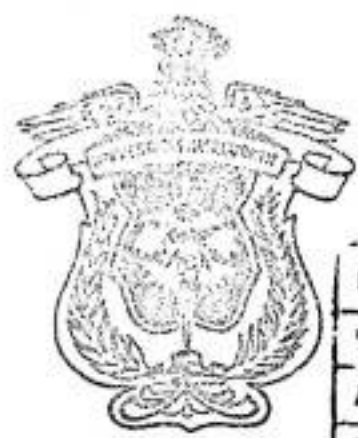


HANYA UNTUK DIBACA
DI PERPUSTAKAAN



**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cd, Pb DAN Sn
DALAM JARINGAN LUNAK KERANG DARAH (*Anadara granosa*)
DAN KERANG BULU (*Anadara inflata*) SERTA PADA
AIR PERMUKAAN**

SKRIPSI



Oleh :
RASTINA
90 22 015

PERPUSTAKAAN PUSAT UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. terima	14 Januari 97
Asal dari	-
Banyaknya	1 (satu) eks
Harga	
No. Inventaris	
No. Klas	SKR-KL95

RAS
a

**ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
UJUNG PANDANG**

1995

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cd, Pb DAN Sn DALAM JARINGAN LUNAK KERANG DARAH (*A.granosa*) dan KERANG BULU (*A.inflata*) SERTA PADA AIR PERMUKAAN

NAMA MAHASISWA : RASTINA

NOMOR MAHASISWA : 90 22 015

Skripsi Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :



(DR. ALFIAN NOOR, MSc)
Pembimbing Utama



(DRA. MAGDALENA LITAAY, MSc)
Pembimbing Anggota



(DRS. SYARIFUDDIN LIONG)
Pembimbing Anggota



Mengetahui :



(Prof. DR. Ir. H. M. NATSIR NESSA, MS)
Ketua Badan Pengelola Pendidikan ITK UNHAS

Tanggal Lulus : 11 April 1995

RINGKASAN PENELITIAN

RASTINA RACHIM, 90 22 015. *ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cd, Pb, DAN Sn DALAM JARINGAN LUNAK KERANG DARAH (Anadara granosa) DAN KERANG BULU (Anadara inflata) SERTA PADA AIR PERMUKAAN* di Perairan Sekitar Industri Kapal Indonesia dan Pelabuhan Rakyat Paotere Ujung Pandang; (dibawah bimbingan DR.Alfian Noor Msc, Dra.Magdalena Litaay Msc, dan Drs.Syarifuddin Liong)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat (Cd, Pb, dan Sn) dengan perantara hewan uji kerang dan sampel air yang diperoleh dari lokasi penelitian.

Konsentrasi logam berat yang terkandung dalam perairan di sekitar lokasi penelitian diduga telah melebihi keadaan alaminya akibat bahan buangan dari industri dan limbah rumah tangga yang ada di sekitarnya. Salah satu cara yang diketahui efektif untuk mengetahui timbungan logam pada suatu perairan untuk jangka waktu tertentu adalah dengan menghitung akumulasi logam berat yang tertimbun di dalam jaringan lunak bivalvia atau dengan menganalisis air yang diperoleh dari suatu perairan yang diduga tercemar.

Metode penelitian yang digunakan adalah menganalisis sampel yang diperoleh dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom dan hasil yang diperoleh di hitung dengan menggunakan rancangan acak sempurna.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd dalam jaringan lunak *A.granosa*, *A.inflata* dan air permukaan berturut-turut adalah berkisar 13,67 - 80,03 mg/kg bk; 8,03 - 74,70 mg/kg bk; dan t.t - 0,0579 mg/l. Sedangkan konsentrasi logam Pb pada *A.granosa* berkisar

6,53 - 46,05 mg/kg bk, pada *A.inflata* adalah 29,77 - 42,83 mg/kg dan pada air permukaan adalah berkisar 0,0748 - 0,2493 mg/l. Konsentrasi logam Sn pada *A.granosa* berkisar 31,31 - 102,81 mg/kg bk, pada *A.inflata* 49,48 - 137,84 mg/kg bk dan konsentrasi pada air permukaan berkisar 0,87 - 1,6 mg/l. Uji Statisti dengan rancangan acak lengkap menunjukkan bahwa tingkat penyerapan masing-masing sampel terhadap logam Cd, Pb dan Sn tidak terdapat perbedaan yang berarti.

Dengan melihat hasil yang diperoleh maka dapatlah dikatakan tingkat pencemaran logam Cd, Pb dan sn pada lokasi penelitian telah melebihi ambang atas yang telah direkomendasikan oleh menteri KLH dengan konsentrasi tertinggi berturut-turut adalah Sn, Cd dan Pb

ABSTRACT

RASTINA RACHIM, 90 22 015, *Analysis on Heavy Metal Cd, Pb and Sn Concentration in Kerang Darah (Anadara granosa) soft tissue and Kerang Bulu (Anadara inflata) and in Surface Water Around The area of Indonesia boat Industry and Paotere traditional harbour.*

This experiment is objected to observe heavy metal pollution (Cd, Pb and Sn) by conducting a test on oysters and water samples taken from the location of experiment.

The level of heavy metal disposal in waters around the Indonesia boat industry and Paotere traditional harbour is assumed to exceed the natural condition due to domestic wate and industrial effluent. One of the most effective way of finding out heavy metal accumulation in waters in a certain period of time is by analysing the concentration of heavy metal in soft tissue of bivalvia or analysing water samples taken from the polluted area.

The method of investigation applies atomic absorption spektrophotometer to find out heavy metal concentration in soft tissue *A.granosa* and *A.inflata* and surface water. The result of the experiment in then analysed in rancangan acak sempurna.

The result of the experiment shows that Cd metal concentration in *A.granosa*, *A.inflata*, soft tissue and surface water range between 13,67 - 80,03 mg/kg dry weight, 8,03 - 74,70 mg/kg dry weight and t.t - 0,0579 mg/l. Pb metal concentration in *A.granosa* is 6,53 - 46,85 mg/kg dry weight. in *A.inflata* and surface water respectively range between 29,77 - 42,83 mg/kg dry weight and 0,0748 - 0,2493 mg/l. Sn has the highest concentration in each sample ; in *A.granosa* 31,31 - 102,83 mg/kg dry weight, in *A.inflata* 49,48 - 137,84 mg/kg dry weight and concentration of 0,87 - 1,6 mg/l found ini surface water.

Statistical measurement using complete random plan shows no significant difference of sample absorption an Cd, Pb and Sn.

From the result of experiment, it is obvious that cd, pb and sn pollution in the location abserved has axeded the recommended level.

KATA PENGANTAR

Pencemaran pada wilayah perairan adalah suatu masalah yang menarik untuk dibicarakan akhir-akhir ini, mengingat pengaruh yang dapat ditimbulkan tidak hanya mengganggu keseimbangan ekosistem akan tetapi nantinya dapat berpengaruh bagi manusia.

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang sangat berbahaya namun keberadaannya pada suatu wilayah perairan seringkali terabaikan dan baru disadari setelah adanya korban. Hal ini dikarenakan senyawa masing-masing logam berat mempunyai sifat yang dapat merusak sel organisme. Bahaya pencemaran logam berat juga telah diatur oleh pemerintah melalui surat keputusan menteri Kependudukan dan Lingkungan Hidup dan peraturan pemerintah.

Penelitian mengenai "Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Sn Dalam Jaringan Lunak Kerang Darah (*A.granosa*) dan Kerang Bulu (*A.inflata*) serta Air Permukaan" ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata 1 pada Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin, juga untuk memberikan masukan dalam bidang ekotoksikologi dan mengingatkan diri dan masyarakat tentang arti pentingnya menjaga lingkungan.

Ujung Pandang, Maret 1995

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan merampungkan skripsi ini.

Terima kasih yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada :

1. Bapak DR.Alfian Noor, MSc., selaku pembimbing utama serta kepada ibu DRA.Magdalena Litaay, MSC, dan bapak DRS.Syarifuddin Liong, atas segala bimbingannya yang telah diberikan selama penelitian berlangsung hingga rampungnya skripsi ini.
2. Seluruh dosen PS. ITK - UH yang telah memberikan bantuannya kepada penulis.
3. Bapak Hamzah, Sulong, dan Bapak Panjang, yang telah memberikan bantuannya selama masa pengambilan sampel.
4. Rekan-rekan mahasiswa ITK, khususnya pada rekan peneliti saudari Zusany, Achmad Thamrin, dan rekan-rekan yang lain yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dorongan kepada penulis.

Tidak lupa ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada Bapak dan Ibunda serta seluruh kakak-kakak penulis atas segala doa, dorongan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhirnya penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, namun penulis berharap semoga dapat memberikan manfaat kepada kita semua.

Ujung Pandang, Maret 1995

Penulis

(Rastina Rachim)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN PENELITIAN	ii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Maksud Penelitian	4
I.3. Tujuan Penelitian	4
I.4. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1. Tinjauan Umum Unsur-Unsur Logam Berat ..	6
a. Cadmium (Cd)	7
b. Timbal (Pb)	9
c. Timah (Sn)	10
II.2. Tinjauan Umum Kerang Darah dan Kerang Bulu.	12
II.3. Bivalvia Indikator	13
II.4. Akumulasi Logam Berat Pada Bivalvia	14
II.5. Tinjauan Umum Logam Berat Dalam Air Laut .	17
II.6. Spektrofotometer Serapan Atom	20
a. Hubungan SSA dengan konsentrasi	21
III. METODE PENELITIAN	22
III.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	22
III.2. Alat dan Bahan	22

III.3. Prosedur Penelitian.....	24
a. Metode pengambilan sampel	24
b. Prosedur analisis	24
III.4. Perhitungan analisis data	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
IV.1. Keadaan Umum Lokasi Penelitian	29
IV.2. Logam Kadmium (Cd)	30
IV.3. Logam Timah Hitam (Pb)	34
IV.4. Logam Timah Putih (Sn)	37
IV.5. Kandungan Logam Berat Dalam Jaringan Lunak Kerang Dan Air Permukaan	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
V.1. Kesimpulan	43
V.2. Saran	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Parameter Fisika Kimia Perairan	28
2. Konsentrasi Logam Cd Dalam Jaringan Lunak Hewan Sampel dan Air Permukaan	31
3. Konsentrasi Logam Pb Dalam Jaringan Lunak Hewan Sampel dan Air Permukaan	34
4. Konsentrasi Logam Sn Dalam Jaringan Lunak Hewan Sampel dan Air Permukaan	38
5. Konsentrasi Logam Cd, Pb dan Sn Yang Terukur Dalam Jaringan Lunak Kerang dan air Permukaan.	40
6. Konsentrasi Normal Logam Cd, Pb dan Sn Dalam Air Laut	41
7. Konsentrasi Normal Logam Cd, Pb dan Sn Dalam Jaringan Lunak Kerang	42

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Sebaran Logam Cd Pada Masing-Masing sampel Untuk Setiap Stasiun Pengamatan	32
2.	Sebaran Logam Pb Pada Masing-Masing sampel Untuk Setiap Stasiun Pengamatan	35
3.	Sebaran Logam Sn Pada Masing-Masing Sampel Untuk Setiap Stasiun Pengamatan	39
4.	Peta Lokasi Penelitian	17

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Data Akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Sn Pada Air Permukaan (mg/l) di Perairan Sekitar PT.IKI UP	1
2. Data Akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Sn Pada <i>Anadara granosa</i> (mg/kg bk)	2
3. Data akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Sn Pada <i>Anadara inflata</i> (mg/kg bk)	3
4. Perhitungan Garis Regresi Logam Berat Cd ..	4
5. Perhitungan Garis Regresi Logam Berat Pb ..	5
6. Perhitungan Garis Regresi logam Berat Sn ..	6
7. Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut dan Standar Kualitas Air limbah (SK.MENTERI KLH 1988)	7
8. Contoh Perhitungan Konsentrasi Logam Cd, Pb, dan sn Pada Jaringan Lunak <i>A.granosa</i> dan <i>A.inflata</i>	9
9. Kondisi Optimum Spektrofotometer Serapan Atom	12
10. Hasil Analisis Statistika Tingkat Penyerapan <i>A.granosa</i> dan <i>A.inflata</i> Terhadap Logam Cd, Pb, dan Sn	13
11. Parameter Fisika Kimia Perairan Yang Diukur Dari-9 Stasiun Pada Lokasi Penelitian	17
12. Peta Lokasi Penelitian	18

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Ujung Pandang merupakan salah satu kota besar yang terdapat di Indonesia dengan jumlah penduduknya yang semakin hari semakin bertambah. Pertambahan penduduk ini selalu diiringi dengan kenaikan jumlah konsumen, perkembangan teknologi dan industri serta usaha-usaha untuk mengeksploitasi sumber-sumber kekayaan alam yang kesemuanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia.

Semakin majunya industri di Ujung Pandang akan dapat memberikan jaminan pemenuhan kebutuhan hidup manusia dan dapat mengatasi masalah ketenagakerjaan. Namun sangat disayangkan bahwa hal ini tidak terlepas dari dampak negatif yang dihasilkan yaitu berupa pencemaran akibat limbah industri yang nantinya dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan.

Seperti halnya pada perairan pantai bagian Utara kota Ujung Pandang, tempat bermuaranya sungai Tallo yang merupakan salah satu sungai yang dijadikan sebagai tempat pembuangan limbah baik yang berasal dari limbah rumah tangga maupun limbah pabrik atau industri yang ada di sekitarnya, seperti industri kapal Indonesia, pabrik terigu, industri pembekuan udang dan ikan serta terdapatnya pelabuhan rakyat Paotere. Hal ini dapat

menimbulkan pencemaran yang serius terhadap lingkungan di sekitarnya (air, sedimen, dan organisme air).

Limbah industri yang berupa logam berat Cd, Pb, dan Sn yang diduga banyak mencemari perairan sekitarnya, pada konsentrasi tertentu akan bersifat toksis bagi organisme baik secara langsung maupun tidak langsung yang nantinya dapat berakibat buruk terhadap organisme itu sendiri dan manusia yang mengkonsumsinya.

Sebagai contoh, pada akhir tahun 1930 - an di Jepang didirikan pabrik di pantai Minimata untuk memproduksi vinil klorida dan formaldehida. Hasil sampingan dari produk tersebut mengandung Hg yang dibuang ke dalam teluk. Melalui proses biomagnifikasi, ikan-ikan laut dan kerang-kerang mengakumulasi senyawa majemuk ini dalam konsentrasi yang tinggi. Ikan-ikan dan kerang-kerang ini selanjutnya dikonsumsi oleh masyarakat setempat. Kira-kira 15 tahun kemudian sejak pembuangan Hg ini dimulai, keanehan mental dan cacat saraf secara permanen mulai terlihat diantara penduduk setempat terutama anak-anak. Keanehan-keanehan mental ini dikenal sebagai tragedi Minimata (Nybakken, 1992). Setelah itu menyusul kasus pencemaran Cd yang juga terjadi di Jepang. Kasus ini menyebabkan suatu jenis penyakit yang terkenal dengan nama penyakit itai-itai. Beberapa tahun yang lalu di perairan teluk Jakarta pernah pula diisukan terjadi pencemaran logam berat yang diteliti dari kerang hijau.

Sebenarnya unsur-unsur logam berat sangat bermanfaat dalam kehidupan manusia, misalnya dapat dipakai sebagai bahan baku, bahan tambahan dalam berbagai industri. Namun timbulnya kasus pencemaran logam berat di beberapa lokasi perairan telah menyebabkan adanya rasa takut masyarakat yang berlebihan terhadap logam berat.

Dari contoh tersebut diatas menunjukkan bahwa salah satu hewan yang menarik untuk dikaji pada perairan yang berkaitan dengan ekotoksikologi adalah dari jenis kekerangan dalam hal ini dipilih kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang bulu (*Anadara inflata*), karena kedua jenis kerang ini terdapat di perairan tersebut dan banyak di tangkap oleh masyarakat setempat untuk dikonsumsi.

Mengingat adanya kemampuan jenis kerang-kerang untuk mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya, maka dapatlah dijadikan sebagai salah satu indikator untuk menentukan seberapa besar tingkat pencemaran logam berat di perairan pantai bagian Utara Ujung Pandang.

Dalam halnya logam berat, merupakan bahan pencemar yang paling mudah diamati dan ditera keberadaanya dalam tubuh biota laut, dibanding senyawa pencemar lainnya seperti DDT, PCBs dan sebagainya.

Pengukuran kontaminan logam berat pada suatu lingkungan perairan lebih representatif apabila digunakan perantara logam berat dalam jaringannya dan bukan langsung mengukur konsentrasi di air atau sedimen.

I.2. Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan analisis kandungan logam berat Cd, Pb dan Sn yang terdapat pada kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang bulu (*Anadara inflata*) serta pada air permukaan yang diperoleh dari perairan pantai Utara Ujung Pandang tepatnya di sekitar industri Kapal Indonesia dan pelabuhan Rakyat Paotere.

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- mengetahui distribusi logam berat Cd, Pb dan Sn yang terdapat disekitar perairan pelabuhan rakyat Paotere dan Industri Kapal Indonesia;
- mengetahui tingkat akumulasi logam berat Cd, Pb dan Sn pada indikator kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang bulu (*Anadara inflata*);
- mengetahui apakah kandungan logam berat dalam jaringan lunak bivalvia dan air permukaan tersebut telah melebihi baku mutu yang diijinkan.

I.4. Manfaat Penelitian

Informasi yang didapat dari hasil penelitian ini diharapkan dapat menjelaskan kondisi perairan pantai Utara Ujung Pandang dalam hubungannya dengan keberadaan PT. IKI dan beberapa industri lainnya yang membuang limbah di aliran sungai Tallo. Disamping itu dengan

mengetahui kandungan logam berat (Cd, Pb dan Sn) yang terdapat dalam jaringan lunak kerang, dapat digunakan untuk mengingatkan masyarakat yang mengkonsumsi jenis kerang tersebut terhadap bahaya yang dapat ditimbulkan dari keracunan logam berat. Utamanya yang ditangkap di sekitar wilayah penelitian serta mengingatkan kalangan industri mengenai bahaya pencemar logam berat bagi manusia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Tinjauan Umum Unsur-Unsur Logam Berat

Dalam banyak penerbitan dua istilah yang biasa digunakan untuk menyebut unsur-unsur logam yang dibahas sebagai polutan adalah logam berat (*heavy metal*) dan logam ringan (*trace metal*).

Unsur-unsur logam berat secara normal adalah yang mempunyai nomor atom antara 22 sampai 92 pada semua periode 3 sampai 7 susunan berkala unsur-unsur (Waldichuk, 1974).

Adapun unsur-unsur logam berat yang diteliti yaitu cadmium yang tergolong dalam logam transisi, timbal (Pb) dan timah (Sn) termasuk dalam golongan logam berat (Cotton dan Wilkinson, 1976). Selanjutnya dikemukakan bahwa ciri-ciri unsur transisi antara lain adalah mereka mampu membentuk persenyawaan dengan sesama logam atau yang mirip logam, dan dengan sedikit pengecualian mereka mempunyai valensi yang beragam disamping semua anggotanya berwujud logam.

Logam berat mempunyai ciri yang tidak dapat diuraikan oleh bakteri dan tidak dapat dihilangkan, tetapi reaktif melalui banyak cara terhadap tumbuhan dan hewan dan kadang-kadang disertai efek yang merugikan (Anonymous, 1993).

Logam berat dalam jumlah yang sedikit telah menjadi bagian dari hidrosfir sejak awal masa geologis, bertambah melalui pelapukan/penuaan karang dan aktifitas vulkanis (Klein dan Goldberg, 1970, dalam Winona dkk., 1979). Konsentrasi logam berat dalam lingkungan juga telah meningkat sejalan dengan berkembangnya masyarakat industri (Johnels dan Westermarck, 1969, dalam Winona dkk., 1979). Air estuaria dan laut pesisir adalah tempat tertimbunnya logam berat yang dilepas dari kegiatan anthropogenic, dan logam yang terdapat dalam organisme laut mencerminkan meningkatnya konsentrasi tersebut pada air laut (Klein dan Goldberg, 1970 dalam Winona dkk., 1979).

a. Cadmium (Cd)

Cadmium didapat dari pertukaran isomorf pada hampir semua bijih seng (Cotton dan Wilkinson, 1976). Cadmium mempunyai sebaran yang luas di muka bumi, tetapi keberadaannya selalu terkait dengan seng dan secara komersial di dapat sebagai produk sampingan dari peleburan seng.

Unsur cadmium yang terdapat dalam air laut yang berasal dari industri ditemukan dalam bentuk garam. Prinsip utama penggunaan cadmium adalah sebagai stabilisator, digunakan pada pembuatan amalgama gigi, solder aluminium, lampu pijar, sebagai bahan cat, industri-

alat-alat listrik, dipakai untuk melindungi besi dan baja dari karat, dan digunakan sebagai penangkap neutron pada reaktor nuklir (Diannanjaya, 1989).

Industri yang dimungkinkan turut andil dalam memasukkan cadmium adalah industri kimia, petrokimia, pupuk, pengeboran minyak, mesin motor, penyepuhan pesawat terbang, industri baja dasar dan industri logam non besi (Supriheryono dkk., 1989).

Didalam sistem biologis, hubungan antara Zn dan Cd merupakan hal yang penting, sebagai perbandingan diantara keduanya Zn dan Cd sering dianggap sama. Pada binatang, Cd berikatan dengan protein mellothionen. Ikatan Cd dengan protein tersebut tidak banyak bila dibandingkan dengan ikatan Hg-protein, tetapi lebih besar dari pada Zn. Didalam tubuh, transportasi Cd melalui sel-sel darah merah. Kadar Cd dalam darah di bawah $1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ tetapi yang aktif berada diantara $1 - 10 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Keracunan Cd kronik dapat dilihat dari kelainan bentuk kerangka, penurunan berat badan yang nyata sedikit tekanan fisik seperti batuk dan sempoyongan (Gan, dkk., 1981).

Untuk pengamanan organisme laut terhadap bahaya keracunan logam cadmium, maka Enviromental Protection Agency (1973) telah menetapkan kadar maksimum cadmium (Cd) dalam air laut sebesar 10 ppb .

b. Timbal (Pb)

Timbal termasuk dalam golongan IV A mempunyai sifat kimia kation. Ion Pb^{++} terhidrolisis sebagian dalam air. Kebanyakan garam timbal hanya larut sebagian dalam air, dan beberapa senyawa timbal yang lain seperti $PbSO_4$ dan $PbCrO_4$ tidak larut sama sekali (Cotton dan Wilkinson, 1976). Timbal dalam laut dimungkinkan ada dalam bentuk $PbCl_2$, $PbCl^+$, dan $PbOH^+$.

Fungsi biologis timbal belum diketahui dengan jelas (Huheey, 1983), namun demikian Pb dikatakan sebagai bahan pokok yang penting bagi pembentukan tulang. Tetapi dalam dosis yang tinggi Pb adalah logam beracun dan berbahaya, karena dapat menimbulkan penyumbatan sel-sel darah merah dan mempengaruhi anggota tubuh lainnya. Keracunan Pb dalam darah adalah jika kandungan dalam darah mencapai 0,8 ppm bagi orang dewasa atau 0,4 ppm untuk anak-anak. Secara umum kandungan Pb dalam darah mencapai 0,2 ppm. Peracunan karena Pb dapat menyebabkan anemia, hal ini disebabkan karena Pb bereaksi dengan suatu enzim yang berhubungan dengan sintesis butir darah merah (Gan, dkk., 1981).

Pb banyak dipakai pada industri logam, pembuatan mesin, pelapisan kabel, solder, bahan bakar kendaraan bermotor. Selain itu digunakan untuk pembuatan lempengan baterai dan aki. Sedangkan persenyawaan Pb seperti Pb putih, Pb merah (Pb_3O_4) yang dikenal sebagai mani, $PbCrO_4$

yang berwarna kuning, digunakan sebagai bahan pewarna cat karena sifatnya yang sangat sedikit larut dalam air menghasilkan lapisan pelindung yang baik dan terdapat dalam aneka warna.

Senyawa tetraetil-Pb dipakai sebagai anti ketuk (yang mengurangi bunyi berisik mesin). Salah satu pemakaian Pb yang menarik adalah industri keramik dimana pemakaian bahan dasarnya adalah silika yang bereaksi dengan oksida-oksida lainnya menghasilkan kompleks silika dan senyawa PbO ditambahkan pada campuran ini sehingga menghasilkan sifat mengkilap seperti kaca. Untuk pengamanan organisme laut terhadap bahaya keracunan logam Pb, maka Environmental Protection Agency (1973) telah menetapkan kadar maksimum Pb dalam air laut sebesar 10 ppb.

c. Timah (Sn)

Timah (Sn) adalah salah satu elemen yang sukar dianalisis yang terkandung dalam air laut, terutama karena Sn berada dalam konsentrasi ($0,1 \mu\text{g/l}$) dan biasanya dalam keadaan terkontaminasi (Edward, 1976). Senyawa tributyl-tin (TBT) merupakan turunan organik dari timah (Sn^{IV}) yang ditandai dengan adanya ikatan kovalen antara tiga atom C dan satu atom Sn. Unsur-unsur ini menyesuaikan diri dalam bentuk $(n - \text{C}_4\text{H}_9)_3 \text{Sn} - \text{x}$, dimana X adalah anion atau kelompok rantai kovalen yang menembus sebagai hetero atom (Dobson, 1990).



Senyawa TBT berbeda dengan " inorganic-tin" dalam sifat dan efeknya. Suatu hal yang penting dari kelompok ini adalah tributyltin oksida (TBTO). TBTO diketahui mempunyai kemurnian diatas 96 persen.

Selanjutnya dikatakan bahwa senyawa tributyltin didaftar sebagai moluskisida, sebagai anti fouling pada perahu, dermaga, pelampung, jaring, sebagai pengawet kayu, sebagai anti lumut pada tembok, sebagai desinfektan, sebagai biosida pada alat pendingin, sebagai pendingin pada pembangkit listrik, dipergunakan pada pabrik pulp dan kertas, industri minuman dan penyamakan kulit.

Efek TBTO bervariasi menurut keadaan dimana zat tersebut berada dalam lingkungan perairan khususnya tergantung pada organisme yang berada pada lingkungan estuaria atau pesisir pantai. Penyebarannya dilaut perlu diketahui agar diperoleh sejumlah besar unsur yang terendap dari berbagai jenis.

Beberapa peneliti dalam Dobson (1990) telah melakukan penelitian tentang adsorpsi dan desorpsi TBTO dalam penelitian laboratorium, penelitian lapangan, penelitian yang dilakukan dengan model mikro dan model matematika. Sebelum tahun 1960, TBTO dan TBT flouride banyak diteliti terutama di Afrika, dengan menggunakan hewan uji moluska dari beberapa species siput yang diperoleh dari air tawar yang merupakan pembawa penyakit Schistosoma.

Selanjutnya dikemukakan oleh Roger (1927), bahwa jumlah Sn yang sedikit biasanya ditemukan dalam air yang telah melewati pipa timah atau berlapis timah. Logam ini bila ada, dapat dihilangkan bersama Fe dengan NH_4H dalam sistem pemisahan Pb, Zn dan Cu. Belum ada metode yang memadai untuk memisahkan secara kuantitatif Sn yang berjumlah kecil tetapi perkiraan dapat diperoleh dengan mengikuti metode penentuan Sn untuk makanan kaleng.

II.2. Tinjauan Umum Kerang Darah dan Kerang Bulu

Keberadaan kerang di Indonesia diperkirakan sebanyak kurang lebih 1000 jenis yang hidup di perairan. Mereka hidup menetap di dasar laut, ada yang membenamkan diri dalam pasir atau lumpur bahkan ada pula yang membenamkan diri ke dalam kerangka karang-karang batu. Berbagai jenis melekatkan diri pada substratnya dengan menggunakan biskusnya. Salah satu contoh kerang darah (*Anadara granosa*) (Nontji, 1986).

Kerang darah dan kerang bulu termasuk kedalam phylum Mollusca, class Bivalvia, ordo Arcoida, genus *Anadara* (Barnes, 1974).

Anadara inflata (Reeve, 1844) mempunyai ciri berbentuk hampir seperti kotak. Bagian eksternalnya mempunyai rusuk-rusuk yang sangat menonjol dan tampak pula dari sisi dalamnya. Bagian isi cangkangnya sempit,

cangkangnya tebal, berambut dan berwarna coklat tua. Sedangkan *Anadara granosa* (Linnaeus, 1759) berbentuk hampir bulat dengan sedikit penonjolan pada bagian anterior dan posteriornya. Rusuk-rusuk eksternalnya juga sangat tegas dan tampak dari bagian dalam, berwarna putih dan coklat.

Holo dan mero plankton, invertebrata yang hidup sebagai benthos, crustacea, mollusca dan ikan mempunyai ketahanan yang berbeda-beda terhadap kontaminasi logam berat (Barnes & Hughes, 1988).

11.3. Bivalvia Indikator

Organisme yang dapat dijadikan sebagai indikator polusi adalah yang mempunyai kemampuan untuk mengakumulasikan lebih banyak polutan kedalam tubuhnya. Meskipun dalam konsentrasi yang rendah logam berat bersifat normal namun dalam konsentrasi yang tinggi merupakan racun yang potensial dan sangat mengganggu sistem ekologi perairan. Winona, dkk. (1979) mengungkapkan bahwa bivalvia memiliki sejumlah karakteristik yang menjadikannya sebagai model yang menarik dalam penelitian tentang logam berat :

1. bivalvia menghuni daerah estuaria/muara dan laut pesisir yang paling cenderung terpolusi,
2. keadaannya yang menempel membuatnya tidak bermigrasi dari sumber polusi,

3. bivalvia menunjukkan rentang usia yang panjang, sehingga memungkinkan untuk dideteksi dalam jangka beberapa tahun,
4. penyebarannya yang luas, dan
5. mudah dikumpulkan dan kepadatan yang tinggi di daerah pesisir.

Cd seperti halnya merkuri menunjukkan toksitas yang tinggi pada moluska, George (1977) dalam Winona, dkk. (1978) melaporkan bahwa cadmium ($CdCl_2$) terakumulasi dua kali lebih cepat dari larutan jika Cd tercampur dengan bahan organik (seperti EDTA, Pectin, atau Alginat). Dinyatakan juga bahwa dengan percampuran ion-ion logam akan terjadi suatu mekanisme yang secara efektif akan melemahkan Cd dan mencegah interaksi dengan enzim esensial dalam sel, hingga mencapai konsentrasi jenuh.

Sehubungan dengan pertumbuhan dan perkembangan fase reproduksinya, Winona dkk. (1978) mengatakan bivalvia kemungkinan dapat diekspos terhadap logam berat sepanjang tahapan kehidupannya, akan tetapi tiap tahapan yang terbentuk dalam perkembangannya menuju kedewasaan akan bertambah daya tahannya terhadap konsentrasi logam berat yang lebih tinggi.

II.4. Akumulasi Logam Berat Pada Bivalvia

Pada umumnya, absorpsi logam berat pada tumbuhan dan hewan adalah karena adanya gradien pada permukaan sel dan

pengikatan oleh unsur terpenting sel, cairan tubuh, dan lain-lain. Disamping itu logam berat juga masuk kedalam tubuh melalui makanan. Sedangkan pengeluaran logam berat dari tubuh organisme laut melalui dua cara yaitu ekskresi melalui permukaan tubuh dan insang serta melalui isi perut dan urine. Sebagian besar logam berat masuk kedalam tubuh organisme melalui rantai makanan dan hanya sedikit yang diambil langsung dari air. Dalam sistem rantai makanan kandungan logam berat yang tertinggi umumnya ditemukan pada invertebrata jenis filter feeder seperti kerang-kerang dan tiram (Plasket dan Potter 1979 dalam Kunarso dan Ruyitno 1991).

Akumulasi terjadi karena logam berat dalam tubuh organisme cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme. Dengan demikian terfiksasi dan tidak diekspresikan oleh organisme yang bersangkutan.

Mekanisme masuknya logam berat ke dalam sel melalui dua cara. Pertama melalui terobosan langsung logam kedalam sel, dan yang kedua melalui endositosis. Bentuk-bentuk persamaan logam sebelum masuk kedalam sel bergantung pada jenis logam yang bersangkutan. Cadmium dan Timbal bereaksi dengan senyawa fosfat pada kedua lapisan lemak membran sel sebelum membentuk senyawa kompleks didalam sitoplasma. Reaksi pembentukan kompleks logam setelah logam atau persenyawaannya menerobos

membran sel terjadi melalui reaksi phospat, atau pembentukan garam dengan senyawa cytosol yang mempunyai affinitas tinggi, senyawa spesifik (metalothionin), substrat, produk aktivitas enzimatis atau bahkan enzim itu sendiri.

Unsur-unsur logam berat pada umumnya dibutuhkan oleh organisme laut dalam proses metabolisme untuk pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tubuhnya, sebagai contoh Co dibutuhkan untuk membentuk vitamin B₁₂, Fe pembuatan Hemoglobin, sedangkan Zn berfungsi untuk mengaktifkan enzim hidrogenase. Bahkan kadar logam berat yang terlalu rendah dalam suatu perairan dapat menyebabkan berbagai organisme yang hidup didalamnya menderita defisiensi (Bryan, 1976 dalam Kunarso dan Ruyitno, 1991). Namun unsur logam berat dalam jumlah berlebihan akan bersifat racun. Hal ini disebabkan terbentuknya senyawa merkaptida antara logam berat dan gugus -SH yang terdapat dalam enzim, sehingga aktivitas enzim tidak berlangsung.

Bivalvia adalah tipe organisme filter feeder (Barnes. 1974). Sehingga dapat dikatakan bahwa terakumulasinya logam berat oleh bivalvia tersebut adalah berasal dari sedimen pada saat tersuspensi, air, phytoplankton atau dari makanan lainnya.

Faktor konsentrasi (kemampuan organisme mengakumulasi logam berat) didefinisikan sebagai perbandingan kadar logam berat dalam tubuh organisme dan

dalam airnya. Faktor konsentrasi ini tergantung pada jenis logam berat, organisme, lama pemaparan serta kondisi lingkungan perairan seperti pH, salinitas dan suhu. Sebagai contoh, moluska bivalvia yang dipelihara dalam air yang mengandung Cd^{2+} 10 ppm dapat mengakumulasinya sampai 352 kali lebih tinggi dari kadar Cd yang terdapat dalam air tadi (Kunarso dan Ruyitno, 1991).

Akumulasi, distribusi dan hilangnya logam berat dari jaringan dipengaruhi oleh faktor intrinstik termasuk umur, ukuran, berat, kondisi reproduktif dan bangun logam berat yang didapat serta oleh faktor lingkungan luar termasuk hidroklimat (khususnya suhu dan salinitas), konsentrasi, lama ekspos, bentuk kimiawi logam dalam air laut dan juga pengaruh satu jenis logam terhadap terambilnya logam lain (Winona, dkk., 1979).

II.5. Tinjauan Umum Logam Berat dalam Air Laut

Menurut Mart, dkk., (1982) dan Bruland (1983) dalam Merian (1991) bahwa kadar konsentrasi Cd, Pb, Cu, Ni, Co dan ion logam lainnya sangat berbeda antara permukaan dan ion logam lainnya sangat berbeda antara permukaan dengan lapisan air laut dalam (Pasifik, Atlantik, Artik, Mediterania dan Laut Utara) serta laut pesisir (dipengaruhi oleh input antropogenik). Seperti yang telah disebutkan pada penelitian sebelumnya (Nurnberg dan Mart, 1985) bahwa unsur pada air dalam/lapisan permukaan

mempunyai rasio tinggi seperti Cd dan Zn yang disebut sebagai unsur tipe nutrien karena konsentrasinya berkorelasi dengan nutrien seperti fosfat.

Selanjutnya dikemukakan pula bahwa pada tahun terakhir ini pengukuran secara ekotoksikologi senyawa logam telah dilakukan pada perairan alami. Hal ini khususnya cocok untuk logam runtu (trace metal) pada lingkungan utama seperti Cd, Pb, Cu, Zn dan Hg dalam air laut dengan melihat konsentrasi yang sangat rendah. Semakin rendah konsentrasi logam terlarut pada air alami, semakin kritis bagi ekosistem sekalipun sedikit tambahan masuknya ion logam yang sama ke dalam lingkungan laut.

Secara alamiah unsur logam berat terdapat dalam air laut, namun dalam jumlah yang sangat rendah. Kadar ini dapat meningkat bila limbah yang banyak mengandung logam berat masuk ke dalam lingkungan laut. Limbah ini berasal dari aktifitas manusia di laut dan di darat. Aktifitas di laut berasal dari pembuangan sampah atau air ballast dari kapal-kapal, penambangan logam di laut dan lain-lain. Sedangkan aktifitas di darat bisa berasal dari limbah perkotaan, pertambangan, pertanian, dan perindustrian. Dari jenis-jenis limbah ini umumnya yang paling banyak mengandung logam berat adalah limbah industri. Hal ini disebabkan senyawa atau unsur logam berat sangat banyak dimanfaatkan dalam industri baik sebagai bahan baku, katalisator, fungisida maupun sebagai

additif. Limbah industri yang banyak mengandung logam berat ini akan terbawa oleh sungai ke laut. Oleh karena itu limbah industri ini merupakan sumber pencemar logam berat yang potensial bagi perairan laut (Kunarso dan Ruyitno, 1991).

Saeni, 1989, menyatakan bahwa beberapa logam berat merupakan logam yang paling berbahaya dari zat-zat pencemar unsur lainnya. Unsur-unsur ini yang umumnya logam-logam yang terdapat pada bagian pojok bawah kanan dari daftar berkala, terdapat di antaranya logam-logam yang merupakan unsur pokok seperti besi dan unsur-unsur bahaya seperti timbal, cadmium dan merkuri.

Cadmium masuk ke lingkungan perairan dengan melalui banyak cara seperti yang dijelaskan oleh Clark (1986), antara lain sebagai berikut:

- limbah pencucian dari industri penyepuhan mengandung 100 - 500 ppm cadmium,
- industri besi, baja dan logam lain yang tidak memanfaatkan unsur besi menghasilkan debu, asap, limbah cair, dan endapan lumpur yang mengandung cadmium,
- seng yang digunakan untuk melapisi logam lain mengandung 0,2 % cadmium, diperkirakan seluruh unsur cadmium ini dibuang ke lingkungan melalui korosi dalam 4 - 12 tahun,
- limbah lumpur mengandung cadmium samapai dengan 30 ppm. Cd bersama unsur Zn merupakan zat pencemar umum dalam air

dan sedimen di pelabuhan-pelabuhan di sekitar instalasi industri. Cd dalam air laut dimungkinkan dalam bentuk $CdCl_2$, $CdCl^+$, $CdCl_2^-$.

II.6. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom adalah suatu spektrofotometer yang memanfaatkan fenomena resapan (serapan) sebagai dasar pengukurannya dimana terjadi penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam keadaan gas. Daerah spektrum yang termasuk dalam metode ini adalah sinar tampak ultra lembayung. Dalam analisis secara SSA unsur yang dianalisis berada sebagai atom-atom yang netral, dalam keadaan uap dan disinari dengan berkas sinar yang berasal dari sumber sinar.

Day dan Underwood (1986) menyatakan bahwa nyala pada adsorpsi sendiri merupakan suatu sumber emisi, seperti juga pada fotometri nyala dan detektor tanggap terhadap radiasi dari nyala maupun dari sumber katoda cekung. Namun bila tidak dikoreksi, hal ini mungkin dapat mengganggu pengukuran adsorpsinya, jika radiasi terpancar dari nyala dan radiasi yang tidak terserap yang berasal dari sumber katoda cekung tidak ada perbedaannya, maka harga-harga adsorpsi akan mungkin terlalu rendah dan mungkin akan terpengaruhi oleh fluktuasi emisi nyala yang mengganggu.

a. Hubungan SSA dengan konsentrasi

Analisis secara SSA didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam keadaan gas. Pada umumnya analisis secara SSA dilakukan dalam nyala. Bila suatu senyawa tertentu dimasukkan dalam nyala, maka senyawa ini akan menguap lalu terurai menjadi atom-atom unsur. Sebagian atom-atom yang terjadi ini dapat menyerap energi cahaya pada panjang gelombang khas dan elektron-elektron akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Atom-atom unsur logam dapat menyerap sinar dengan panjang gelombang tertentu. Penyerapan sinar ini sebanding dengan konsentrasi atom dalam nyala. Dengan mengukur penyerapan cahaya oleh atom-atom dalam nyala maka konsentrasi Log dalam contoh dapat ditentukan (Wahab, 1981-1982).

III. METODE PENELITIAN

III.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian tentang distribusi logam berat Cd, Pb dan Sn dalam jaringan lunak kerang darah (*Anadara granosa*) dan kerang bulu (*Anadara inflata*) serta pada air permukaan ini dilaksanakan pada bulan Oktober 1994 sampai dengan bulan Januari 1995. Jangka Waktu ini meliputi survey lapangan, pengambilan sampel di lokasi penelitian, analisis sampel di laboratorium dan analisis data.

Adapun lokasi pengambilan sampel dilakukan pada perairan disekitar Industri Kapal Indonesia (PT IKI) pada perairan pantai bagian Utara kotamadya Ujung Pandang. Sampel yang diambil selanjutnya dianalisis di laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia-Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin.

Lokasi penelitian terlihat pada lampiran (12).

III.2. Alat dan Bahan

a. Alat-alat

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Spektrofotometer Serapan Atom Shimadzu model AA. 640.13
- Lampu katoda berongga untuk logam Cd, Pb dan Sn
- Pemanas listrik

- Neraca analitik
 - Gelas piala
 - Gelas ukur
 - Pipet gondok
 - Pipet ukur mikro
 - Labu ukur
 - Botol plastik
 - Pipet tetes
 - Corong
 - Batang pengaduk
 - Statif dan klem
 - Labu semprot
 - Mikroburet
 - Karet penghisap
 - Pisau stainless steel
 - Garuk
 - Kompas
 - Ember plastik
 - Kulkas/frezeer
- b. Bahan-bahan
- asam nitrat
 - $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
 - $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 - akuabides
 - gas asetilen
 - tissue

III.3. Prosedur Penelitian

a. Metode pengambilan sampel

Sampel kerang diambil dengan menggunakan alat tangkap garuk. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan 6 stasiun yang telah ditentukan.

Sampel kerang yang ditangkap dipisahkan dari kotoran, sampah dan mikroorganisme lain dan dikumpulkan dalam kantong plastik menurut lokasinya masing-masing, kemudian dimasukkan ke dalam freezer sebelum dilakukan analisis. Penggunaan bahan pengawet sedapat mungkin harus dihindarkan (Edward, 1976), untuk memperoleh hasil yang maksimal.

Sampel air permukaan diambil dengan menggunakan ember, pada masing-masing stasiun. Kemudian dimasukkan ke dalam botol-botol plastik dan ditutup rapat untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium.

b. Prosedur analisis

Semua alat yang terbuat dari gelas dan plastik dicuci dengan sabun deterjen, dibilas dengan air, kemudian dibilas lagi dengan larutan asam nitrat 10 %, dan dibilas kembali sebanyak dua kali dengan akuabides. Pengeringan dilakukan dengan oven pada suhu 100°C dalam posisi terbalik.

Cangkang kerang kemudian dibuka, air yang terperangkap dalam rongga mantel dikeluarkan, dan dihisap dengan *wipe tissue* selulosa (Edward, 1976). Jaringan



lunak dikeluarkan dari cangkangnya dengan menggunakan pisau stainless steel untuk menghindari kontaminasi. Berat basah kelompok sampel diukur dengan timbangan elektrik pada batas ketelitian 0,01 gram.

Cara analisis logam-logam tersebut adalah sebagai berikut :

1. Penyediaan larutan contoh dan blanko

Untuk pembuatan larutan contoh kerang dengan metode kering, sampel kerang yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam cawan porselin lalu diabukan dengan menggunakan tanur. Setelah diperoleh abu kerang yang berwarna putih, lalu ditimbang kembali dan dinyatakan sebagai berat kering. Kemudian ditambahkan 10 ml HNO_3 6 M, lalu ditambahkan akuades 50 ml sampai larutan jernih. Hasilnya kemudian disaring dan ditepatkan volumenya hingga 100 ml.

Pembuatan larutan contoh untuk air laut dilakukan dengan mencampurkan 100 ml sampel air laut dengan 0,5 ml HNO_3 4 M kemudian dianalisis dengan SSA. Untuk pembuatan larutan blanko dilakukan cara yang sama tanpa menggunakan larutan baku.

2. Pembuatan larutan baku Cd 1000 ppm

0,4477 gr $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, dilarutkan dalam asam nitrat 1 : 1 Larutan tersebut dimasukkan dalam labu ukur 250 ml dan volumenya ditepatkan dengan akuabides.

3. Pembuatan larutan baku Pb 1000 ppm

0,3998 gr $Pb(NO_3)_2$ dilarutkan dalam asam nitrat 1 : 1. Larutan tersebut di masukkan dalam labu ukur 250 ml dan volumenya ditepatkan dengan akuabides.

4. Pembuatan larutan baku Sn 1,000 ppm

0,4753 gr $SnCl_2 \cdot 2H_2O$ dilarutkan dalam 20 ml asam nitrat encer, panaskan hingga larut. Kemudian larutan tersebut dimasukkan dalam labu ukur 250 ml dan volumenya ditepatkan dengan akuabides.

5. Pembuatan larutan baku Pb, Cd dan Sn masing-masing 100 ppm

Pipet masing-masing larutan baku 1000 ppm untuk ketiga jenis logam tersebut. Lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml. Kemudian diencerkan dan volumenya ditepatkan dengan akuades.

6. Pembuatan deret larutan baku

Untuk masing-masing logam dibuat deret larutan baku sebagai berikut :

Cd : 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,2

Pb : 0,5 ; 1,5 ; 3,0 ; 4,5

Sn : 1,5 ; 3,5 ; 4,5

7. Pengukuran dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom

- Ke dalam nyala udara asetilen diaspirasikan air dan alat pengukur dijadikan nol
- Kemudian berturut-turut diaspirasikan larutan baku menurut ketambahan konsentrasi

- Nilai serapan dari larutan baku tersebut dicatat
- Larutan contoh kemudian diaspirasikan ke dalam nyala yang sebelumnya diaspirasikan larutan blanko untuk menolkan dan kemudian dicatat
- Serapan hasil pengukuran larutan baku dialurkan terhadap konsentrasi, sehingga diperoleh kurva baku
- Serapan hasil pengukuran larutan contoh diplotkan ke kurva baku sehingga diperoleh konsentrasi logam yang dianalisis.

8. Teknik kurva kalibrasi dalam metode SSA

- Siapkan deret larutan baku seperti yang telah dijelaskan pada bagian 6
- Siapkan larutan cuplikan
- Aspirasikan larutan blanko ke dalam nyala udara asetilen, penunjukan meter harus nol dengan menekan tombol zero set
- Aspirasikan deret larutan baku ke dalam nyala menurut bertambahnya konsentrasi
- Catat nilai-nilai absorbans dari setiap larutan baku (tiga kali pengukuran)
- Aspirasikan larutan blanko untuk menolkan alat
- Aspirasikan larutan cuplikan dan catat nilai-nilai absorbansnya (minimal tiga kali pengukuran)
- Nilai-nilai absorbans dari deret larutan baku dialurkan terhadap konsentrasi.

III.4. Analisis Data

Dari hasil pengukuran larutan baku, dibuat grafik untuk masing-masing logam. Untuk menarik garis lurus pada grafik antara serapan versus konsentrasi ini perlu bantuan garis regresi.

Sumbu x adalah konsentrasi dalam ppm, sedangkan sumbu y adalah nilai serapan (A). Persamaan garis regresi adalah:

$$Y = a + bX$$

dimana : a = suatu konstanta

$$b = \text{tg } \alpha$$

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan :

$$a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum X Y - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

nilai a, b dan A dimasukkan dalam persamaan garis regresi di atas, sehingga kandungan masing-masing logam berat pada jaringan lunak dapat ditentukan :

$$Y = \frac{b \cdot c}{a}$$

dimana : Y = konsentrasi kandungan logam Cd, Pb, Sn pada kerang

a = berat jaringan kerang (gram)

b = volume penetapan (ml)

c = konsentrasi yang dihitung dari persamaan larutan baku ($\mu\text{g/ml}$) (St. Nurhayati, 1993).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada lokasi penelitian, diketahui bahwa kondisi perairan pada wilayah tersebut potensial untuk dicemari oleh logam berat. Mengingat keberadaan Industri Kapal dan pelabuhan Rakyat Paotere yang diduga dapat mensuplai logam berat ke dalam perairan disamping adanya industri-industri lain yang membuang limbahnya ke wilayah perairan tersebut.

Keadaan air pada wilayah perairan sekitar lokasi penelitian secara umum keruh dan berwarna agak kecoklatan. Kisaran parameter fisika kimia perairan cukup bervariasi yang diukur pada setiap stasiun pengambilan sampel (Lampiran 11).

Tabel 1. Parameter Fisika Kimia Perairan

Parameter	satuan	Terukur
Kec arus	m/mt	1-20
Kecerahan	m	1-2
Suhu	°C	28-33
Kedalaman	m	3-7,5
pH	-	8-8,5

Sebelum dilakukan pengambilan sampel, terlebih dahulu ditentukan lokasi stasiun secara acak. Sesuai dengan arah arus yang dapat dilihat pada peta (Lampiran 12). Untuk sampel air laut diambil pada ke 9 stasiun

yang telah ditentukan, sementara untuk sampel kerang hanya meliputi 6 stasiun yang merupakan penggabungan dari ke-9 stasiun yang telah ditentukan sebelumnya. Metode pengambilan sampel kerang dilakukan dengan menggunakan alat tangkap garuk.

Ukuran panjang cangkang kerang yang didapatkan bervariasi dari 33,05 s/d 86,25 mm dengan lebar 37,45 s/d 93,40 mm. Berat kerang yang diperoleh 14,81 g - 40,08 g dan 0,3845 g - 1,0149 g setelah diabukan. Sampel air yang diambil untuk tiap stasiun kurang lebih 500 ml.

Secara alamiah logam-logam terdapat dalam air laut, karena itu terdapatnya logam berat dalam organisme merupakan keadaan normal dalam kehidupan laut.

Berikut ini akan kami jelaskan berturut-turut keberadaan logam Cd, Pb dan Sn pada *Anadara granosa*, *Anadara inflata* dan pada air permukaan yang digunakan sebagai salah satu media untuk mengetahui tingkat pencemaran logam pada perairan di sekitar Industri Kapal Indonesia.

IV.2. Logam Berat Kadmium (Cd)

Cadmium dalam air laut dapat ditemukan dalam bentuk ion Cd^{2+} atau dalam bentuk ikatan dengan molekul lainnya (Supriharyono, dkk., 1989).

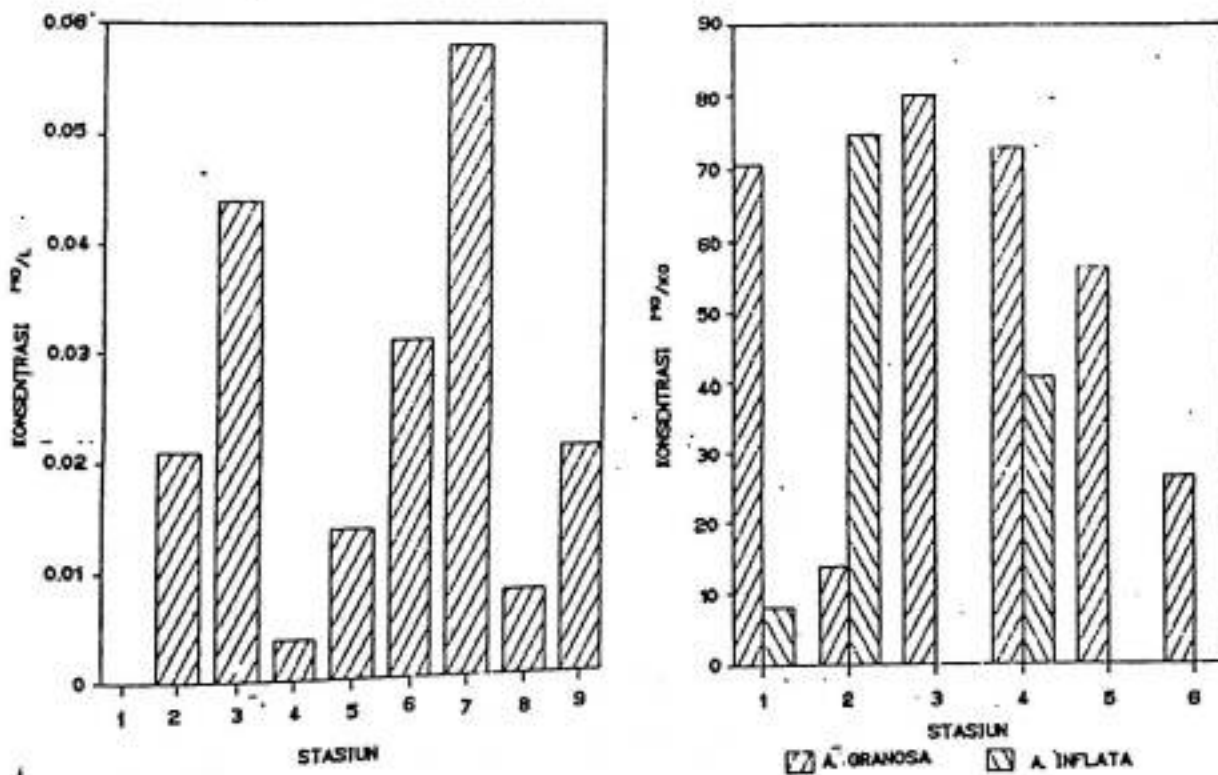
Dari hasil analisis SSA diperoleh data bahwa kandungan logam cadmium dalam air laut t.t - 0,0579 mg/l,

pada *A.granosa* 13,6695 - 80,0289 mg/kg bk dan pada *A.inflata* 8,0364 - 74,7026 mg/kg bk (Tabel 2).

Tabel 2. Konsentrasi Logam Cd Dalam Jaringan Lunak Hewan Sampel dan Air Permukaan

Stasiun	Objek		
	Air permukaan (mg/l)	<i>A.granosa</i> (mg/kg bk)	<i>A.inflata</i> (mg/kg bk)
1.	t.t	70,5242	8,0364
2.	0,0210	13,6695	74,7026
3.	0,0439	80,0289	-
4.	0,0038	72,4034	40,5852
5.	0,0138	56,2311	-
6.	0,0310	26,5771	-
7.	0,0579	-	-
8.	0,0078	-	-
9.	0,0210	-	-

Keterangan : t.t = tidak terdeteksi



Gambar 1. Sebaran logam Cd pada masing-masing sampel untuk setiap stasiun pengamatan

Melihat tabel diatas, konsentrasi logam cd yang tertinggi pada *A.granosa* yaitu pada stasiun -3 dan pada *A.inflata* tertinggi pada stasiun 2 sementara konsentrasi tertinggi untuk air permukaan yaitu pada stasiun 7. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1.

Data ini menunjukkan bahwa kandungan logam cd pada kerang lebih tinggi dibandingkan yang ada pada air permukaan. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Kunarso dan Ruyitno (1991) bahwa jika bivalvia dipelihara pada air yang mengandung logam cd^{2+} sebesar 10 ppm maka bivalvia tersebut akan mampu mengakumulasi 352 kali lebih tinggi dari pada cd yang terdapat dalam airnya.

Jika melihat faktor konsentrasi antara kerang dan air permukaan yang terukur maka kerang telah menyerap 1380 kali lebih besar dari air permukaan. Sedangkan faktor konsentrasi air permukaan yang terukur adalah 1160 kali lebih besar dari kadar normal yang telah ditetapkan.

Konsentrasi logam Cd pada kerang yang berasal dari Ziangzhon dan Shishan yang dilaporkan adalah bahwa kerang dengan konsentrasi 39,6 dan 59,0 mg/kg bk dikatakan telah terkena polusi, sehingga dengan demikian dapatlah dikatakan bahwa kerang dan air permukaan yang diperoleh dari perairan di sekitar Industri Kapal Indonesia telah termasuk kategori yang tercemar.

Meskipun secara nyata terlihat bahwa kandungan logam cadmium bervariasi untuk masing-masing sampel pada setiap stasiun namun dari hasil analisis statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap tingkat penyerapan masing-masing sampel terhadap logam cd untuk setiap stasiun.

Perbedaan kandungan logam cadmium pada *A. granosa* dan *A. inflata* cenderung pada ketahanan masing-masing terhadap efek racun cd dan mekanisme detoksifikasinya terhadap logam yang bersangkutan. Hal ini memberikan petunjuk bahwa cd mempunyai fungsi fisiologis yang berbeda pada tubuh masing-masing spesies. Clark (1986) menyebutkan bahwa cd bukanlah elemen yang esensial bagi semua organisme (meskipun untuk alasan yang tidak diketahui mempertinggi fotosintesa untuk pertumbuhan fitoplankton pada konsentrasi sampai 100 ppm).

Dari data yang terlihat diatas, menunjukkan bahwa dari beberapa stasiun pengambilan sampel kandungan logam Cd masih dalam batas normal akan tetapi jika dilihat dari beberapa stasiun lainnya telah melebihi batas atas dari yang telah ditetapkan. Sebagaimana yang telah diuraikan pula dalam majalah Oseana (1980) bahwa konsentrasi Cd yang berkisar 0,01 mg/l dikatakan telah dapat membahayakan lingkungan perairan.

Keberadaan logam Cd pada lokasi penelitian diduga dari pengendapan logam yang berlangsung dalam beberapa

tahun berasal dari pelapisan seng yang banyak digunakan pada perahu-perahu motor, atau bersumber dari limbah pencucian besi/baja yang digunakan pada industri-industri penyepuhan besi atau baja.

IV.3. Logam Berat Timah Hitam (Pb)

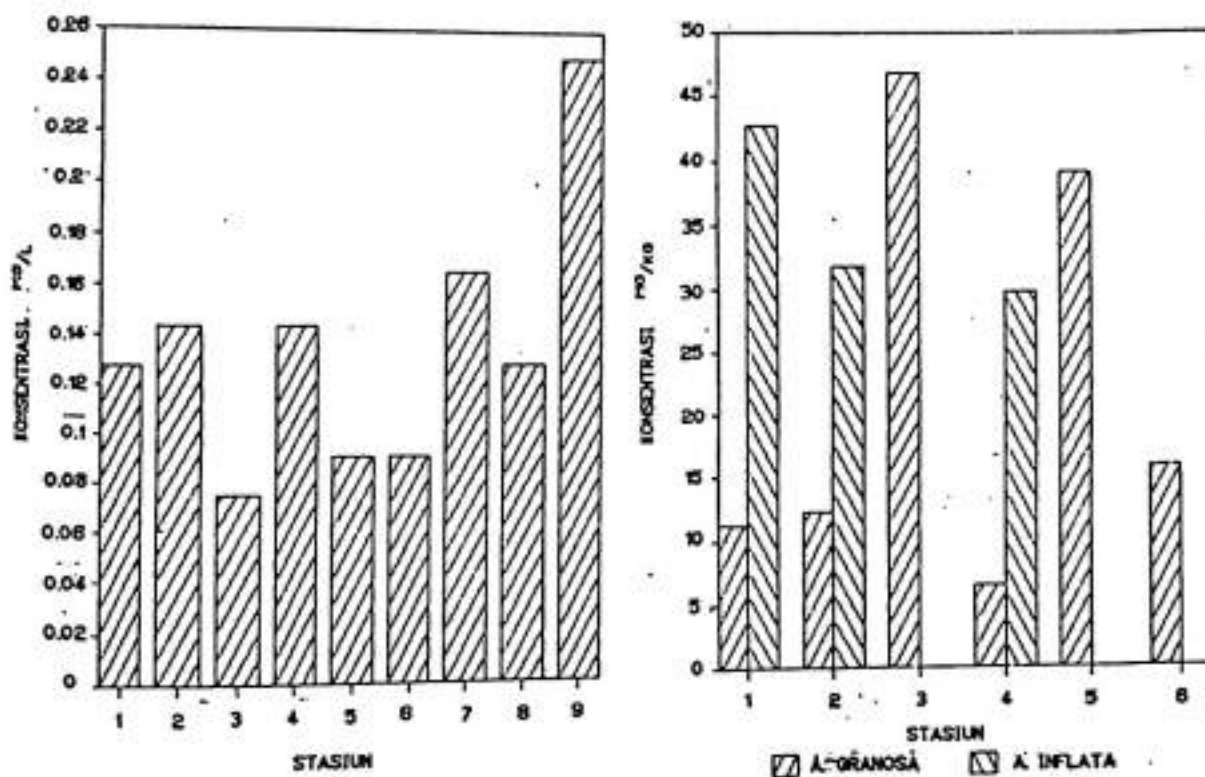
Dari hasil analisis SSA diketahui bahwa konsentrasi timbal dalam jaringan lunak *A.granosa* adalah 6,5357 - 46,8550 mg/kg bk, pada *A.inflata* 29,7763 - 42,8348 mg/kg bk dan pada air permukaan berkisar 0,0748 - 0,2493 mg/l (Tabel 3).

Tabel 3. Konsentrasi Logam Pb dalam Jaringan Lunak Hewan Sampel dan Air Permukaan

Stasiun	Objek		
	Air permukaan (mg/l)	<i>A.granosa</i> (mg/kg bk)	<i>A.inflata</i> (mg/kg bk)
1.	0,1277	11,2701	42,8348
2.	0,1435	12,2498	31,8138
3.	0,0748	46,8550	-
4.	0,1435	6,5357	29,7763
5.	0,0907	39,2324	-
6.	0,0907	15,7987	-
7.	0,1647	-	-
8.	0,1277	-	-
9.	0,2493	-	-

Dari tabel di atas terlihat bahwa konsentrasi logam Pb untuk masing-masing sampel bervariasi pada setiap stasiun. Pada air permukaan konsentrasi yang

tertinggi diperoleh pada stasiun 9 sedangkan pada *A.granosa* dan *A.inflata* berturut-turut pada stasiun 3 dan 1. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2. Dari hasil uji statistik menunjukkan bahwa meskipun konsentrasi untuk masing-masing stasiun berbeda namun kemampuan untuk menyerap logam Pb masing-masing sampel tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.



Gambar 2. Sebaran logam Pb pada masing-masing sampel untuk setiap stasiun pengamatan

Kemampuan *A.granosa* dan *A.inflata* untuk menyerap logam Pb tidak menunjukkan perbedaan yang berarti hal ini diduga karena kedua hewan uji tersebut memiliki genus yang sama, sebagaimana yang dikemukakan oleh Winona

dkk.(1979) bahwa kedekatan hubungan kekerabatan dua jenis bivalvia menjamin kesamaan tingkah laku mereka dalam mengakumulasi logam berat (Winona,dkk., 1979).

Faktor konsentrasi menunjukkan bahwa kerang telah mengakumulasi 553 kali lebih besar dari air permukaan.

Kerang sebagai bioindikator, sepanjang masa kehidupannya akan terus menerus mengkonsumsi logam seiring dengan besarnya peningkatan konsentrasi logam pada perairan dimana kerang itu hidup. Dalam sistim metabolisme, Cd dan Pb bereaksi dengan senyawa fosfat pada kedua membran sel sebelum membentuk senyawa kompleks didalam sitoplasma. Dalam konsentrasi yang rendah tentu saja menguntungkan bagi pertumbuhan organisme, akan tetapi efek toksisnya baru akan berpengaruh apabila pada ambang atas kapasitas detoksifikasinya hewan tersebut masih terus menerus diekspos dengan logam tersebut

Pada air permukaan kandungan logam Pb yang berkisar 0,0748 - 0,2494 mg/l dapat dikatakan berada dalam kondisi yang telah melebihi standar maksimal yang telah ditentukan oleh menteri KLH dimana dalam majalah Oseana (1980) juga dijelaskan bahwa konsentrasi Pb yang berkisar 0,05 mg/l akan menimbulkan bahaya pada lingkungan laut.

Masalah pencemaran logam Pb di wilayah perairan lokasi penelitian ini erat kaitannya dengan volume

pembakaran bahan bakar minyak oleh mesin-mesin kapal, dimana Pb digunakan sebagai zat anti knocking (Cotton dan Wilkinson, 1976). Mengingat di sekitar lokasi penelitian terdapat pelabuhan rakyat paotere yang senantiasa dikunjungi oleh kapal-kapal motor disamping adanya industri kapal yang menggunakan Pb sebagai bahan pencampur cat yang digunakan pada pembuatan kapal-kapal motor sebagai cat anti fouling.

IV.4. Logam Berat Timah Putih (Sn)

Sebagaimana yang telah dikemukakan sebelumnya, bahwa logam berat berada di wilayah perairan secara alamiah namun keberadaannya akan semakin bertambah akibat masuknya limbah yang banyak mengandung unsur logam berat ke dalam lingkungan laut (Kasijan dan Soeminarti, 1991).

Demikian halnya pada lokasi pengambilan sampel, keberadaan industri kapal Indonesia merupakan salah satu industri yang turut andil dalam penambahan konsentrasi logam Sn dalam lingkungan laut. Telah diketahui bahwa Sn banyak digunakan sebagai bahan cat untuk kapal yang digunakan sebagai anti fouling disamping itu menurut informasi yang kami dapatkan bahwa dalam melakukan pengecatan kapal-kapal atau perahu bermotor terlebih dahulu dilakukan pelapisan timah hal ini dimaksudkan untuk mengurangi/memperlambat terjadinya proses korosi pada kapal. Dobson (1990) mengemukakan bahwa peningkatan

level TBT yang merupakan turunan dari logam Sn pada wilayah perairan yaitu pada saat kapal-kapal baru dicat dengan cat anti fouling.

Selain industri kapal yang ada, pelabuhan rakyat Paotere yang berbatasan langsung dengan industri ini juga merupakan salah satu sumber masuknya logam Sn pada perairan ini, yang mana diketahui bahwa banyak kapal-kapal besar ataupun kecil yang berlabuh pada pelabuhan ini. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukakan oleh Dobson (1990), bahwa konsentrasi tertinggi Sn pada wilayah perairan ditemukan di dekat pelabuhan dan dekat fasilitas perbaikan kapal atau dekat tempat pencucian kapal. Laporan lain menegaskan bahwa penyebaran TBT di air berkaitan dengan kegiatan berperahu yang intensif.

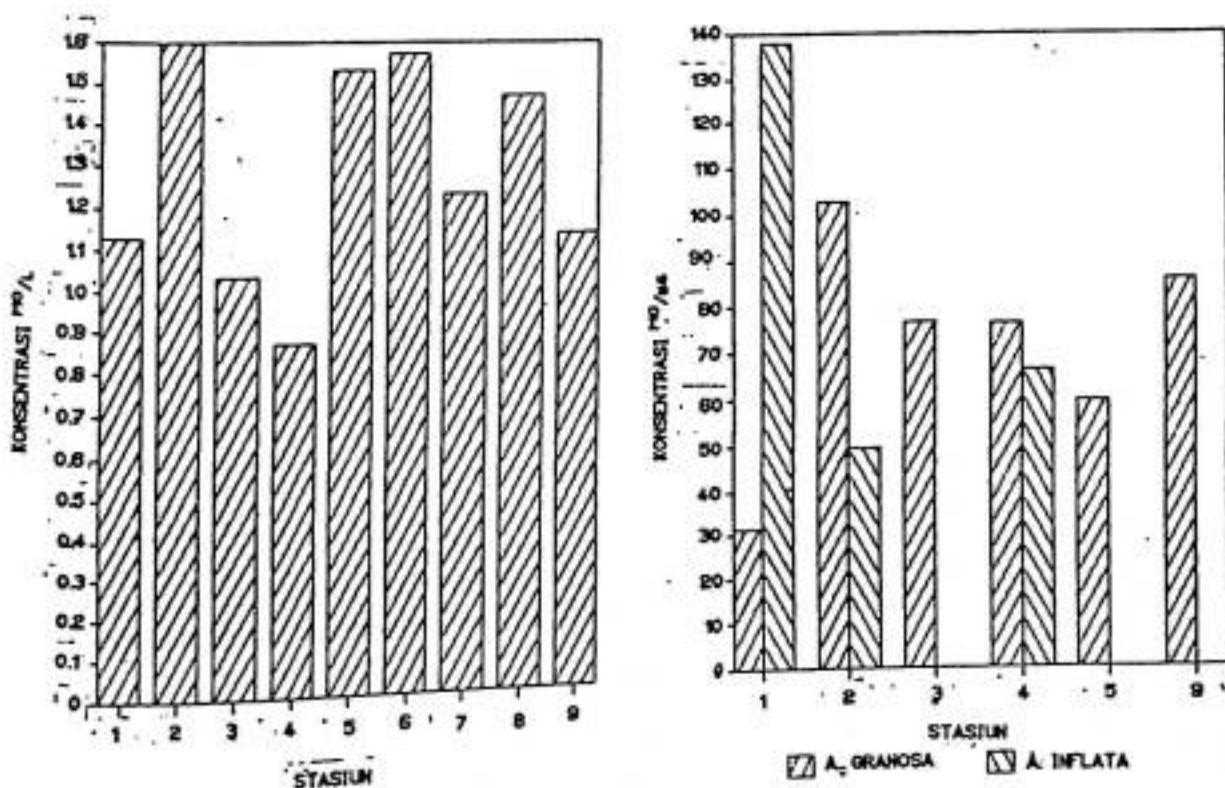
Tabel 4. Konsentrasi Logam Sn Dalam Jaringan Lunak Hewan Sampel dan Air Permukaan

Stasiun	Objek		
	Air permukaan (mg/l)	A.granosa (mg/kg bk)	A.inflata (mg/kg bk)
1.	1,1299	31,3145	137,8413
2.	1,6000	102,8144	49,4789
3.	1,0299	76,8115	-
4.	0,8699	76,5645	66,0163
5.	1,5299	59,2716	-
6.	1,5699	85,7737	-
7.	1,2299	-	-
8.	1,4699	-	-
9.	1,1299	-	-

Konsentrasi Sn yang diperoleh dari hasil analisis SSA pada *A.granosa* yaitu 31,3145 - 102,8144 mg/kg bk, pada *A.inflata* berkisar 49,4789 - 137,8413 mg/kg bk sedangkan pada air permukaan diperoleh 0,8699 - 1,5999 mg/l (Tabel 4).

Pada tabel diatas terlihat bahwa konsentrasi tertinggi pada *A.granosa* didapatkan pada stasiun 2 sedangkan pada *A.inflata* yaitu pada stasiun 1 dan air permukaan konsentrasi tertinggi yaitu pada stasiun 2.

Jika dilihat secara menyeluruh konsentrasi logam Sn pada ke 3 objek tersebut menunjukkan variasi konsentrasi pada masing-masing stasiun, namun seperti halnya untuk kedua logam yang telah dijelaskan terdahulu



Gambar 3. Sebaran logam Sn pada masing-masing sampel untuk setiap stasiun pengamatan

bahwa dari hasil uji statistika untuk ketiga objek tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang berarti dalam menyerap logam Sn.

Melihat konsentrasi logam Sn yang diperoleh dari penelitian ini, dapat dikatakan bahwa wilayah perairan di sekitar lokasi penelitian sudah sangat tercemar oleh logam berat Sn, dimana dalam Clark (1986) dikemukakan bahwa kadar normal Sn dalam air laut adalah 0,01 ppb.

IV.5. Kandungan Logam Berat Dalam Jaringan Lunak Kerang dan Air Permukaan

Kandungan logam berat dalam jaringan lunak kerang dan air permukaan yang terlihat pada tabel 5 membuktikan bahwa kerang mampu mengakumulasi logam lebih banyak kedalam tubuhnya.

Tabel 5. Konsentrasi Logam Cd, Pb dan Sn Yang Terukur dalam Jaringan Lunak Kerang dan air Permukaan

Logam	Kerang (mg/kg bk)	Air permukaan (mg/l)
Cd	80,0289	0,0579
Pb	137,8413	0,2493
Sn	46,8550	1,6000

Dari faktor konsentrasi diketahui bahwa kerang mengakumulasi logam Cd sebanyak 1380 kali dari air permukaan yang terdapat di perairan sekitar PT.IKI,

sedangkan untuk logam Pb dan Sn kerang menyerap 553 kali dan 29 kali lebih tinggi dari air permukaan.

Berdasarkan kadar normal logam Cd, Pb dan Sn dalam air laut seperti yang terlihat pada tabel 6, diketahui bahwa kadar logam Cd dan Pb pada air permukaan yang diukur telah meningkat 1160 kali dan 8310 kali lebih tinggi, sedangkan kadar untuk logam Sn pada air permukaan adalah 160000 kali lebih tinggi dari kadar normal tersebut.

Tabel 6. Konsentrasi Normal Logam Cd, Pb dan Sn Dalam Air Laut (Clark, 1960) dan Konsentrasi Logam yang Terukur pada Air Permukaan di Perairan Sekitar PT. IKI

Logam	Normal (mg/l)	Terukur (mg/l)
Cd	5.10^{-5}	0,0579
Pb	3.10^{-5}	0,2493
Sn	1.10^{-5}	1,6000

Faktor konsentrasi kerang yang diperoleh dari lokasi penelitian adalah 40 kali lebih besar dibandingkan kadar normal logam Cd dalam jaringan lunak kerang, sedangkan faktor konsentrasi logam Sn adalah 468 kali lebih besar dari kadar normal dalam jaringan lunak kerang. Untuk logam Pb faktor konsentrasinya sulit ditentukan karena tidak seragamnya satuan yang diperoleh dari literatur.

Tabel 7. Konsentrasi Normal Logam Cd, Pb dan Sn Dalam Jaringan Lunak Kerang

Logam	Normal (mg/kg bk)	Terukur (mg/kg bk)
Cd	2,0000 ^{a)}	80,0289
Pb	<5,0000 ^{b)} •	137,8413
Sn	0,1000 ^{c)}	45,8550

sumber :

- a) . Hutzinger, 1980
- b) . Moore, 1990
- c) . Dobson, 1990
- mg/kg berat basah

Deri hasil yang dikemukakan diatas dengan melihat faktor konsentrasi dan kadar normal logam dalam jaringan lunak kerang dan air permukaan, maka dapatlah dikatakan bahwa perairan di sekitar PT.IKI telah tercemar oleh logam berat Cd, Pb dan Sn.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis logam berat di perairan sekitar Industri Kapal Indonesia dan pelabuhan rakyat Paotere baik yang terkandung dalam jaringan lunak kerang maupun yang terlarut dalam air laut, maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Konsentrasi logam Cd, Pb Dan Sn dalam jaringan lunak kerang telah berlipat 40, 468 kali dari kadar normalnya, sedangkan konsentrasi logam Cd, Pb dan Sn dalam air permukaan melipat 1160, 8310 dan 160000 kali dari kadar normal air laut.
- b. Konsentrasi logam tertinggi dalam jaringan lunak kerang berturut-turut adalah $Sn > Cd > Pb$ sedangkan pada air permukaan $Sn > Pb > Cd$.
- c. Meskipun untuk setiap stasiun menunjukkan konsentrasi logam berat yang berbeda, akan tetapi tingkat penyerapan masing-masing sampel terhadap logam berat adalah sama.
- d. Logam berat dalam hal ini Pb, Cd dan Sn yang terdapat dalam jaringan lunak *Anadara granosa* dan *Anadara inflata* serta yang terlarut dalam air laut telah berada diatas ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut seperti yang telah ditetapkan oleh menteri KLH.

V.2. Saran

Meskipun sampai saat ini belum dilaporkan adanya penduduk yang keracunan logam berat, akan tetapi mengingat ketiga jenis logam berat yang diteliti telah melebihi baku mutu yang direkomendasikan oleh menteri KLH; maka dirasakan perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai keberadaan logam-logam berat yang ada di lokasi penelitian dengan jumlah dan jenis sampel yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anomymous, 1993. Toxicology. Ilmu dan Teknologi Kelautan. Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- A. W. Wahab, 1981-1982. Analisis Logam Berat Dalam Air Limbah Dengan Metode SSA. Proyek Penelitian Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Barnes, R.D., 1974. Invertebrate Zoology. Sauders Co., Philadelphia.
- Budiyono, Y., 1993. Distribusi Logam Berat Fe, Cu, Zn, Ag, Cd, Pb Pada Jaringan Lunak Kerang Bulu Dan Kerang Darah di Perairan Semarang. Skripsi Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Clark, R.B., 1985. Marine Pollution. Clarendon Press, Oxford.
- Cotton, F.A. and G. Wilkinson., 1976. Kimia Organik Dasar. UI - Press. Jakarta.
- Dianhanjaya, J., 1989. Distribusi logam Berat Cd, Cu, Pb, dan Zn dalam Sedimen Permukaan Laut Dangkal. Skripsi F.MIPA-UH, Ujung Pandang.
- Dobson, S. DR, 1990., International Programme on Chemical safety Enviromental Health Criteria. Tributyltin Compounds, UNEP Geneva.
- Gan, S., Sunarto, B.S., Syamsuddin, Setiabudi, R., Setiawati. 1981. Farmakology dan Terapi. Bagian Farmakology. FK - UI, Jakarta.
- G.D. Edward. 1976. Strategies For Marine Pollution Monitoring. John Wiley and Son's, New York.
- Huheey, James, E. 1993. In Organis Chemistry Principles of Structure and Reactivity. Harper International, New York.
- Hutzinger, O., 1980. The Handbook of Enveronmental Chemistry Vol 3 Part A. Anthropogenic Compounds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York
- Kunarso, D.H., dan Ruyitno, 1991. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. LON - LIPI, Jakarta.

- Merian, E., 1991. Metal and Their Compounds in The Environment. Occurance, Analysis and Biological Relevance. VCH Weinhem, New York.
- Nybakken, J.W., 1992. Biologi Laut ; Suatu Pendekatan Ekologis. PT. Gramedia, Jakarta.
- P. Soeharno, 1991. Studi Tentang Kandungan Logam Berat Dalam Sedimen Dan Dalam Kupang Di daerah Estuaria Dekat Muara Kali Surabaya. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya.
- R. Kasijan dan S.T. Soeminarti, 1991. Kondisi lingkungan Pesisir Dan Laut di Indonesia. LON-LIPI, Jakarta.
- Saeni, 1989. Kimia Lingkungan. PAU Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Supriharyono, Herina Rya, dan B. Triono Basuki. 1989. Laporan Penelitian Monitoring Logam Berat di Perairan Pantai Semarang. Lembaga Penelitian UNDIP, Semarang.
- Winona, B.V.,P.T. Frederik, C. Anthony, Vernberg F.J., 1970. The Use Bivalvia Molluscsin Heavy Metal Pollution Research. Academic Press. New York.