dan mewakili kondisi keseluruhan daerah yang diamati.
2. Pengukuran TSS yang cermat sesuai dengan prosedur dan metode yang baku.
3. Hasil pengambilan contoh di lapangan hendaknya segera dianalisis di laboratorium agar memperoleh data yang akurat.
4. Analisis contoh hendaknya menggunakan metode dan alat yang sama agar terhindar dari bias nilai dan kontaminasi.
5. Dikarenakan ikan-ikan hidup bergerak dan berpindah tempat, maka jika pengamatan logam berat ditujukan terhadap pencemaran, hendaknya menggunakan biota yang cenderung hidup menetap dan tinggal lama di dasar yaitu jenis-jenis makro-zoobenthos.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 1992. *Standard Methods, 18th edition*. For The Examination of Water and Wastewater (A.E. Greenberg; L.S. Clesceri; A.D. Eaton (eds.)). Victor Graphics, Inc. Baltimore, Maryland.
- Anonimous. 1996. *Pemantauan Pencemaran Laut di Muara Sungai Siak, Riau, Juni-Nopember 1995*. Puslitbang Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Biro Bina Lingkungan Hidup Pemerintah Propinsi DATI I Jambi. 1995. *Laporan Pelaksana Program Kali Bersih Propinsi Daerah Tingkat I Jambi Tahun 1995 (Buku Kumpulan Data)*. BAPEDAL Jakarta.
- Bryan, G. W. 1976. *Heavy Metals Contamination in The Sea. in Marine Pollution* (Johnson edt.). New York, San Fransisco.
- Clark, R. B. 1986. *Marine Pollution*. Clarendom Press. Oxford.
- Connel, D. W. and G. J. Miller. 1983. *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. Yanti Koestoer (Penterjemah, 1995). *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Penerbit UI- Press. Jakarta.
- Gosner, K. L. 1971. *Guide to Identifications of Marine and Estuarine Invertebrates*. John Wiley and Son Inc. New York.
- ✓ Hutagalung, H. P. dan H. Razak. 1981. *Kandungan Logam Berat dalam Beberapa Perairan Indonesia*. Kondisi Lingkungan Pesisir dan Laut di Indonesia (K. Romimohtarto (ed.)). P30-LIPI. Jakarta.
- Hutagalung, H. P. dan S. Syamsu. 1987. *Heavy Metals Content in Some Seafood Collected from Muara Angke Fish Auction Place, Jakarta. (Marine Research in Indonesia 26)*. P30-LIPI. Jakarta.
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat*. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P30-LIPI. Jakarta.
- ✓ Lloyd, R. 1992. *Pollution and Freshwater Fish*. Trustees, The Buckland Foundation. Oxford-England.
- ✓ Marks, P. J. ; D. Dasklet, I. C. Potter and J. S. Bradley. 1980. *Relationship Between Concentration of Heavy Metals in Muscle Tissue and Body*

Weight of Fish from The Swan-Avon Estuary, Western Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res 31.

Mc Dowell, D. M. and B. A. O'Connor. 1977. *Hidraulic Behavior of Estuaries.* The Mc Millan Press. Ltd. London.

National Technical Advisory Committee (NTAC). 1980. *Water Criteria.* Report of National Technical Advisory Committee to Secretary of The Interior. Washington D.C.

Nybakken, J. W. 1982. *Marine Biology : An Ecological Approach.* M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukardjo (Penterjemah, 1992). *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis.* P. T. Gramedia. Jakarta.

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

~ Pescod, N.B. 1973. *Investigation of Rational Effluent and Streams Standard for Tropical Countries.* AIT. Bangkok.

Riley, J. P. and G. Skirrow. 1975. *Chemical Oceanography* vol. 1. Second edition. Academic Press. London.

Riyono, S.H. 1996. *Metode Penentuan Kadar Seston dengan Cara Gravimetrik.* (Tulisan). Puslitbang Oseanologi-LIPI. Jakarta.

~ Rohilan, I. 1992. *Keadaan Sifat Fisika dan Kimia Perairan di Pantai Zona Industri Krakatau Steel Cilegon.* (Skripsi). Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan IPB. Bogor.

Romimohtarto, N. N. 1991. *Pengantar Pemantauan Pencemaran Laut. Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya* (penyunting : D. H. Kunarso dan Riyono). P3O-LIPI. Puslitbang Sumberdaya Laut dan Air Tawar Jakarta. Jakarta.

Sanusi, H.S. 1985. *Akumulasi Logam Berat Hg dan Cd pada Tubuh Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal).* (Disertasi). Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Simon S. B. ; I. Sumantha, S. Rahayu, R. Makhe. 1995. *Kandungan Logam Berat dalam Ikan Waduk Saguling.* Prosiding Seminar Nasional IV Kimia dalam Industri dan Lingkungan. P3O-LIPI.

- Soegiarto, A. 1976. *Aspek Penelitian di dalam Pencegahan dan Penganggulangan Pencemaran Laut. Dalam Seminar Pencemaran Laut.* P30-LIPI. Jakarta.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics.* Bambang Sumantri (Penterjemah, 1993). *Prinsip dan Prosedur Statistika : Suatu Pendekatan Biometrik.* P.T. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Syahminan. 1996. *Studi Analisis dan Distribusi Pencemaran Logam Berat di Perairan Estuari Siak, Pekanbaru, Riau.* (Skripsi). Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Walpole. R.E. 1982. *Introduction to Statistics 3rd edition.* Bambang Sumantri (Penterjemah, 1995). *Pengantar Statistika.* P.T Gramedia. Jakarta.
- Uktoselya, H. 1991. *Beberapa Aspek Fisika Laut dalam Pencemaran. Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya* (D. H. Kunarso dan Riyono (eds.)). P30-LIPI. Puslitbang Sumberdaya Laut dan Air Tawar Jakarta. Jakarta



L A M P I R A N

Hal Cipta (Hak Cipta) Unsur-unsur:

1. Diciptakan sebagai karya atau jalinan karya yang terapan/inovasi/merah dan memperoleh bentuk
2. Berwujud atau tidak berwujud yang bersifat intelektual, seni/estetik, penemuan karya ilmiah, penemuan literatur, penemuan karya atau tingkah laku manusia
3. Berwujud atau tidak berwujud yang bersifat intelektual yang wajar (IPB University)
4. Diperoleh menggunakan dan memperhatikan selang waktu sesuai karya tulis itu dalam bentuk apapun tanpa ada IPB University

19. Alat siap untuk pengerjaan larutan standar dan contoh.
20. Selang penghisap dimasukkan ke dalam contoh, hingga larutan contoh terbakar dan molekul terurai.
21. Menekan tombol *ready*, dan komputer akan membaca absorbansi larutan (diulang duplo atau triplo).

Lampiran 2. Prosedur Analisis Logam Berat dalam Contoh Air Laut

1. Masukkan contoh air laut 500 ml (yang telah disaring μm 0,45) ke dalam corong pisah teflon.
2. Atur pH pada kisaran 3-4, jika contoh di luar kisaran maka untuk menaikkan pH tambahkan NaOH dan untuk menurunkan tambahkan HCl.
3. Tambahkan 8 ml larutan APDC (Ammonium pyrolidine dithiocarbamate) 2% dan 8 ml larutan NADDC (Natrium dietthyl pyrolidine dithiocarbamate) 2%, kocok selama 5 menit.
4. Tambahkan 25 ml pelarut MIBK (Methyl-isobutyl keton), kocok selama 5 menit.
5. Biarkan selama ± 5 menit agar kedua fasa air terpisah.
6. Tampung fasa airnya (fasa air ini digunakan untuk pembuatan larutan blanko laboratorium dan standar).
7. Masukkan 10 ml air suling bebas ion (akuabides) ke dalam corong pisah.
8. Kocok selama 5 detik. Biarkan kedua fasa terpisah. Buang fasa airnya.
9. Tambahkan 1,0 ml HNO_3 pekat. Kocok sebentar (± 1 menit). Biarkan selama 1 jam.
10. Tambahkan 19 ml akuabides. Kocok selama 1 menit. Biarkan agar kedua fasa terpisah
11. Tampung fasa airnya ke dalam botol polyetilen (± 25 ml). Siap diukur dengan AAS menggunakan nyala udara-asetilen.

Lampiran 3. Prosedur Analisis Logam Berat dalam Daging Ikan dan Jaringan Lunak Kerang (Berat Kering)

1. Ambil daging ikan/jaringan lunak kerang 2-4 gram (basah) dimasukkan dalam *beaker teflon*.
2. Panaskan dalam oven dengan suhu 60°C , selama 12 jam.
3. Setelah kering, didinginkan dalam suhu ruang dalam desikator, kemudian ditimbang dengan neraca analisis (digit deteksi 4 desimal).
4. Destruksi contoh.
 - a. tambahkan 10 cc HNO_3 pekat pro analisis (p.a)
 - b. diamkan selama 4 jam
 - c. panaskan di atas hot plate pada suhu 85°C , selama 8 jam dan dicegah agar tidak terjadi percikan.
 - d. Tambahkan 3 cc H_2O_2 , goyangkan *beaker teflon* agar bahan tercampur dan panaskan kembali selama 1 jam.
 - e. Tambahkan 3 cc H_2O_2 , goyangkan *beaker teflon* agar bahan tercampur dan dinginkan dalam suhu ruang.
 - f. Masukkan dalam teflon pisah, tepatkan menjadi 50 cc, pindahkan ke dalam botol polietilen.
5. Contoh siap untuk diperiksa dengan AAS.

Lampiran 4. Uji Beda Nyata (*t-test*) Terhadap Kadar Logam Berat dalam Daging Ikan dan Jaringan Lunak Kerang

A. Pada Bulan Juli 1996

1. Pb (Timbal)

Nama Biota	Mean-1	Mean-2	Selisih	t-value	Ket.
Sebelah vs Sembilang	34,753	18,278	16,475	1,007	Beda
Baug vs Sembilang	20,060	18,278	1,782	0,141	Beda
Kerang vs Sembilang	10,720	18,278	- 7,558	-0,624	Beda
Sebelah vs Kerang	34,753	10,720	24,033	2,080	Beda
Baug vs Kerang	20,060	10,720	9,340	1,825	Beda
Sebelah vs Baug	34,753	20,060	14,693	1,212	Beda

2. Cu (Tembaga)

Nama Biota	Mean-1	Mean-2	Selisih	t-value	Ket.
Sebelah vs Sembilang	17,253	16,809	0,444	0,413	Beda
Baug vs Sembilang	36,467	16,809	19,658	1,373	Beda
Kerang vs Sembilang	7,861	16,809	-8,948	-3,910	Beda
Sebelah vs Kerang	17,253	7,861	9,392	4,644	Beda
Baug vs Kerang	36,467	7,861	28,606	1,983	Beda
Sebelah vs Baug	17,253	36,467	-19,214	-1,345	Beda

3. Zn (Seng)

Nama Biota	Mean-1	Mean-2	Selisih	t-value	Ket.
Sebelah vs Sembilang	5,564	7,766	- 2,202	-2,257	Sama
Baug vs Sembilang	18,046	7,766	10,280	1,505	Beda
Kerang vs Sembilang	5,326	7,766	- 2,440	-0,590	Beda
Sebelah vs Kerang	5,564	5,326	0,238	0,057	Beda
Baug vs Kerang	18,046	5,326	12,720	1,602	Beda
Sebelah vs Baug	5,564	18,046	-12,482	-1,823	Beda

Keterangan : Selisih = (Mean-1) – (Mean-2)

Dua nilai tengah berbeda nyata jika Selisih \geq t-value

Taraf nyata 95%, $\alpha=0,05$

Perbandingan untuk logam Cd tidak ada karena Cd tidak terdeteksi dalam air.

Lanjutan Lampiran 4

B. Pada Bulan Nopember 1996

1. Pb (Timbal)

Nama Biota	Mean-1	Mean-2	Selisih	t-value	Ket.
Sebelah vs Sembilang	15,989	14,395	1,594	0,148	Beda
Baung vs Sembilang	33,122	14,395	18,727	1,893	Beda
Kerang vs Sembilang	4,378	14,395	-10,017	-1,031	Beda
Sebelah vs Kerang	15,989	4,378	11,611	1,895	Beda
Baung vs Kerang	33,122	4,378	28,744	6,556	Beda
Sebelah vs Baung	15,989	33,122	-17,133	-2,671	Beda

2. Cu (Tembaga)

Nama Biota	Mean-1	Mean-2	Selisih	t-value	Ket.
Sebelah vs Sembilang	18,846	22,393	-3,547	-0,322	Beda
Baung vs Sembilang	21,684	22,393	-0,709	-0,133	Beda
Kerang vs Sembilang	15,465	22,393	-6,928	-1,129	Beda
Sebelah vs Kerang	18,846	15,465	3,381	0,270	Beda
Baung vs Kerang	21,684	15,465	6,219	0,777	Beda
Sebelah vs Baung	18,846	21,684	-2,838	-0,233	Beda

3. Zn (Seng)

Nama Biota	Mean-1	Mean-2	Selisih	t-value	Ket.
Sebelah vs Sembilang	1,856	3,737	-1,881	-0,438	Beda
Baung vs Sembilang	3,292	3,737	-0,445	0,406	Beda
Kerang vs Sembilang	1,856	3,737	-1,881	-1,562	Beda
Sebelah vs Kerang	1,856	1,856	0,000	0,881	Beda
Baung vs Kerang	3,292	1,856	1,436	1,300	Beda
Sebelah vs Baung	1,856	3,292	-1,436	-0,699	Beda

Keterangan : $Selisih = (Mean-1) - (Mean-2)$

Dua nilai tengah berbeda nyata jika $Selisih \geq t-value$

Taraf nyata 95%, $\alpha=0,05$

Perbandingan untuk logam Cd tidak ada karena Cd tidak terdeteksi dalam air.