

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN
TIMBAL (Pb) PADA SEDIMEN DI SEKITAR PANTAI SLAG
KECAMATAN POMALAA KABUPATEN KOLAKA SULAWESI
Tenggara**

Skripsi



REKOR PUSAT UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. Terima	26 Juli 2004
Asal Dari	Fak. Kelautan
Banyaknya	1 (satu) eks
Harga	Hadiah
No. Inventaris	040724102
No. Klas	22036(1A)

OLEH:

**AGUNG PRIYATNO
L 111 97 008**

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2004

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN
TIMBAL (Pb) PADA SEDIMEN DI SEKITAR PANTAI SLAG
KECAMATAN POMALAA KABUPATEN KOLAKA SULAWESI
TENGGARA**

Oleh

**Agung Priyatno
L 111 97 008**

Skripsi

*Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin*

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2004

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Sedimen Di Sekitar Pantai Slag Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara

Nama : Agung Priyatno

Nomor Pokok : L 111 97 008

Skripsi Telah Diperiksa
Dan Disetujui Oleh :


Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc
Pembimbing Utama


Rastina, ST, M.T
Pembimbing Anggota


Ir. H. Hamzah Sunusi, M.Sc
Dekan

Diketahui Oleh :


Drs. M. Anshar Amran, M.Si
Ketua Program Studi

Tanggal Lulus :

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin Wa Allahumma shalli Wa Sallim 'alaa Muhammad. Puji dan Syukur sejatiku hanya kepada Allah Yang Maha kuasa, yang senantiasa melimpahkan cinta dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul *Analisis Kandungan Logam Berat (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Sedimen Di Sekitar Pantai Slag Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka.* Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penulis berdoa' semoga kemuliaan, kebahagiaan, kehormatan dan kecintaan senantiasa dilimpahkan kepada Ayahanda **Yatijan** dan Ibunda **Ismiatun** tercinta atas doanya yang tiada henti, **adikku** tersayang atas semua dukungannya.

Ucapan terima kasih ini juga saya khususkan buat **Ade'ku** atas keceriaan dan canda tawa yang ada selama ini, **Mendonk** atas kebersamaan kita sekian lama.

Dalam lembar pengantar ini, penulis juga menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan terima-kasih yang setulus-tulusnya kepada :

- Bapak Pimpinan Universitas Hasanuddin dan Pimpinan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan yang telah memediasi penulis menjadi mahasiswa, juga kepada staf dan karyawan yang telah memberikan pelayanan terbaiknya dan telah ikut mendewasakan diri penulis.

- Ibu **Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc** sebagai Pembimbing Utama dan Ibu **Rastina, ST, M.T** sebagai Pembimbing Anggota, yang telah dengan rela hati meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran secara ikhlas dalam memberikan bimbingan, petunjuk, dan dorongan semangat hingga rampungnya skripsi ini. Juga segenap dosen, khususnya di lingkungan Jurusan Ilmu Kelautan atas keikhlasan tanpa pamrih dalam menjadikan penulis sebagai mahasiswa hingga akhir studi dengan harapan bahwa corat-coret ilmu itu akan selamanya berbekas di hati penulis.
- Saudaraku **Rizkie, Zuljanwar, Nur Amin, Dafid, Yusran, Nur Alam, Achyar, Salam, Lapong, Boger, Rappunk, Bawantu, Mukmin** serta teman-temanku 97 yang lain “keceriaan ini takkan hadir tanpa kebersamaan”
- Rekan angkatan 1998, 1999, dan 2000 atas bantuan kalian selama kuliah bersama.
- Rekan **Opa, Uni, dan Bambang** makasih atas masukannya.
- Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Ilmu Kelautan serta **Bunda ‘ Dg Te’ne’** dan **Samone** terima kasih atas semuanya

Setelah melalui perjuangan panjang dan mahal, dengan izin Allah SWT dan bantuan, dorongan serta bimbingan semua pihak, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Kesulitan dan tantangan yang penulis hadapi telah memberikan pelajaran yang sangat berharga. Keterbatasan yang telah membentuk kesadaran tersendiri, betapa aktivitas intelektual adalah aktivitas yang sarat dengan energi dan pengorbanan.

Kesadaran tersendiri dari penulis bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan namun harapan penulis kiranya tetap bermanfaat bagi kita semua terutama diri pribadi penulis serta pengembangan ilmu kelautan di masa depan.

Amin

Wassalam

Makassar, Juni 2004

Agung Priyatno

RINGKASAN

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb) PADA SEDIMEN DI SEKITAR PANTAI SLAG KECAMATAN POMALAA KABUPATEN KOLAKA SULAWESI TENGGARA (Oleh Agung Priyatno, Nomor Pokok L 111 97 008 di bawah bimbingan Shinta Werorilangi sebagai Pembimbing Utama serta Rastina sebagai Pembimbing Anggota).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Sedimen Di Sekitar Perairan Pantai Slag. Penelitian ini dilaksanakan pada pada bulan September 2003 sampai November 2003, di sekitar Pantai Slag Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka Sulawesi Tenggara. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksploratif dengan penggambaran data secara deskriptif.

Pengambilan sampel dilakukan di sekitar perairan Pantai Slag Pomalaa. Sampel diambil dengan menggunakan alat Grab Sampler. Sampel kemudian dikeringkan untuk kemudian digerus sampai halus. Selanjutnya ditimbang 2,000 gram dan dimasukkan kedalam erlenmeyer. Sampel didestruksi dengan campuran HNO_3 , HCL. Kadar logam Cu dan Pb diukur dengan alat Spektrofotometer serapan Atom.

Hasil analisis menunjukkan konsentrasi yang variatif. Konsentrasi logam Cu dan Pb masing-masing menunjukkan kisaran antara 10,82 – 32,25 mg/kg berat kering sedimen dan 5,50 – 46,75 mg/kg berat kering sedimen.

Hasil penelitian menggambarkan keadaan sedimen di sekitar Perairan Pantai Slag dan menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran logam berat disekitar Pantai Slag, namun konsentrasi yang ditemukan belum melewati nilai ambang batas yang bisa memberi efek biologis pada organisme. Hal lain menunjukkan bahwa proses akumulasi logam berat yang terdapat disekitar Pantai Slag diperkirakan suplai terbesar berasal dari kegiatan pabrik nikel disamping berasal dari aktivitas penduduk disekitar pantai. Hal tersebut memerlukan perhatian dari pemerintah setempat dalam mencari alternatif pemecahan masalah pencemaran lingkungan

Kata Kunci : *Analisis, logam berat, sedimen.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
RINGKASAN	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
Latar Belakang	1
Tujuan dan Kegunaan	2
Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
Logam Berat Tembaga	4
Logam Berat Timbal	7
Sedimen Laut	9
Faktor Oseanografi	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
Waktu dan Tempat	20
Alat dan Bahan	20
Prosedur Penelitian	23
A. Tahap Persiapan	23
B. Penentuan Stasiun Pengamatan	24
C. Prosedur Kerja	24
D. Analisa Data	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian	32
Akumulasi Logam Berat	33
A. Logam Tembaga (Cu)	33
B. Logam Timbal (Pb).....	41
C. Perbedaan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Logam Timbal (Pb)	46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan	51
Saran	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN – LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

<i>No.</i>	<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1.	Klasifikasi Sedimen Menurut Wenworth.....	9
2.	Spesies Sedimen Laut yang Sangat Biogenik	11
3.	Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dalam Sedimen Pada Masing-masing Stasiun Pengambilan Data.....	34
4.	Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Dalam Sedimen Pada Masing-masing Stasiun Pengambilan Data	41

DAFTAR GAMBAR

<i>No.</i>	<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1.	Proses Yang Dialami Bahan Cemar	14
2.	Peta Lokasi Penelitian	21
3.	Histogram Konsentrasi Rata-rata Logam Cu.....	36
4.	Histogram Konsentrasi Rata-rata Logam Pb.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

<i>Lampiran</i>	<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1.	Hasil Analisis Sampel Dengan Alat SSA Untuk Logam Tembaga ...	57
2.	Hasil Analisis Sampel Dengan Alat SSA Untuk Logam Timbal	58
3.	Hasil Analisis Statistik Data Logam Menggunakan ANOVA	59
4.	Data Sekunder.....	61
5.	Petunjuk Kualitas Sedimen	62
6.	Contoh Perhitungan Hasil analisis Logam	63
7.	Peta Arah Arus	64
8.	Peta Lokasi	65

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Wilayah pesisir dan lautan merupakan daerah yang rawan terhadap pencemaran, karena menjadi tempat bermuaranya limbah yang berasal dari daratan dan juga limbah buangan langsung ke lingkungan laut. Akibat dari buangan atau limbah tersebut akan menyebabkan terjadinya pencemaran perairan, dimana bahan pencemar logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang berbahaya.

Pomalaa merupakan daerah yang cukup pesat perkembangan dinamika penduduknya, dimana pada kawasan pesisir daerah tersebut terdapat pabrik pengolahan nikel dan juga merupakan daerah penambangan nikel serta aktifitas lain diantaranya kegiatan penangkapan ikan, aktifitas rumah tangga, kegiatan rekreasi, tambak. Kegiatan-kegiatan ini memungkinkan semakin besarnya beban limbah yang akan dibuang ke lingkungan. Kegiatan pertambangan misalnya, diperkirakan memberi masukan yang besar terhadap terjadinya pencemaran logam berat Tembaga (Cu) dan timbal (Pb). Logam Cu umumnya digunakan sebagai *alloy* atau bahan campuran pada pabrik peleburan logam. Sementara kegiatan peleburan pembakaran bijih nikel dan kegiatan pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) pabrik nikel memberi masukan logam timbal, dimana timbal banyak ditemukan dalam bahan bakar seperti solar dan batu bara disamping keberadaannya di alam secara alami. Kegiatan diatas dapat menimbulkan pencemaran serius terhadap lingkungan laut jika tidak ditangani dengan baik.

Logam berat Cu dan Pb merupakan bahan pencemar yang potensial berada disekitar kawasan pantai. Logam Cu sebagian besar berasal dari kegiatan pertambangan, cairan limbah rumah tangga, serta limbah dan buangan industri, sedangkan Pb umumnya berasal dari aktifitas manusia seperti transportasi dan kegiatan industri sehingga menyebabkan kadar logam berat dalam perairan bertambah besar. Kadar logam berat diatas ambang batas akan menimbulkan efek negatif berupa racun yang sangat berbahaya bagi biota laut dan akhirnya akan sampai pada manusia melalui proses rantai makanan.

Penggunaan sedimen sebagai indikator pencemaran logam berat karena sedimen memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat. Kemampuan akumulasi logam berat pada sedimen juga disebabkan oleh sifat logam berat yang mudah tersuspensi. Alur rantai makanan yang dimulai dari produsen hingga ke konsumen, dimulai dari organisme bentik yang berhubungan langsung dengan sedimen memungkinkan organisme bentik untuk mengakumulasi logam berat yang cukup banyak.

Melihat kondisi tersebut maka dirasa perlu diadakan penelitian awal untuk menganalisis kandungan logam berat pada sedimen di sekitar perairan Pantai Slag Pomalaa.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kadar logam berat Cu dan Pb dalam sedimen.

2. Untuk mengetahui apakah kandungan logam berat Cu dan Pb pada sedimen telah melewati baku mutu yang telah ditetapkan.

Kegunaan

Diharapkan penelitian ini dapat:

1. Memberikan data tentang kadar logam berat Cu dan Pb dalam sedimen
2. Memberikan informasi yang akurat tentang tingkat pencemaran yang disebabkan oleh logam berat.

Ruang Lingkup Penelitian

Obyek penelitian ini adalah kandungan logam berat di sekitar perairan Pantai Slag dengan pengukuran parameter utama yaitu : Logam berat Cu dan logam berat Pb yang terdapat dalam sedimen.

Beberapa parameter penunjang yang diukur yaitu : suhu, salinitas, derajat keasaman (pH), DO, kecepatan arus dan arah arus.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Logam Berat Tembaga (Cu).

Tembaga dengan lambang Cu berada pada golongan IB dalam tabel periodik dan nomor atom 29 dan mempunyai 2 jenis isotop atom. Adapun sifat-sifat fisika dan kimia dari logam tembaga adalah sebagai berikut:

Sifat-sifat fisika logam Cu:

1. Merupakan logam yang berwarna kemerahan,
2. Mempunyai berat atom 63,546 dan memiliki berat jenis sebesar 8,99/cm,
3. Titik lebur tembaga adalah 1083°C (1981°F) dan titik didihnya adalah 2657°C (4753°F) (Filov, 1993),
4. Tidak mudah mengalami korosi, dapat menghantarkan arus listrik dan kalor dengan baik,
5. Tembaga murni bersifat sangat lunak, dapat diregangkan dan ditempa karena bersifat liat,
6. Dapat membentuk *alloy*, dengan bermacam-macam logam seperti kuningan yang dibuat dari tembaga, seng, sercniun, dan sedikit timah atau timbal (Cu, Zn, Sn, Pb) (Anonim, 2003).

Sifat-sifat kimia logam tembaga:

1. Logam ini dapat membentuk senyawa logam sulfida, dan dapat bereaksi dengan HNO_3 encer,

2. Keadaan ion Cu dapat membentuk kompleks ion yang sangat stabil, seperti $\text{Cu}(\text{NH}_3)_6 \text{Cl}_2$,
3. Logam Cu dan beberapa bentuk persenyawaan, seperti, CuO dan CuCO_3 tidak dapat larut dalam air dingin atau air panas, tetapi dapat larut dalam asam,
4. Memiliki bilangan valensi +1 dan +2,
5. Logam Cu dapat dilarutkan dalam senyawa asam sulfat (H_2SO_4) panas dan dalam larutan basa NH_4OH ,
6. Senyawa CuO dapat larut dalam NH_4Cl dan KCN (Taba, 1997).

Palar (1994), menyatakan, Cu banyak digunakan dalam bidang elektronika dan kelistrikan, sebagai logam campuran, katalis kimia, karena tembaga merupakan penghantar listrik yang baik. Dalam bidang industri, senyawa Cu banyak digunakan dalam industri cat sebagai anti fouling, industri baja, industri insektisida, dan fungisida. Tembaga Oksida (CuO) banyak digunakan sebagai katalis baterai elektroda penarik sulfur dan sebagai pigmen serta pencegah pertumbuhan lumut juga untuk pengawetan kayu.

Beberapa penggunaan tersebut tidak dapat dihindari menyebabkan tembaga masuk kedalam lingkungan laut. Sampah perkotaan banyak mengandung substansi tembaga dan ini merupakan penambahan konsentrasi sedimen pada tanah yang tertimbun lumpur (Clark, 1989).

Menurut Palar (1994) toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila telah masuk kedalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi toleransi organisme tersebut.

Soerensen (1991) menyatakan, pada ikan secara hispatologi banyak sekali jaringan yang dirusak oleh tembaga, diantaranya chemoreceptor, pembuluh darah, lembaran kedua dari insang, hati, ginjal, dan lain-lain.

Nielsen dan Anderson (1970) dalam Supriharyono (2000) memperoleh bahwa logam berat Cu pada konsentrasi 0,001 – 0,002 ppm mulai menghambat pertumbuhan diatom laut, *Nitzschia palea*, sedangkan pada konsentrasi 0,01 ppm pertumbuhan diatom berhenti.

Contoh pengaruh logam berat terhadap perkembangan organisme dilaporkan oleh Lang *et al* (1981) dalam Supriharyono (2000), yang melakukan uji coba pengaruh logam Cu terhadap larva *barnacle* (teritip). Berdasarkan hasil penelitian, mereka mendapatkan bahwa perkembangan hewan uji terhambat pada *stage III* (*naupilus*), proses pergantian cangkangnya terhenti setelah 96 jam. Pada konsentrasi yang rendah (80 ppb), perkembangan organisme uji menurun. Sedangkan pada konsentrasi perlakuan yang tinggi (160 ppb; salinitas 30) *nauplii* gagal melakukan pergantian cangkang pada *stage III*. Akan tetapi jika terjadi pergantian cangkang atau sukses berkembang pada *stage III*, *nauplii* menampakkan tanda-tanda pertumbuhan yang abnormal. Perubahan morfologis juga terjadi pada *hydra* laut *Eirene viridula* yang terelapse oleh 0,06 – 1 ppm Cu.

Konsentrasi logam berat yang rendah dapat juga menghambat proses reproduksi organisme laut. Sebagai contoh, perkembangan seksual ikan *Fathead minnows*, *Pimephales promelas*, terhambat dan proses pemijahan tertahan apabila hewan ini diberi perlakuan dengan Cu.

Definisi Cu ditunjukkan dengan anemia mikrositik hasil dari sintesis haemoglobin yang tidak sempurna . keracunan akut dengan masuknya sejumlah garam tembaga secara berlebihan, umumnya CuSO_4 dapat menyebabkan kematian, gejalanya adalah mual, muntah, koma dan penyakit kuning (Casaret *et al*, 1975).

2. Logam Berat Timbal (Pb)

Logam Timbal dengan lambang Pb berada pada golongan IV A dalam tabel periodik dan nomor atom 82. sifat kimia kation ion Pb terhidrolisis sebagian dalam air. Timbal dalam laut ditemukan dalam bentuk PbCl_2 , PbCl dan Pb OH (Cotton dan Wilkinson, 1976).

Sifat fisika dan kimia:

1. Pb memiliki titik didih rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana dan tidak mahal,
2. Pb merupakan logam lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk,
3. Sifat logam Pb menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab,
4. Pb dapat membentuk senyawa dengan logam lain, senyawa yang terbentuk berbeda dengan Pb murni,
5. Densitas logam Pb lebih tinggi dibanding dengan logam lain kecuali emas dan merkuri (Fardiaz, 1992)

Daya racunnya lebih rendah dibanding dengan Hg dan Cd tetapi bersifat kronis dan akumulatif (Hutagalung dan Hamidah, 1982).

Laws (1993) menyatakan, di Amerika Serikat logam timbal utamanya digunakan pada baterai, amunisi, pembungkus kabel, pengecoran logam, pipa, perangkap/jala, campuran kuningan dan perunggu, berbagai tipe logam dan produknya, konstruksi bangunan. Oksida timbal banyak digunakan dalam berbagai cat, pigmen, gelas, dan produk keramik. Senyawa timbal banyak digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar minyak dalam bentuk *Tetra Metil lead* (TML) atau *Tetra Etil Lead* (TEL).

Soerensen (1991) menyatakan, pada ikan, timbal mempunyai sifat seperti logam alkali tanah dengan memperhatikan proses pengambilan, penyebaran internal dan pengeluarannya. Timbal ditemukan pada elemen tulang dan diproses bersama Kalsium. Namun jaringan lain juga dapat menyimpan timbal, diantaranya pada insang, limpa, ginjal, dan pada eritrosit, pengambilannya tergantung pada lamanya pemaparan, besarnya konsentrasi pada perairan, pH, temperatur, salinitas dan parameter lainnya.

Supriharyono (2000) yang melakukan penelitian reproduksi *British sea-anemone* (*Actinia aquania*), di North Sea, Inggris, menemukan bahwa hewan-hewan yang hidup di dasar perairan pantai yang mungkin tercemar oleh limbah industri (terutama logam berat Cu, Cd, Pb) menampakkan kejadian betuk pertumbuhan yang abnormal pada *juvenile*, bahkan pada stadia dewasanya. Perubahan morfologis, juga terjadi pada *hydra* laut *Eirene viridula*, yang terekspose oleh 1 – 10 ppm Pb.

Ramlan (2000) menyatakan bahwa hanya ada beberapa spesies seperti *Clypeomonus corralium* dan *Nereis pelagica* yang mampu beradaptasi untuk mempertahankan hidupnya pada kondisi lingkungan yang telah tercemar berat.

3. Sedimen laut

1. Klasifikasi sedimen laut

* Klasifikasi *Terrigenous*

Sedimen *terrigenous* diklasifikasikan berdasarkan ukurannya.

Tabel 1. Klasifikasi sedimen menurut Wenworth (Bird, 1970)

Nama	Ukuran sedimen (mm)
Boulder (Bongkah)	>256
Cobble (Kerikil kasar)	64 – 256
Pebble (Kerikil sedang)	4 – 64
Granule (Kerikil halus)	2 – 4
Very Coarse Sand (Pasir sangat kasar)	1 – 2
Medium Sand (Pasir sedang)	0,5 – 1
Fine Sand (Pasir halus)	0,25 – 0,5
Very Fine Sand (Pasir sangat halus)	0,125 - 0,25
Silt (Lanau)	0,0625 - 0,125
Clay (Lempung)	0,0039 – 0,0625
Disolved Material (Material endapan)	<0,0039

Sedimen di laut dapat diklasifikasikan dengan mudah dimana dasar lautan sendiri ditutupi oleh sedimen atau partikel yang lebih halus sedang pada daerah pantai sedimen laut umumnya sangat kasar dan berukuran besar (Bird. 1970).

* Klasifikasi pelagik

Hutabarat (1984), membagi sedimen pelagik ini berdasarkan asal partikel pembentuknya yang dibagi ke dalam 3 golongan utama yaitu:

1). Sedimen *Lithogenous*

Jenis sedimen ini berasal dari pengikisan batu-batuan didarat. Hal ini terjadi karena adanya suatu kondisi fisik yang ekstrim, seperti yang disebabkan oleh karena adanya proses pemanasan dan pendinginan terhadap batu-batuan yang terjadi secara berulang-ulang di padang pasir atau karena adanya proses embun es dimusim dingin. Proses transportnya ke laut melalui aliran sungai yang bermuara pada laut dangkal maupun laut dalam.

2). Sedimen *Biogeneous*

Jenis sedimen ini berasal dari organisme hidup, secara natural berupa planktonik karena sedimen ini jumlahnya paling melimpah. Kehidupan planktonik memiliki bentuk dan spesies, tetapi jenis yang berbentuk organisme planktonik adalah jenis yang memiliki kulit yang keras dan kuat. Material kulit yang paling umum untuk plankton adalah $(CaCO_3)$ dan Opal (SiO_2) . Sedimen laut biogenik berasal dari 4 spesimen berikut ini:

Tabel 2. Beberapa spesies sedimen laut yang sangat biogenik

	<i>Calcareous (Calsitev shells)</i>	<i>Siliceous (Opal shells)</i>
Phytoplankton	<i>Coccoliths</i>	<i>Diatoms</i>
Zooplankton	<i>Foraminifera</i>	<i>Radiolaria</i>

Organisme siliceous (diatoms dan radiolarian) banyak terdapat di daerah kutub dan sepanjang garis khatulistiwa. Organisme *calcareous* (*Coccoliths* dan *Foraminifera*) banyak ditemukan pada perairan dangkal pada daerah tropis. Kalsit memecah pada tingkat kedalaman yang tinggi.

3). Sedimen *Hidrogeneous*

Jenis partikel dari sedimen ini merupakan hasil reaksi dari air laut dengan mineral yang ada atau terkandung dalam laut.

Meybaeck *et al* (1989), membagi sumber sedimen menjadi 3 sumber utama yaitu:

1. Sumber alami yang merupakan hasil pengikisan daratan,
2. Sumber *authothonous* yang terbentuk dalam kolom air,
3. Sumber *anthropogenis* yang merupakan hasil dari berbagai aktivitas manusia.

Satu jenis sedimen lagi yaitu *cosmogeneous* dimana bumi ini selalu dihujani oleh meteor dan debu kosmik yang berasal dari angkasa, dimana beberapa material tersebut tidak terbakar dalam atmosfer dan sampai ke laut, yang kemudian mencapai dasar lautan. Sedimen ini bukanlah tipe sedimen yang dominan sedimen ini tidak lebih dari fraksi yang sangat kecil (Anonim, 2003).

2. Proses sedimentasi laut

Berdasarkan kedalaman sedimen dapat dibedakan dalam 2 jenis yaitu:

* Proses sedimentasi laut dangkal

Daerah ini mencakup lingkungan yang kedalamannya kurang dari 500 m. meliputi neritik, dan sebagian besar continental shelf. Faktor utama yang berpengaruh dalam proses sedimentasi ini adalah gelombang dan arus serta pasang surut.

* Proses sedimentasi laut dalam

Lingkungan laut dalam terletak pada kedalaman lebih dari 500 m, termasuk lereng benua dan cekung laut dalam laguna seperti trench, hadal, batial, dan abisal. Pada dasarnya yang paling berpengaruh pada pembentukan sedimen laut yang membawa unsur logam berat dalam lautan lebih banyak dipengaruhi oleh interaksi sebagai berikut:

1. Erosi

Erosi sedimen dasar dipengaruhi oleh aliran naik (*fluida zift* sedimen dan seretan oleh gerakan pengadukan),

2. Transpor

Faktor utama dalam transport sedimen adalah bentuk partikel oleh pengaruh grafitasi dan tenaga dorong naik dari laut dalam. Dalam proses transformasi sedimen kasar akan berangsur melepaskan diri dan jatuh terendapkan dan mengalami seretan dasar,

3. Pengendapan

Energi yang banyak bekerja pada daerah lingkungan laut adalah energi mekanis dan kimiawi sehingga unsur atau senyawa akan terendapkan akibat suspensi terutama logam berat yang memiliki berat molekul yang tinggi,

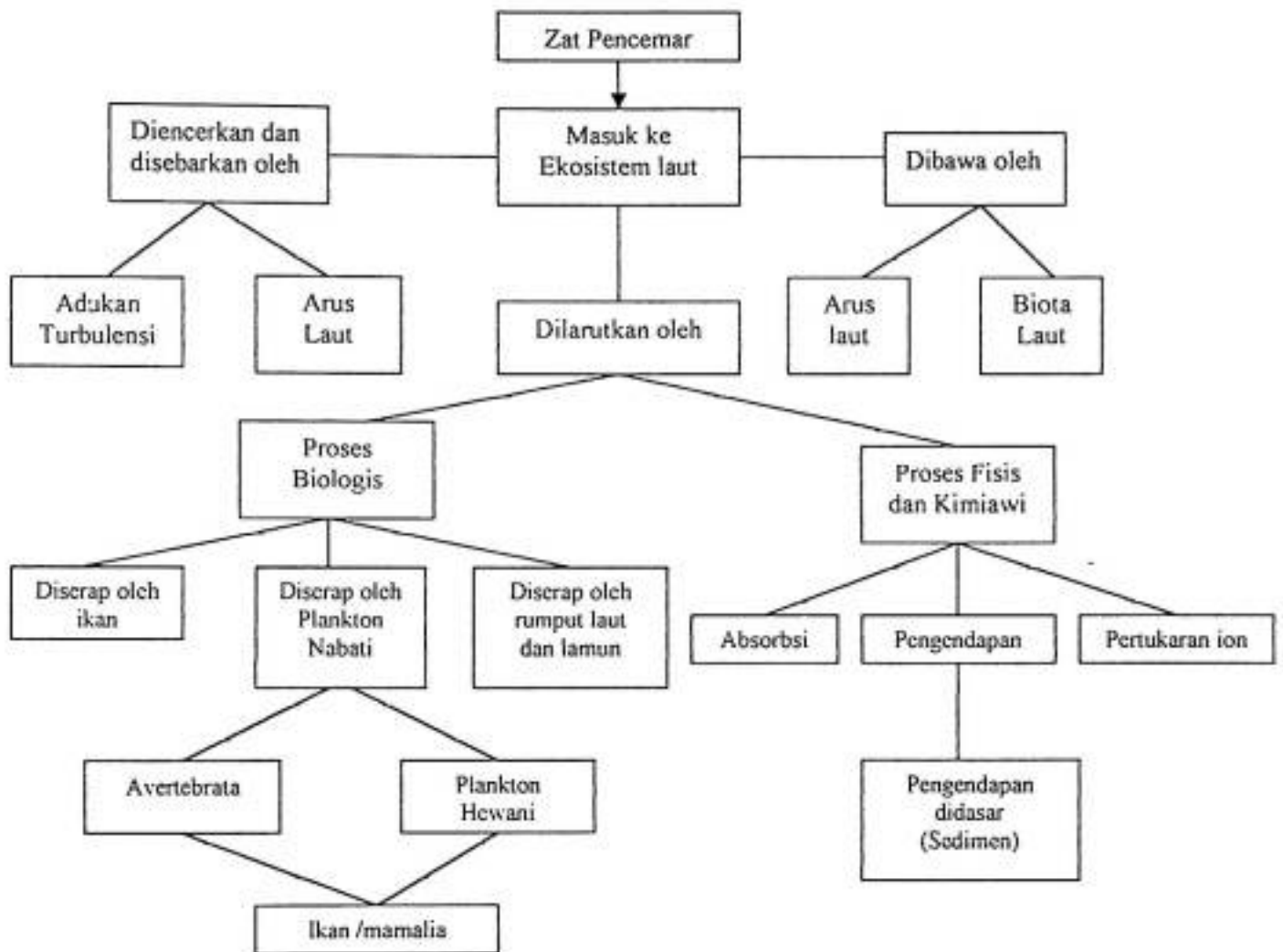
4. Konsolidasi

Konsolidasi terjadi setelah akumulasi sedimen dimana faktor pembebanan sedimen sebagai faktor utamanya (Meybaeck *et al.* 1989).

3. Logam berat dalam sedimen

Geyer (1981) mengemukakan bahwa umumnya logam berat masuk ke dalam laut secara alami atau berasal dari sumber tropogenik, dimana logam beratnya sementara saja berada pada kolom air. Sedimen merupakan media penting dalam penyebaran logam berat, dimana dimana logam-logam berat yang terbawa oleh air laut akan menjadi sedimen-sedimen utama dan substansi sedimen menjadi endapan sebagai sebagai penyebaran terakhir dari logam berat.

Kunarso dan Ruyitno (1991) menyatakan bahwa bahan pencemar yang masuk kelaut akan mengalami 3 proses akumulasi yaitu proses fisika, kimia, dan biologis proses tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Proses yang dialami bahan cemar bila masuk ke lingkungan laut

Logam memasuki hidrosfer dari berbagai sumber baik secara alami ataupun yang disebabkan oleh aktifitas manusia. Pada skala waktu geologi, sumber alami seperti kerusakan secara kimiawi dan kegiatan gunung berapi merupakan mekanisme pelepasan yang bertanggung jawab terhadap susunan kimiawi ekosistem laut dan air tawar. Kegiatan manusia juga merupakan faktor utama pemasukan logam berat ke lingkungan perairan yang terangkum dalam kegiatan

pertambangan, cairan limbah rumah tangga dan aliran air perkotaan serta limbah industri.

4. Faktor Oseanografi

1. Arus

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Angkutan massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Apabila garis puncak gelombang sejajar dengan garis pantai, maka akan terjadi arus dominan di pantai berupa sirkulasi sel dengan *rip current* yang menuju ke laut. Kejadian ekstrim lainnya terjadi apabila gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai sebesar 5° , yang akan menimbulkan arus sejajar pantai (*longshore current*) di sepanjang pantai.

Menurut Bantung (1998). Kecepatan arus memiliki peran yang penting dalam penyebaran partikel sehingga bila kecepatan arus tinggi maka keberadaan logam berat pada perairan kecil, sedang bila kecepatan arus rendah maka keberadaan partikel yang mengandung logam berat akan besar.

3. Suhu

Suhu air merupakan faktor yang banyak berpengaruh terhadap lingkungan laut. Suhu air permukaan di perairan nusantara kita umumnya berkisar antara $28 - 31^\circ\text{C}$. Suhu air di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi dari pada dilepas

pantai. Di perairan yang dangkal bisa di jumpai suhu yang panas di siang hari kadang-kadang bisa mencapai lebih dari 35°C (Nybakken, 1992).

Kunarso dan Ruyitno (1991), mengemukakan bahwa kenaikan suhu perairan akan menyebabkan bioakumulasi dan toksisitas logam berat meningkat, sebab kenaikan suhu menyebabkan konsumsi oksigen makin tinggi bagi organisme sehingga pada saat proses respirasi melalui insang air yang masuk dan mengandung logam berat akan terakumulasi dalam jaringan tubuh.

Hutabarat dan Evans (1984), mengatakan suhu dilaut adalah salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu dapat mempengaruhi proses metabolisme maupun perkembangbiakan organisme tersebut.

Tingginya suhu yang ada dalam perairan mempengaruhi keberadaan logam berat dalam perairan. Dimana hal tersebut dikemukakan oleh WHO (2001) dalam Gunawan (1998), bahwa suhu akan mempengaruhi sifat fisik logam berat dalam perairan. Jika suhu meningkat maka daya toksik logam berat akan meningkat.

5. Salinitas

Salinitas adalah garam-garam terlarut dalam satu kilogram air laut dan dinyatakan dalam satuan perseribu (Nybakken, 1992). Selanjutnya dinyatakan bahwa dalam air laut terlarut macam-macam garam terutama natrium klorida, selain itu terdapat pula garam-garam magnesium, kalium dan sebagainya. (Nontji, 1993). Sedangkan menurut Koesbiono (1985), salinitas didefinisikan

sebagai jumlah seluruh zat yang larut dalam satu kilogram air laut dengan anggapan bahwa seluruh karbonat telah berubah menjadi oksida, semua bromida dan iodida diganti dengan klorida dan semua zat organik mengalami oksidasi sempurna. Beberapa penelitian yang dilakukan menunjukkan toksisitas yang meningkat disebabkan adanya reduksi salinitas dan bertambahnya suhu (Mance, 1990)

Perairan samudera biasanya memiliki salinitas bekisar antara $34^{0}/_{00}$ - $35^{0}/_{00}$. Sedangkan pada perairan pantai, karena terjadi proses pengeceran yang disebabkan oleh aliran air tawar dari darat dan pengaruh aliran sungai salinitas bisa turun rendah. Begitu juga dengan sebaran salinitas di laut turut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, aliran sungai (Nontji, 1993).

Nybakken (1992) menyatakan bahwa faktor yang bereaksi pada daerah intertidal adalah salinitas yang dapat menimbulkan tekanan osmotik. Penurunan salinitas terjadi pada daerah intertidal karena tumpahan air tawar ke pantai pada saat surut karena turunnya hujan lebat. Namun perubahan ini terbatas pada lapisan atas pantai, karena lapisan bawah melalui daya kapiler mampu mempertahankan tingkat air asin yang lebih tinggi, karena air tawar lebih ringan dari pada air asin maka air tawar tidak dapat menembus ke bawah titik di mana air laut ditahan oleh daya kapiler ini berarti hanya lapisan yang paling atas mengalami perubahan salinitas.

6. Derajat keasaman (pH)

Menurut Nyabakken (1992), jumlah ion hidrogen dalam suatu larutan merupakan suatu tolak ukur keasaman. Biota-biota laut memiliki kisaran untuk hidup pada nilai pH tertentu. Karena hal tersebut, agar pembudidayaan terhadap biota laut di peroleh hasil yang maksimal maka hal penting untuk mengetahui kisaran nilai pH untuk hewan-hewan air, sehingga sering digunakan untuk menyatakan baik buruknya keadaan air sebagai lingkungan ikan, walaupun baik buruknya suatu perairan masih tergantung faktor-faktor lain.

Menurut Ahmad *dkk* (2002), air laut biasanya bersifat alkalis dengan pH lebih dari 7 karena banyak mengandung garam yang bersifat alkalis. Air yang banyak mengandung CO₂ biasanya mempunyai pH lebih rendah dari 7 dan bersifat asam. Derajat keasaman (pH) air sebesar 6,5 – 9,0 sangat memadai bagi budidaya ikan.

Air laut memiliki nilai pH yang relatif stabil dan biasanya berkisar antara 7,5 – 8,4. Nilai pH dapat dipengaruhi oleh aktifitas fotosintesis, suhu serta buangan industri dan rumah tangga. Menurut Sastrawijaya (1991) bahwa pada umumnya jika pH air kurang dari 7 atau lebih dari 8,5 perlu diwaspadai karena mungkin ada pengendapan yang berasal dari buangan zat kimia.

6. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen merupakan unsur penting bagi kehidupan di laut, bersumber terutama dari udara dan sangat tergantung pada tekanan parsial gas di atmosfer. Sumber oksigen lainnya adalah hasil dari proses fotosintesis dalam laut, namun proses ini sangat tergantung pada sederetan faktor yang mempengaruhinya seperti

kecerahan air laut dan tingkat kesuburan atau kandungan kepadatan populasi fitoplankton dan flora laut lainnya yang terdapat di perairan itu (Cahyono, 2001). Sedangkan menurut Dahuri *dkk* (2000), menyatakan bahwa konsentrasi dan distribusi oksigen di laut ditentukan oleh kelarutan gas oksigen dalam air dan proses biologi yang mengontrol tingkat konsumsi dan pembebasan oksigen.

Indikator pencemaran air yang pertama kali harus diperhatikan untuk mengetahui apakah badan air tercemar adalah DO yaitu suatu ukuran oksigen terlarut dalam air yang diperlukan dalam proses biologis guna penguraian bahan-bahan organik dalam air. Bahwa pemeriksaan DO diperlukan untuk menentukan bahan pencemaran akibat buangan penduduk seperti limbah organik dan anorganik atau akibat buangan industri baik itu logam berat untuk mendisain sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar dimana perairan yang tercemar ditandai dengan rendahnya DO yaitu hanya 3 ppm (Ulando, 1997)

Pada lapisan permukaan air yang jernih, kandungan oksigen terlarutnya cukup tinggi, dan hal ini merupakan modal pendukung pertumbuhan ikan. Kandungan oksigen terlarut yang ideal yaitu minimal 3 ppm (Kordi dan Gurfran, 2001).

METODOLOGI PENELITIAN

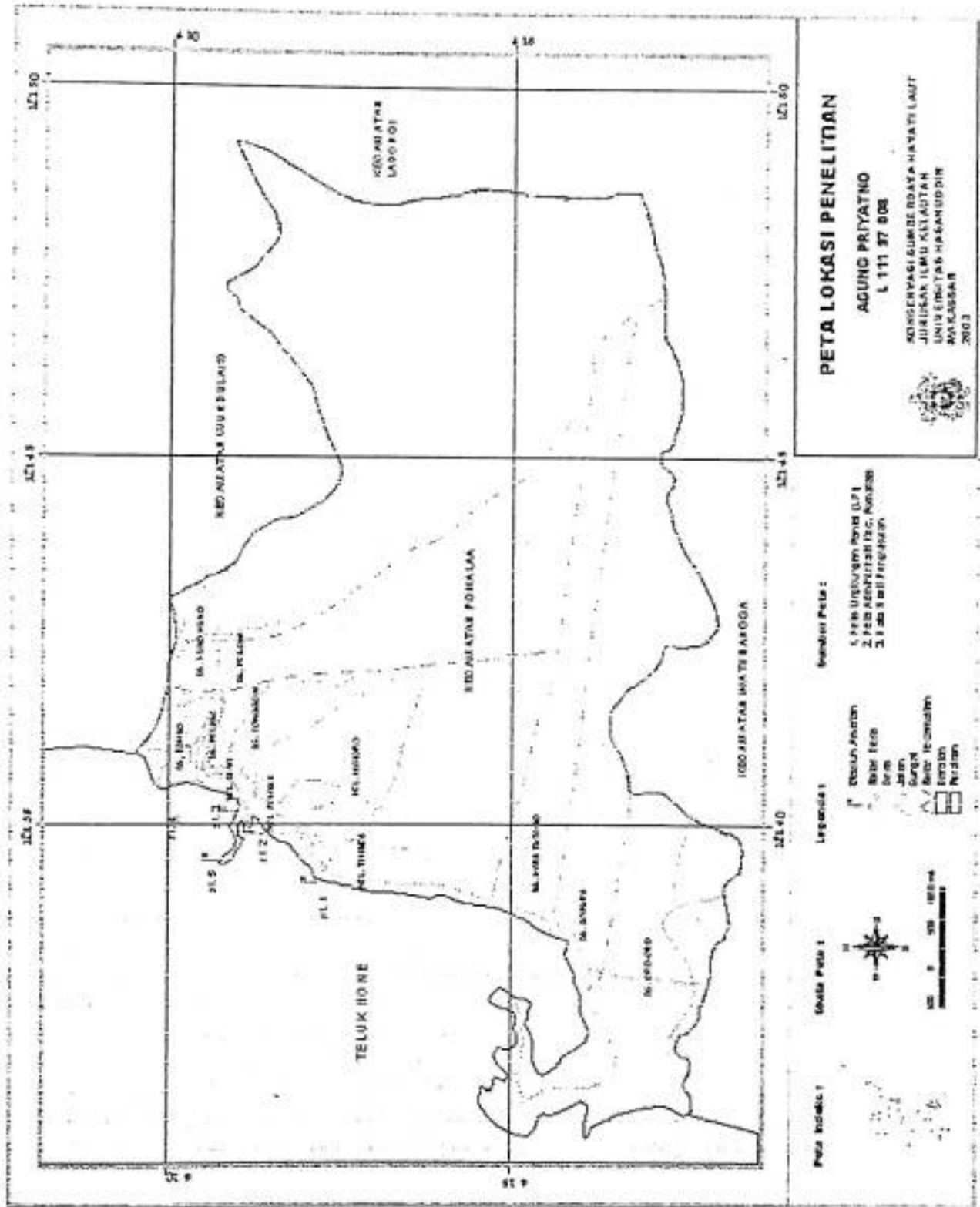
Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung dari bulan September hingga November 2003 yang meliputi kegiatan pengambilan sampel, analisis sampel, dan analisis data hasil penelitian. Pengeringan dan peleburan serta analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Lokasi penelitian di sekitar perairan Pantai Slag Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara, seperti ditunjukkan pada gambar 2. .

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain terdiri dari:

- a. Peralatan untuk pengambilan sampel
 - Grab sampler
 - Alumunium foil
 - Plastik sampel
 - Tali plastik
 - pH meter
 - Thermometer
 - Layang-layang arus
 - Stop watch



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

- Hand refraktometer
- Botol gelap
- Biuret
- Tiang skala

b. Peralatan untuk analisis laboratorium

- Pemanas listrik (Oven)
- Neraca analitis lumpang dan alu
- Cawan Petri
- Gelas piala 100 ml
- Erlenmeyer
- Gelas ukur 100 ml
- Pipet gondok 10 ml
- Pipet ukur 10 ml
- Labu ukur 100 ml
- Corong
- Batang pengaduk
- Labu semprot plastik
- Kertas saring
- Kertas tissue
- Masker

- Sarung tangan karet
- AAS (Atomic Absorbtion Spektrofotometer)

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Sampel sedimen
- Asam klorida (HCl)
- Asam Nitrat (HNO₃)
- Logam Cu
- Logam Pb
- Akuades
- MnSO₄
- H₂SO₄
- KI
- Natisulfat
- Indikator amilum

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

A. Tahap Persiapan.

Pada tahap persiapan dilakukan beberapa kegiatan antara lain studi literatur, survey lapangan untuk mengetahui gambaran umum lokasi penelitian secara jelas sekaligus penentuan stasiun yang dianggap mewakili berbagai karakteristik lokasi penelitian dan persiapan alat ke lapangan.

B. Penentuan Stasiun Penelitian

Penentuan stasiun serta pengambilan sampel sedimen dilakukan menurut keterwakilan wilayah tersebut. Stasiun 1 mewakili daerah tambak, stasiun 2 mewakili daerah pembuangan pabrik, stasiun 3 mewakili galangan kapal, stasiun 4 mewakili daerah pemukiman padat penduduk dan pelabuhan rakyat, stasiun 5 sebagai stasiun pembanding dengan stasiun lainnya, karena berada jauh dari pengaruh daratan. Pengambilan sample dilakukan pada tiap stasiun sampel sebanyak 3 kali ulangan (Gambar. 2).

C. Prosedur kerja

1. Pengukuran arus

Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan layang-layang arus dengan jarak yang ditentukan dengan mengukur selang waktu yang dibutuhkan hingga mencapai jarak yang telah ditentukan tersebut. Pengukuran pergerakan arah arus dilakukan dengan menggunakan kompas, yakni dengan menentukan posisi titik awal layang-layang arus ketika dilepas sampai jarak terakhirnya. Pengukuran dilakukan selama 2 hari untuk semua stasiun, setiap satu hari dilakukan pengamatan sebanyak dua kali yaitu pada saat pasang dan pada saat surut dengan tiga kali pengulangan.

2. Oksigen Terlarut (DO)

Besarnya oksigen terlarut (DO) merupakan suatu parameter dalam menentukan kualitas air. Pengukuran DO dilakukan metode titrasi sebagai berikut :

Air sampel di ambil kemudian dimasukkan di botol gelap, selanjutnya ditambahkan larutan $MnSO_4$ 2ml dan larutan KI 2 ml, kemudian di tutup dengan hati-hati dan di aduk dengan membolak-baliknya sampai terjadi endapan coklat, ditambahkan 2 ml larutan H_2SO_4 pekat hingga semua endapan terlarut. Tahap selanjutnya adalah mengambil air sampel kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 100 ml, lalu dipindahkan ke dalam labu elenmeyer dan terlihat warna kuning muda lalu dititrasi dengan Na-tiosulfat hingga terjadi perubahan warna dari kuning tua menjadi kuning muda, lalu ditambahkan indikator amilum 5 tetes dan diaduk hingga warna larutan menjadi biru, kemudian dititrasi kembali hingga terjadi perubahan warna dari biru menjadi tidak berwarna. Pembacaan dilakukan terhadap volume titrasi yang digunakan.

3. Salinitas, Suhu dan Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan thermometer sementara pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan *handrefractometer*. Prinsip kerja pengukuran suhu yaitu dengan memasukkan thermometer pada kolom perairan, kemudian mengamati penunjukan suhu pada *thermometer*, sedangkan untuk pengukuran salinitas, sampel air yang terambil ditetaskan sedikit di atas kaca *handrefractometer* yang telah dibersihkan/dikalibrasi sebelumnya kemudian ditutup dan diteropong untuk melihat nilai salinitasnya. Pengukuran suhu dan salinitas dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada saat pasang dan pada saat surut untuk semua

stasiun per hari dalam tiga hari pengamatan dengan tiga kali pengulangan untuk tiap kali pengukuran. Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter.

4. Pengambilan sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada beberapa stasiun yang ditentukan menurut keterwakilan, ditentukan pula 1 buah stasiun pembanding yang terletak di tengah teluk. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan grab sampler yang diulur kedasar perairan dengan menggunakan tali rol. Sedapat mungkin contoh sampel sedimen diambil pada bagian tengah dari bongkahan sample yang terangkat, untuk mengurangi kontaminasi dengan bahan cemaran lainnya. Sedimen yang diperoleh kemudian disimpan dalam alumunium foil lalu dimasukkan kedalam kantung sampel plastik untuk analisis selanjutnya. Sampel sedimen juga diambil sebagai control untuk melihat kandungan alami logam berat, sebab sample sedimen ini belum melewati proses pengolahan di pabrik.

5. Pelarutan sampel

1. Sampel basah dikeringkan.
2. Setelah kering, sampel sedimen digerus hingga halus dengan menggunakan lumpangan porselen.
3. Ditimbang sedimen dengan teliti sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam gelas ukur 250 ml.
4. Ditambahkan 20 ml HCl pekat dan 10 ml HNO₃ pekat dan aquades, kemudian didestruksi sampai menjadi jernih.

5. Diencerkan dengan menambahkan 50 ml HCl, kemudian dipanaskan hingga mendidih.
6. Disaring dalam keadaan panas, lalu dicuci dengan aquades panas.
7. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik dan selanjutnya dianalisis dengan AAS.

Pembuatan larutan baku

1. Pembuatan larutan baku induk Cu 1000 ppm

Ditimbang dengan teliti 1,000 gram logam tembaga lalu dilarutkan dalam 50 ml asam nitrat (HNO_3) 5 M, kemudian dimasukkan dan diencerkan dalam labu ukur ml dan tepatkan volumenya dengan air suling (akuades).

2. Pembuatan larutan baku induk pb 1000 ppm

Ditimbang dengan teliti 1,000 gram logam Timbal (Pb), lalu dilarutkan dalam 50 ml asam nitrat (HNO_3) 5 M, kemudian dimasukkan dan diencerkan dalam dalam labu ukur 1000 ml dan tepatkan volumenya dengan air suling (akuades).

3. Pembuatan larutan baku kerja logam Cu dan Pb untuk 100 ppm

Dipipet masing-masing 10 ml dari larutan baku 1000 ppm untuk kedua jenis logam tersebut lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Diencerkan dan ditepatkan volumenya dengan asam nitrat 10 % hingga tanda batas.

4. Pembuatan deret larutan baku

Dari ketiga larutan baku 100 ppm di atas dibuat deret larutan baku berikut

Cu	0,1	;	0,2	;	0,3	;	0,4	;	0,5
Pb	1	;	2	;	3	;	4	;	5

Pengoperasian Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Langkah-langkah pengoperasian alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah sebagai berikut :

- Ke dalam nyala udara asetilen diaspirasikan larutan blanko
- Kemudian berturut-turut aspirasikan larutan baku konsentrasi
- Nilai serapan dari larutan baku tersebut langsung dicetak (komputer dihubungkan dengan SSA)
- Larutan contoh kemudian diaspirasikan ke dalam nyala yang sebelumnya diaspirasikan larutan blanko
- Nilai serapan dan konsentrasi dari larutan contoh dicetak/diprint
- Diulangi untuk pengukuran setiap jenis logam.

D. Analisis data

1. Arus

Kecepatan arus diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = \frac{S}{T}$$

Dimana V = Kecepatan arus (m/dt)

S = Jarak / panjang tali (meter)

T = Waktu yang ditempuh (dt)

2. Analisa Stasistik

Data logam berat pada setiap stasiun dianalisis dengan menggunakan ANOVA (SPSS Versi Tukey) untuk melihat perbedaan.

3. Analisis Data logam dari Standar Larutan Baku

Contoh perhitungan persamaan garis regresi Cu

Konsentrasi (X)	Absorban
0,1	0,154
0,2	0,244
0,3	0,368
0,4	0,501
0,5	0,654

Dari tabel deret larutan baku di atas, maka persamaan garis regresi:

$$Y = a \pm bx$$

Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

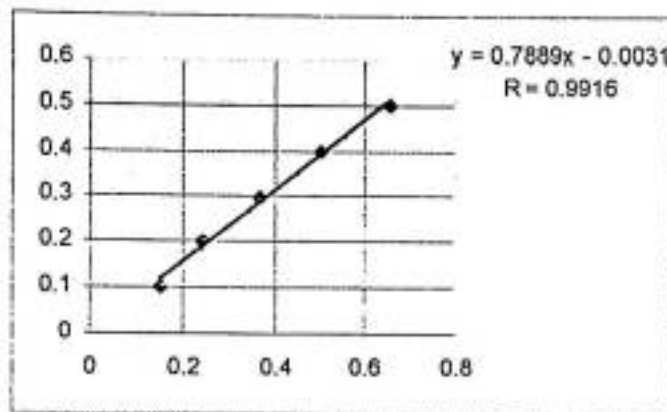
$$b = \frac{n \cdot \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

maka diperoleh nilai $a = 0,7889$

$$b = 0,0031$$

$$r = 0,9916$$



sehingga akan membentuk persamaan garis regresi sebagai berikut :

$$y = 0,7889 - 0,0031x$$

Contoh perhitungan persamaan garis regresi Pb

Konsentrasi (X)	Absorban
1	0,356
2	0,468
3	0,569
4	0,702
5	0,808

Dari tabel deret larutan baku di atas, maka persamaan garis regresi:

$$Y = ax - b$$

Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

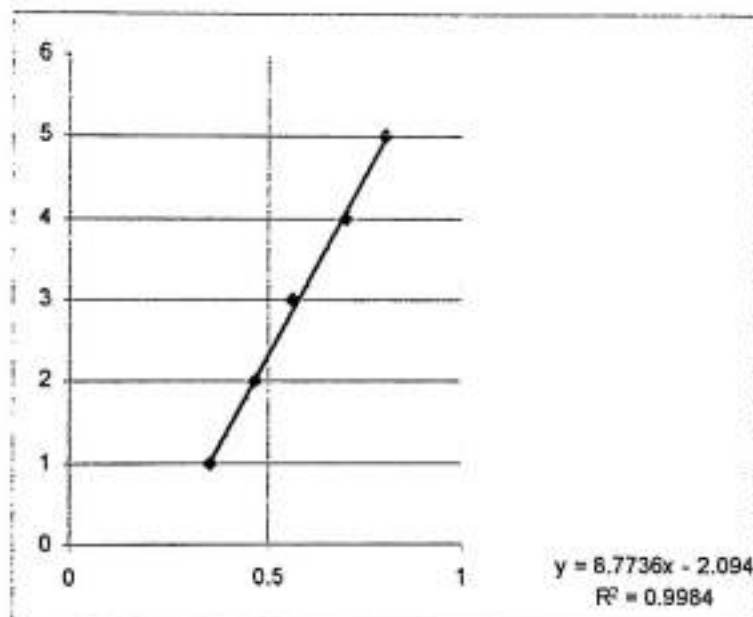
$$b = \frac{n \sum X.Y - \sum X \cdot \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

maka diperoleh nilai $a = 8,7736$

$$b = 2,094$$

$$r = 0,9984$$



sehingga akan membentuk persamaan garis regresi sebagai berikut :

$$y = 8,7736x - 2,094$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kecamatan Pomalaa sebagai lokasi penelitian secara geografis terletak pada pantai barat Sulawesi Tenggara, terletak pada 410° LU – 415° LS dan $121,50^{\circ}$ BT – $1,35^{\circ}$ BB, berjarak kira-kira 195 kilometer di sebelah barat kota Kendari, ibukota provinsi Sulawesi Tenggara.

Perairan sekitar Pantai Slag secara umum berada dalam Teluk Bone. Teluk Bone merupakan teluk yang cenderung tertutup, selain itu Pantai Slag terlindungi oleh beberapa pulau-pulau kecil. Kondisi perairan Pantai Slag yang relatif terlindungi dari aksi gelombang dan badai merupakan lokasi yang tepat untuk pelabuhan, hal ini ditunjukkan dengan adanya galangan kapal, pelabuhan Depot Pertamina Pomalaa yang juga sebagai pelabuhan bongkar muat bahan tambang dan beberapa pelabuhan kecil. Di dalam Teluk Bone bermuara pula beberapa buah sungai dan kanal-kanal pembuangan dari Kecamatan Pomalaa.

Latar belakang daratan dari sekitar Pantai Slag adalah berupa daerah permukiman padat penduduk, pasar rakyat, kegiatan perikanan, pertanian, pabrik pengolahan nikel, kegiatan pertambangan dan aktivitas dalam pelabuhan yang cukup ramai. Pantai Slag berada dekat pelabuhan yang jaraknya cukup dekat yaitu pelabuhan Pomalaa dan pelabuhan penumpang Kolaka.

Sebagai sifat teluk semi tertutup menyebabkan perairan di Teluk Bone mempunyai karakteristik oseanografi yang khas sebagai suatu perairan teluk yang

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kecamatan Pomalaa sebagai lokasi penelitian secara geografis terletak pada pantai barat Sulawesi Tenggara, terletak pada 410° LU – 415° LS dan $121,50^{\circ}$ BT – $121,35^{\circ}$ BB, berjarak kira-kira 195 kilometer di sebelah barat kota Kendari, ibukota Propinsi Sulawesi Tenggara.

Perairan sekitar Pantai Slag secara umum berada dalam Teluk Bone. Teluk Bone merupakan teluk yang cenderung tertutup, selain itu Pantai Slag terlindungi oleh beberapa pulau-pulau kecil. Kondisi perairan Pantai Slag yang relatif terlindungi dari aksi gelombang dan badai merupakan lokasi yang tepat untuk pelabuhan, hal ini ditunjukkan dengan adanya galangan kapal, pelabuhan Depot Pertamina Pomalaa yang juga sebagai pelabuhan bongkar muat bahan tambang dan beberapa pelabuhan kecil. Di dalam Teluk Bone bermuara pula beberapa buah sungai dan kanal-kanal pembuangan dari Kecamatan Pomalaa.

Latar belakang daratan dari sekitar Pantai Slag adalah berupa daerah pemukiman padat penduduk, pasar rakyat, kegiatan perikanan, pertanian, pabrik pengolahan nikel, kegiatan pertambangan dan aktivitas dalam pelabuhan yang cukup ramai. Pantai Slag berada dekat pelabuhan yang jaraknya cukup dekat yaitu pelabuhan Pomalaa dan pelabuhan penumpang Kolaka.

Sebagai sifat teluk semi tertutup menyebabkan perairan di Teluk Bone mempunyai karakteristik oseanografi yang khas sebagai suatu perairan teluk yang

cenderung agak berbeda dengan laut terbuka. Beberapa parameter oseanografi yang diukur di lokasi penelitian adalah sebagai berikut :

- Salinitas berkisar antara 25 – 31 ‰
- Derajat keasaman (PH) berkisar antara 7,80 – 8,10
- Suhu air permukaan berkisar antara 29 - 32^o C
- Kadar Oksigen (DO) berkisar antara 4,56 – 7,40 ml/l
- Kecepatan arus berkisar antara 0,02 – 0,10 m/dt

Kepadatan substrat atau sedimen pada lima stasiun pengambilan sampel yang terangkat oleh *grap sampler* ada yang berupa lumpur yang sangat halus terdapat pada stasiun I-IV, sedang substrat berpasir pada stasiun V.

Akumulasi Logam Berat

Hasil analisis sampel sedimen dengan menggunakan alat SSA (Spektrofotometer Serapan Atom), menunjukkan bahwa di perairan sekitar Pantai Slag terdapat kandungan logam berat. Kandungan logam berat tersebut bervariasi pada setiap stasiun pengambilan sampel.

Berikut adalah kandungan masing-masing logam berat yang berhasil dianalisis pada masing-masing stasiun pengambilan sampel.

1. Logam Berat Cu

Hasil analisis sampel sedimen untuk logam berat Cu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi logam berat Cu dalam sedimen pada masing-masing stasiun pengambilan sampel.

Stasiun	Absorban	Hasil Perhitungan ppm (mg/kg berat kering)	Hasil perhitungan rata-rata (mg/kg berat kering) ($\bar{X} \pm SE$)
1A	0,112	10,82	13,37 ($\pm 2,2125$)
1B	0,123	11,75	
1C	0,184	17,75	
2A	0,121	23,00	22,58 ($\pm 1,2444$)
2B	0,210	20,25	
2C	0,253	24,50	
3A	0,301	29,25	19,79 ($\pm 5,4133$)
3B	0,203	19,62	
3C	0,110	10,50	
4A	0,201	19,37	22,62 ($\pm 4,8969$)
4B	0,331	32,25	
4C	0,172	16,25	
5A	0,130	12,37	20,83 ($\pm 5,6778$)
5B	0,192	18,50	
5C	0,325	31,62	
Sedimen sumber	0,049	4,5	

Keterangan :

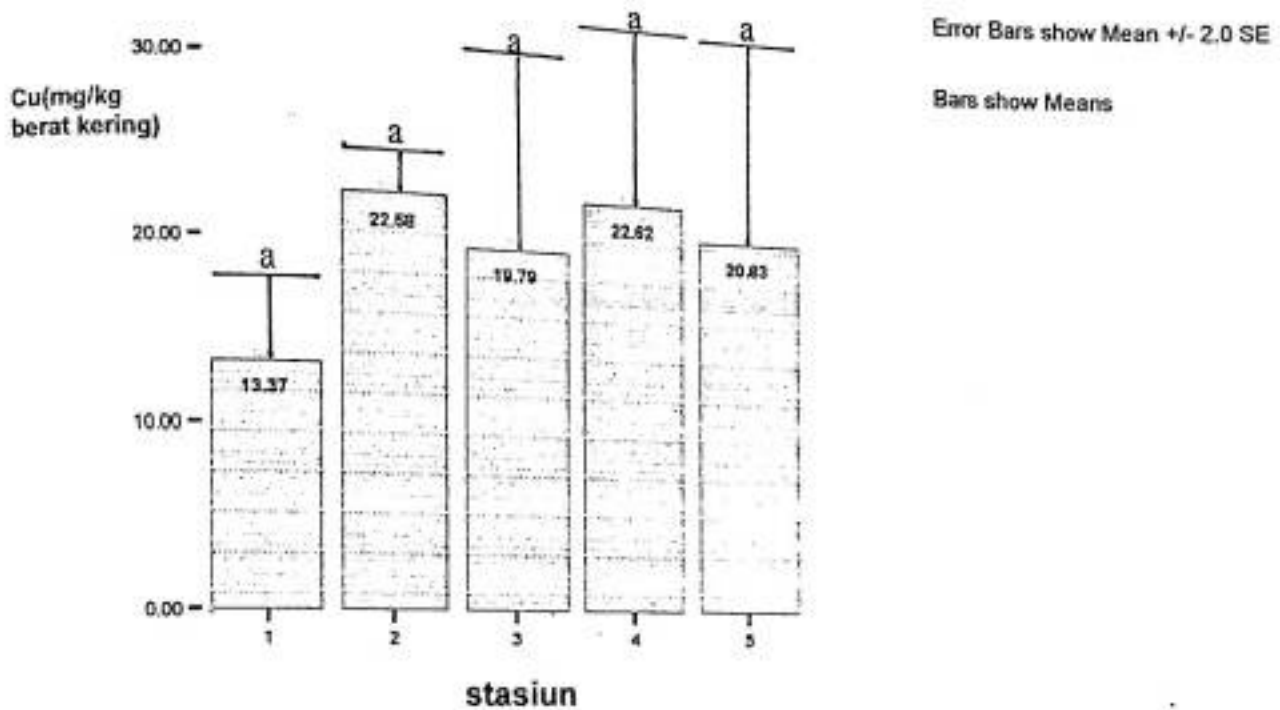
Sedimen sumber = Diambil dari tanah yang akan diolah menjadi nikel.

Tabel 3 menunjukkan konsentrasi logam Cu dalam sedimen berkisar antara 10,82 – 32,25 mg/kg berat kering sedimen. Dari kisaran tersebut dapat terlihat bahwa pada stasiun 4 dan stasiun 5 terdapat kandungan logam berat yang telah melewati konsentrasi maksimum logam berat yang dapat ditolerir oleh organisme, dimana konsentrasi maksimum yang dapat ditolelir oleh organisme sebesar 30 mg/kg berat

kering sedimen. Begitu pula jika dirata-ratakan dari tiap stasiun, maka pada stasiun 4 ditemukan jumlah logam berat tertinggi dibanding dengan empat stasiun lain yaitu 22,62 mg/kg berat kering sedimen, akan tetapi konsentrasi ini belum melewati konsentrasi maksimum yang dapat ditolelir oleh organisme. Sedangkan konsentrasi terendah yaitu 13,37 mg/kg berat kering sedimen terdapat pada stasiun 1.

Pengambilan sampel sedimen sumber adalah sebagai perbandingan antara lokasi penelitian dengan lokasi lain yang kondisi lokasinya sama dengan lokasi penelitian, namun sampel sedimen sumber ini belum terkena dampak pencemaran dan belum melalui proses pengolahan pabrik nikel sehingga belum ada penambahan konsentrasi logam berat. Konsentrasi alami logam berat Cu yang diperoleh pada sedimen sumber yaitu hanya sebesar 4,5 mg/kg berat kering sedimen. Jika dibandingkan dengan konsentrasi logam berat Cu yang diperoleh pada semua lokasi penelitian maka terlihat adanya peningkatan kandungan logam berat Cu pada sedimen hal ini ditandai dengan cukup tingginya logam berat Cu yang diperoleh pada semua stasiun.

Untuk memperjelas perbandingan konsentrasi rata-rata pada masing-masing stasiun, dapat dilihat pada histogram berikut :



Gambar 3. Histogram konsentrasi rata-rata logam berat Cu pada masing-masing stasiun pengambilan sampel (huruf yang sama di atas histogram menyatakan tidak berbeda nyata $P < 0,05$)

Gambar 3 merupakan histogram yang menyatakan besarnya rata-rata logam Cu pada setiap stasiun hasil analisa stabil, dan tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata antara setiap stasiun ($P < 0,05$). Walaupun begitu, dari grafik di atas menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Cu tertinggi yaitu pada stasiun 4. Hal ini diperkirakan karena letak atau posisi stasiun 4 bisa dianggap sebagai posisi yang strategis untuk terjadi akumulasi logam berat yang lebih besar dari stasiun lain, dimana posisinya merupakan posisi silang antara kolam pelabuhan, pemukiman padat

penduduk, galangan kapal, dan Depot Pertamina. Posisi stasiun 4 juga berdekatan dengan saluran pembuangan limbah pabrik.

Tidak adanya perbedaan nyata dari hasil analisis statistik logam berat Cu dikarenakan konsentrasi logam berat Cu yang ditemukan pada lokasi penelitian antara stasiun satu dengan yang lain tidak berbeda jauh, dimana konsentrasi logam berat Cu yang diperoleh hampir merata pada semua lokasi penelitian. Hal ini disebabkan oleh sumber masuknya logam berat Cu selain bersumber dari pabrik juga berasal dari kegiatan rumah tangga dan industri skala kecil lain seperti industri pengawetan kayu yang terdapat dekat stasiun 4.

Konsentrasi logam berat yang cukup tinggi ditemukan juga pada stasiun 2 (dua). Tingginya konsentrasi logam berat pada stasiun ini dikarenakan posisi stasiun yang berada pada saluran pembuangan limbah pabrik serta dekat dengan kompleks karyawan pabrik sehingga pada stasiun ini ditemukan konsentrasi logam berat yang cukup tinggi. Hal ini senada dengan pernyataan GESAMP (1990), bahwa penggunaan Cu terbanyak adalah untuk pemasangan kawat listrik, saklar, pipa-pipa ledeng, plat, bahan atap, konstruksi bangunan, logam campuran, perkakas domestik, bahan pengawet kayu, pelapis dan pelindung zat-zat pewarna.

Data arus yang diperoleh antara 0,02 – 0,10 m/dtk termasuk dalam golongan arus lemah, seperti dikatakan Manson (1981) bahwa arus yang lebih kecil dari 0,5 m/dt tergolong arus yang lemah, hal ini memungkinkan logam berat Cu mudah terakumulasi pada sedimen, karena arus yang lemah tidak akan menyebabkan logam selalu berada dan terbawa pada kolom air, sehingga logam akan mudah mengendap

dan juga menyebabkan logam Cu menyebar hampir merata pada semua stasiun. Akan tetapi perolehan data tersebut tidak mutlak menyebabkan konsentrasi logam berat sama pada semua stasiun. Hal ini terlihat dari perolehan konsentrasi rata-rata logam Cu pada stasiun 1 yang hanya sebesar 13,37 mg/kg berat kering sedimen. Rendahnya konsentrasi logam berat Cu pada stasiun ini karena stasiun ini berada jauh dari sumber pencemar, di samping kondisi lokasi yang berada pada perairan yang agak terbuka, sehingga sirkulasi air memberi pengaruh yang cukup besar, dan mengakibatkan logam berat susah tersuspensi pada stasiun ini. Arah arus juga mendukung terakumulasinya logam berat yang cukup tinggi pada stasiun 2 dimana arus yang terjadi pada saat pasang adalah arus susur pantai memungkinkan logam berat yang terakumulasi pada stasiun 1 mengalami pengadukan dan mengendap pada stasiun 2. Begitu pula dengan stasiun 5, meskipun berada cukup jauh dari sumber pencemar namun arah arus pada saat surut memungkinkan logam berat pada stasiun 3 dan 4 terbawa arus dan mengendap pada stasiun 5, hal ini terlihat dengan ditemukannya logam berat yang melewati konsentrasi yang dapat ditolerir oleh organisme sebesar 31,62 mg/kg berat kering sedimen.

Nilai pH yang ditemukan juga menunjukkan bahwa secara umum lokasi penelitian belum tercemar berat. Dimana kisaran pH yang ditemukan yaitu 7,80 - 8,10 ppm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sastrawijaya (1991) bahwa nilai pH yang kurang dari 7 atau lebih dari 8,5 perlu diwaspadai, karena kemungkinan ada pengendapan yang berasal dari buangan zat kimia.

Begitu juga dengan nilai salinitas yang ditemukan berkisar antara 25 - 31⁰/₀₀. Kisaran nilai salinitas yang diperoleh ini, lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana, salinitas dengan nilai 25⁰/₀₀ ini disebabkan karena pengaruh masukan air tawar pada stasiun 2 begitu juga dengan stasiun 3 dan 4 yang berdekatan dengan saluran pembuangan limbah pabrik.

Melihat konsentrasi rata-rata logam Cu dari lima stasiun pengambilan sampel yaitu sebesar 21,43 mg/kg berat kering sedimen, maka berdasarkan petunjuk kualitas sedimen yang dinyatakan oleh Fabris dan Werner (1994), di Pantai Slag ditemukan konsentrasi logam Cu namun belum melewati ambang batas konsentrasi maksimum yang dapat ditolerir oleh organisme dan belum memberikan efek yang fatal bagi organisme. Dimana ambang batas konsentrasi yang dapat ditolerir adalah sebesar 30 mg/kg berat kering sedimen dan konsentrasi yang menimbulkan efek adalah sebesar 200 mg/kg. Ditemukannya konsentrasi rata-rata logam Cu pada perairan Pantai Slag diperkirakan terutama berasal dari aktivitas kegiatan pabrik nikel, hal ini terlihat dari konsentrasi yang tidak berbeda jauh antara stasiun 2 dan 4 dimana pada stasiun 2 dan dekat stasiun 4 terdapat saluran pembuangan limbah pabrik nikel. Hal ini sesuai dengan pendapat Palar (1994) dimana logam Cu banyak digunakan sebagai bahan campuran dalam pelelehan baja, cat anti fouling, pengawetan kayu. Kontribusi terbesar logam Cu diperkirakan juga berasal dari pemukiman padat penduduk dan industri pengawetan kayu yang dekat dengan stasiun 4 dan masuk ke badan perairan. Aktivitas penduduk di sekitar Pantai Slag yang diperkirakan menggunakan logam Cu terutama pada cat anti fouling untuk kapal selain untuk keperluan lain seperti

peralatan elektronika dan peralatan rumah tangga dan juga kegiatan pertambangan. Aktivitas ini diperkirakan memberikan kontribusi logam berat Cu pada perairan sekitar Pantai Slag, sehingga secara umum konsentrasi logam Cu yang ditemukan hampir sama pada semua stasiun. Keadaan ini sesuai dengan apa yang dinyatakan oleh Clark (1989), dimana dinyatakan bahwa penggunaan tembaga terutama untuk peralatan elektronika, logam campuran, katalis kimia, cat anti fouling untuk kapal, algisida, pengawetan kayu dan lain-lain, dimana beberapa penggunaannya menyebabkan logam Cu masuk kedalam lingkungan.

Aktivitas penduduk selain di sekitar pelabuhan, aktivitas di dalam pelabuhan juga diperkirakan memberikan kontribusi logam berat Cu yang cukup besar ke perairan, misalnya aktivitas pencucian kapal, perbaikan kapal, pengecatan, dan sebagainya. Hal ini sesuai dengan apa yang dinyatakan oleh Palar (1994), dimana aktivitas diatas merupakan salah satu jalur masuk logam Cu ke dalam perairan.

Dari keadaan tersebut diperkirakan telah terjadi distribusi atau penyebaran logam berat Cu yang cukup merata di sekitar Pantai Slag dan menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi logam berat pada sedimen. Meningkatnya konsentrasi logam berat Cu di Teluk Bone diperkirakan bersumber utama dari aktivitas kegiatan pabrik, aktivitas manusia di sekitar teluk dan proses akumulasinya turut dipengaruhi oleh keadaan dari Teluk Bone sendiri.

2. Logam Berat Pb

Konsentrasi logam Pb yang terkandung dalam sedimen di sekitar Pantai Slag dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi logam berat Pb dalam sedimen pada masing-masing stasiun pengambilan sampel.

Stasiun	Absorban	Hasil Perhitungan Ppm (mg/kg berat kering)	Rata-rata (mg/kg berat kering) $(\bar{X} \pm SE)$
1A	0,249	11,83	8,11 ($\pm 1,9097$)
1B	0,243	5,50	
1C	0,245	7,00	
2A	0,247	9,62	15,12 ($\pm 3,0744$)
2B	0,257	20,25	
2C	0,252	15,50	
3A	0,281	46,75	34,54 ($\pm 6,2368$)
3B	0,265	29,12	
3C	0,263	27,12	
4A	0,251	13,62	13,41 ($\pm 0,3394$)
4B	0,250	12,75	
4C	0,251	13,87	
5A	0,2253	16,37	14,20 ($\pm 1,1031$)
5B	0,250	12,75	
5C	0,251	13,50	
Sedimen sumber	0,242	4,37	

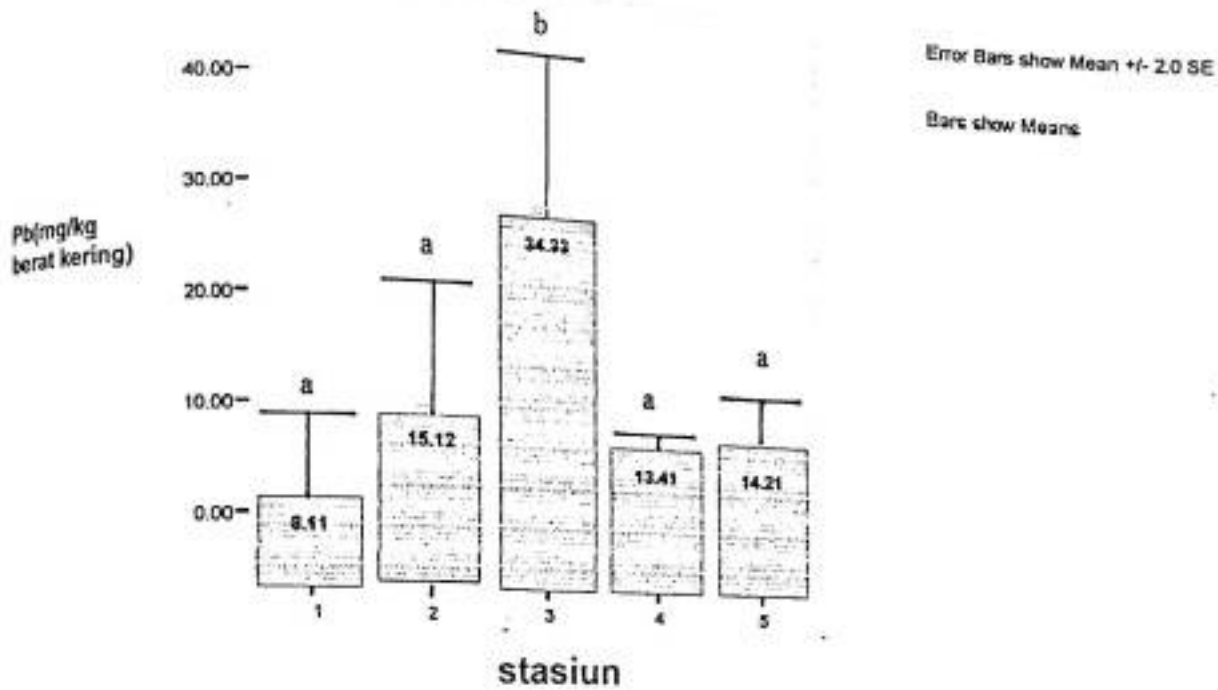
Keterangan :
Sedimen sumber = Diambil dari tanah yang akan diolah menjadi nikel.

Tabel 4 memperlihatkan adanya variasi konsentrasi logam berat yang mencolok perbedaannya pada setiap stasiun pengambilan sampel dengan kisaran konsentrasi antara 5,50 – 46,75 mg/kg berat kering sedimen dimana konsentrasi terendah terdapat pada stasiun 1 yaitu sebesar 5,50 mg/kg berat kering sedimen dan

konsentrasi tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 46,75 mg/kg berat kering sedimen, dimana konsentrasi ini telah melewati konsentrasi maksimum yang dapat ditorelir oleh organisme. Konsentrasi rata-rata tertinggi ditemukan pada stasiun 3 sebesar 34,54 mg/kg berat kering sedimen. Sedangkan konsentrasi rata-rata terendah ditemukan pada stasiun 1 yaitu 8,11 mg/kg berat kering sedimen. Konsentrasi rata-rata dari lima stasiun pengambilan sampel adalah sebesar 17,07 mg/kg berat kering sedimen.

Konsentrasi logam berat Pb yang diperoleh pada sedimen sumber yaitu hanya sebesar 4,37 mg/kg berat kering sedimen. Jika dibandingkan dengan konsentrasi logam berat Pb yang diperoleh pada lokasi penelitian maka terlihat adanya peningkatan kandungan logam berat Pb pada sedimen yang cukup tinggi dibanding dengan kandungan alami logam berat Pb.

Untuk secara jelas perbandingan konsentrasi antar stasiun pengambilan sampel disajikan dalam bentuk histogram berikut :



Gambar 4. Histogram konsentrasi logam berat Pb pada masing-masing stasiun pengambilan sampel (huruf yang beda diatas histogram menyatakan beda nyata $P > 0,05$).

Jika diperhatikan histogram diatas, dengan melihat rata-rata konsentrasi lima stasiun pengambilan sampel yaitu sebesar 17,07 mg/kg berat kering sedimen, maka berdasarkan petunjuk kualitas sedimen yang dinyatakan oleh Fabris dan Werner (1994) di Pantai Slag telah terjadi pencemaran logam Pb. Namun demikian konsentrasi rata-rata 17,07 mg/kg berat kering sedimen tersebut belum melewati tingkat konsentrasi yang mungkin memberikan efek biologis negatif bagi organisme, dimana konsentrasi yang ditetapkan sebesar 170 mg/kg berat kering sedimen.

Hasil olah data dengan metode beda nyata atau ANOVA (lampiran 3, hal 58) ditemukan adanya stasiun yang berbeda nyata dan perbedaan nyata tersebut secara umum yaitu antara stasiun 3 dengan keempat stasiun lainnya ($P > 0,05$). Dimana

Konsentrasi rata-rata logam Pb pada stasiun 3 sebesar 34,54 mg/kg berat kering sedimen. Hal ini disebabkan karena letak stasiun 3 tersebut berada dekat dengan saluran pembuangan limbah pabrik, dimana kontribusi terbesar pada saluran ini berasal dari limbah buangan PLTD pabrik nikel. Stasiun 3 juga merupakan titik temu yang strategis antara galangan kapal, pemukiman padat penduduk, dan kolam pelabuhan. Lokasi letaknya agak masuk ke dalam teluk dan berdekatan dengan pelabuhan rakyat, pelabuhan bongkar muat bahan tambang dan sangat dekat dengan lokasi pemukiman padat penduduk serta terlindungi dari arus pantai sehingga menyebabkan logam berat banyak terakumulasi pada stasiun tersebut. Pada tempat-tempat tersebut aktivitas penduduk baik secara langsung ataupun tidak langsung menggunakan logam Pb, misalnya baterai atau accu, pembungkus kabel, untuk pembuat jala, campuran berbagai cat, dan yang utama adalah aktivitas kapal yang menghasilkan limbah seperti tumpahan minyak, oli bekas, cat kapal dan lain-lain, dimana limbah-limbahnya cenderung mengalir ke perairan laut sehingga logam Pb akan masuk ke perairan. Aktivitas diatas sesuai dengan apa yang dinyatakan oleh Palar (1994) merupakan salah satu jalur masuk logam Pb ke badan perairan.

Sedangkan konsentrasi rata-rata terendah ditemukan pada stasiun 1 yaitu 8,11 mg/kg berat kering sedimen. Hal ini disebabkan karena stasiun 1 berada cukup jauh dari lokasi sumber yang memungkinkan terjadinya pencemaran logam berat dan juga stasiun 1 berada pada posisi yang cukup terbuka dengan laut lepas sehingga sirkulasi

air yang cukup besar ditambah dengan pengaruh arus dan pasang surut menyebabkan logam berat sukar tersuspensi pada stasiun ini.

Pada stasiun 2 kandungan logam berat yang ditemukan cukup tinggi, sebab stasiun ini berhubungan langsung dengan kanal pembuangan limbah pabrik sehingga memungkinkan logam berat banyak terendapkan. Sedangkan pada stasiun 4 dan 5 ditemukannya kandungan logam berat Pb yang cukup tinggi dibanding dengan stasiun 1 karena stasiun ini secara tidak langsung dipengaruhi oleh aktivitas pelabuhan yang cukup berdekatan dengan kedua stasiun ini.

Bentuk Teluk Bone yang cenderung tertutup membawa pengaruh yang cukup besar pada proses akumulasi atau pengendapan logam berat pada sedimen. Pergerakan air yang cenderung hanya di pengaruhi oleh pasang surut dengan kecepatan arus berkisar 0,02 – 0,10 m/dt membuat perairan di dalam teluk relatif tenang. Keadaan ini sangat membantu mempercepat peristiwa pengendapan polutan-polutan yang berasal dari daratan termasuk logam berat. Akan tetapi meskipun arus tergolong arus lemah namun akumulasi logam berat Timbal yang ditemukan tidak merata pada semua stasiun, hal ini cenderung disebabkan oleh sumber masukan logam timbal yang terbesar yaitu berasal dari kegiatan PLTD pabrik nikel yang lokasi pembuangannya berada antara stasiun 3 dan 4.

Keadaan diatas telah memperlihatkan bahwa telah terjadi pencemaran logam berat Pb di sekitar Pantai Slag. Meningkatnya konsentrasi logam berat Pb di Teluk Bone diperkirakan bersumber utama dari kegiatan pabrik nikel yang menggunakan

mesin diesel sebagai pembangkit listriknya, dan juga proses akumulasinya turut dipengaruhi oleh keadaan dari Teluk Bone sendiri yang cenderung tertutup

3. Perbedaan Konsentrasi Logam Cu dan Pb

Hasil analisis kedua jenis logam menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata logam Cu hampir sama pada semua stasiun. Hal ini karena pemakaian logam Cu sebagai *alloy* atau bahan campuran pada pabrik pelelehan baja (Supriharyono (2000). Disamping kegunaan Cu untuk kawat listrik pipa-pipa ledeng, dll (GESAMP, 1990). Dari hal tersebut maka dapat dipastikan, akan menyebabkan kadar logam Cu banyak ditemukan pada semua stasiun. Perbedaan konsentrasi logam Cu pada stasiun 1 terlebih dikarenakan stasiun ini mendapatkan pengaruh yang sirkulasi air yang cukup besar karena posisi stasiun 1 berada pada laut yang agak terbuka.

Adapun rata-rata konsentrasi logam berat Pb tidak merata pada semua stasiun diperkirakan karena masukan utama logam Pb ke badan perairan berasal dari aktifitas PLTD pabrik nikel, dimana saluran pembuangannya berada dekat dengan stasiun 3 (tiga). Selain bersumber dari limbah pabrik, keberadaan galangan kapal, pelabuhan serta usaha pengolahan kayu memberi kontribusi yang cukup besar terhadap keberadaan logam berat Pb pada stasiun 3. Rendahnya konsentrasi logam berat Pb pada stasiun 1 pada dasarnya sama dengan keberadaan logam Cu pada stasiun tersebut, dimana pengaruh sirkulasi air yang cukup besar pada stasiun tersebut berpengaruh terhadap proses suspensi. Hal ini dikarenakan posisi stasiun 1 berada pada perairan yang cukup terbuka.

Analisis data dengan menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa hanya pada logam Pb terlihat perbedaan yang mencolok pada salah satu stasiun, dan konsentrasi yang diperoleh telah melewati konsentrasi maksimum yang dapat ditolelir oleh organisme, tapi tidak demikian pada logam Cu. Hal ini menunjukkan bahwa ancaman pencemaran logam Pb lebih besar dari pada logam Cu, terutama pada lokasi tertentu yaitu lokasi yang dekat dengan pembuangan limbah pabrik.

Bentuk teluk yang cenderung tertutup juga menyebabkan sukarnya logam berat terdistribusi secara luas, sehingga berapapun logam berat yang masuk ke dalam teluk akan ditampung hanya dalam teluk saja. Walaupun ada yang keluar, namun jumlahnya diperkirakan tidaklah terlalu besar. Keadaan ini turut pula menaikkan tingkat konsentrasi logam berat dalam perairan teluk.

Parameter oseanografi lain yang terukur menunjukkan keadaan yang variatif. Salinitas air laut yang terukur mempunyai kisaran antara 25 – 31 ‰. Kisaran ini berada di bawah rata-rata salinitas air laut pada umumnya yaitu sebesar 35 ‰ (Nybakken, 1992), Keadaan ini mungkin disebabkan adanya beberapa buah sungai dan kanal pembuangan yang bermuara ke dalam teluk. Disamping itu berfluktuasinya salinitas disebabkan juga karena berfluktuasinya nilai pengukuran suhu. Menurut Hutagalung (1994), kenaikan suhu dan kecilnya salinitas menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin besar.

Suhu disekitar Pantai Slag yang berkisar antara 29 - 32°C termasuk ke dalam kelompok suhu perairan yang hangat atau panas. Nontji (1993) mengemukakan

bahwa, secara alami suhu air permukaan memang merupakan lapisan hangat karena mendapatkan radiasi sinar matahari pada siang hari. Pengukuran suhu pada waktu pasang dilakukan pada pukul 13.45 siang hingga pukul 17.22 sore sehingga diperoleh suhu air laut yang seirama dengan perubahan intensitas penyinaran matahari. Menurut WHO (1992) dalam Gunawan (1998), suhu akan mempengaruhi sifat toksik logam berat dalam badan perairan. Jika suhu meningkat maka daya toksik logam berat akan meningkat. Sehingga meskipun konsentrasi logam berat yang ditemukan kecil namun dengan tingginya suhu perairan maka daya toksik dari logam yang ada pada perairan Pantai Slag akan naik sehingga secara tidak langsung akan memberi dampak pada organisme benthik.

Kadar oksigen yang diperoleh berkisar antara 4,56 – 7,40 ml/l. Meskipun perairan Pantai Slag telah tercemar logam berat, namun kadar oksigen yang ditemukan tidak menunjukkan adanya korelasi antara pencemaran dan kadar DO. Rendahnya kadar DO, terlebih disebabkan karena adanya perubahan cuaca pada daerah lokasi penelitian menyebabkan bervariasinya nilai DO yang terukur. Rendahnya kadar DO pada stasiun 5 dikarenakan cuaca yang mendung beberapa jam sebelum pengambilan sampel serta terjadinya hujan rintik pada saat pengambilan sampel, sehingga fotosintesis yang dilakukan oleh organisme tidak memungkinkan untuk memproduksi oksigen yang menyebabkan kadar oksigen yang diperoleh pada stasiun tersebut rendah.

Demikian pula kisaran derajat keasaman (pH) yang terukur yang berkisar antara 7,80 – 8,10 masih berada dalam kisaran pH normal, dimana fluktuasi nilai pH bergantung pada besarnya masukan air buangan limbah yang masuk ke kawasan perairan laut. Menurut Sastrawijaya (1991) bahwa pada umumnya jika pH air kurang dari 7 atau lebih dari 8,5 perlu diwaspadai karena mungkin ada pengendapan yang berasal dari buangan zat kimia.

Nilai pH yang cenderung sama menunjukkan pengaruh daratan untuk tiap stasiun cenderung sama, hal ini sangat memungkinkan karena lokasi pengamatan masih sangat dekat dengan daratan utama. Dari data hasil pengukuran dapat dikatakan bahwa perairan tersebut cenderung bersifat basa. Buangan dari limbah rumah tangga, hasil pemupukan dan uraian organisme dapat bersifat asam atau basa. Dengan demikian hasil buangan dari limbah rumah tangga dan penguraian oleh organisme lebih banyak bersifat basa sehingga dari hasil pengukuran diperoleh pH perairan basa.

Adanya perbedaan parameter oseanografi yang diperoleh utamanya salinitas, disebabkan oleh bentuk geografis Teluk Bone yang cenderung tertutup. Variasi parameter tersebut tidak mempengaruhi laju akumulasi logam berat, sebab laju akumulasi logam berat lebih banyak diakibatkan oleh masukan dari daratan. Hal ini dapat dilihat walaupun parameter oseanografi yang cenderung stabil, namun akumulasi logam berat yang ada cukup besar.

Parameter lain yang diperkirakan turut mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat di lokasi penelitian adalah keadaan sedimen, dimana sedimen di lokasi penelitian adalah berupa lumpur yang sangat halus. Butiran lumpur yang sangat halus memberikan permukaan penyerapan yang lebih luas dibandingkan dengan butiran kasar. Luasnya permukaan untuk menempel menyebabkan logam berat yang terakumulasi menjadi lebih besar. Keadaan ini sesuai dengan apa yang dinyatakan oleh Geyer (1981), bahwa konsentrasi logam berat cenderung lebih tinggi umumnya ditemukan dalam endapan lumpur, pasir berlumpur dan campurannya dibandingkan dengan pasir murni.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa kandungan logam berat di perairan Pantai Slag, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Konsentrasi logam berat Cu dan Pb dalam sedimen masing-masing berkisar antara 10,50 – 32,25 mg/kg berat kering sedimen dan 5,50 – 46,75 mg/kg berat kering sedimen, dengan rata-rata konsentrasi masing-masing logam berat Cu 21,43 mg/kg berat kering sedimen dan Pb 17,07 mg/kg berat kering sedimen.
2. Kedua jenis logam yang diteliti memperlihatkan bahwa konsentrasi tertinggi logam berat Cu terdapat pada stasiun 4 yang dekat dengan pemukiman padat penduduk, pelabuhan, galangan kapal dan saluran pembuangan limbah pabrik dan konsentrasi terendah pada stasiun 1 yang jauh dari kegiatan pertambangan. Konsentrasi tertinggi logam berat Pb terdapat pada stasiun 3 yang dekat dengan saluran pembuangan limbah pabrik dan konsentrasi terendah pada stasiun 1.
3. Nilai rata-rata yang diperoleh menunjukkan bahwa logam berat Pb pada stasiun 3 telah melewati nilai maksimum yang dapat ditolelir oleh organisme. Sedangkan rata-rata logam Cu belum melewati nilai maksimum yang dapat ditolelir, tetapi seiring dengan bertambahnya logam Cu di perairan, dampaknya akan meluas sebab keberadaan logam Cu hampir merata pada semua stasiun

Saran

Memperhatikan berbagai keterbatasan dalam penelitian ini, maka dipandang perlu untuk memberikan beberapa saran, diantaranya :

1. Perlunya dilakukan penelitian dengan menggunakan bioindikator untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang terdapat pada organisme bentik, sehingga dapat diketahui perbandingan antar indikator (sedimen – biota) serta diketahui jumlah logam berat yang terikat dalam biota.
2. Dilakukan perluasan daerah penelitian yang meliputi seluruh Teluk Bone sehingga akan diperoleh gambaran yang lebih jelas tentang status logam berat di Teluk Bone.
3. Adanya ancaman oleh bahaya pencemaran logam berat terutama pada stasiun 3, 4 dan 5. Untuk itu diharapkan pihak-pihak terkait yang berwenang dapat lebih tanggap untuk mengantisipasi terjadinya pencemaran lebih lanjut
4. Melihat adanya kecenderungan meningkatnya logam berat Cu dan Pb diharapkan pihak perusahaan membuat unit pengolahan limbah sebelum dibuang ke laut.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., Erna, R., dan M. Jamil, RY., 2002, *Budidaya Bandeng Secara Intensif*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Anonim. 2003. *Copper Element Article*.
(<http://www.encantra.msn.com/find/concise.html>) tanggal akses 10 - 1 - 2003.
- Anonim. 2003. *Marine Sediment*.
(<http://www.guilford.edu/original/academic/geology/marseds.html>)
tanggal akses 10 - 1 - 2003.
- Bantung, A, A. 1998. *Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Zn Pada sediment di Perairan Pantai Losari Kota Madya UP*. FIKP. UP.
- Bird, E. C. F., 1970. *Coasts*. Masseurets Institutes of Technology, Press Printing. Seilden. New York.
- Cahyono, B., 2001, *Budidaya Ikan di Perairan Umum*, Penerbit Kanisius, Jakarta.
- Casaret, L.J. and Jhon Doull. 1975. *Toxicology The Basic Science of Poisons Publishing*. New York.
- Clark, R. B., 1989. *Marine Pollution*. Second Edition Clarendom Press. Oxford.
- Cotton, F.A., and G, Wilkinson. 1976. *Kimia Organik Dasar*. UI Press. Jakarta.
- Dahuri, R., Jakub,R., S. P. Ginting., M. J. Sitepu. 1996. *Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Penerbit Padnya Paramita. Jakarta.
- Des W, Connel., Gregory J, Miller., 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI Press. Jakarta.
- Fabris, G.J., dan Warner, G.F., 1994. *Characterisation of Toxicants in Sediments from Port Philip Bay. Metals Fina Report. Departement of Conservation and Natural resources*. Melbourne. Australia.
- Fardiaz, S., 1992. *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Filov, V. A., Bandman, A. L., and Ivon, B. A., 1993. *Harmful Chemical Substances Vol. 1. Elements Groups I-IV. Of Thre Periodic Table Their Inorganic Compounds*. Harwoud Prentice Hall.

- Gani, Silva. 1997. *Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), dan Plumbium (Pb) Pada Setiap Jenis Ikan Ditinjau Dari Sumber Makanannya*. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- GESAMP., 1990. *The State Of The Marine Environment*. Blackwell Scientific. London.
- Geyer, R. A., 1981. *Marine Environmental Pollution 2*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam Oxford New York.
- Gunawan, I. A., 1998. Skripsi. *Analisis kandungan Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada Sedimen di Perairan Sekitar Pelabuhan Rakyat Cappa Ujung Kota madya Pare-pare*. Jurusan Ilmu Kelautan. FIKP Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Hutabarat, S., dan Evans, S. M., 1984. *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hutagalung dan Hamidah. 1982. *Kadar Pb dan Cd Dalam Air dan Biota Estuaria Muara Angke*. Oseanologi Di Indonesia, No 15 LON LIPI. Jakarta.
- Kordi K, dan M.H. Ghufuran. 2001. *Pembesaran Kerapu Bebek di Keramba Jaring Apung*. Penerbit Kanisius Jakarta.
- Koesbiono, 1985. *Dampak Aktifitas Pembangunan Terhadap Laut*. Pusat studi pengelolaan sumber daya dan lingkungan, IPB.
- Kunarso, D. H., dan Ruyitno, 1991. *Status Pencemaran Laut Di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. LON LIPI> Jakarta.
- Laws, E. A., 1993. *Aquatic Pollution. An Introduction Text*. Second Edition. An Interscience Publication, John Wiley and Sons, Inc new York.
- Mance, Geoffrey., 1990. *Pollution. Threat Of Heavy Metals In Aquatic Environments*. Elsevier Applied Science. Pollution Monitoring Series New York.
- Manson, C. F., 1981. *Biology Of Fresh Water Pollution*. Longmas, London.
- Meybaeck, M., Et al. 1989. *Global Freshwater Quality. A First Assesment. Global Environment moitoring System*. UNEP.
- Nyabakken J.W., 1992. *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. PT.Gramedia Jakarta.

- Nontji, A., 1993. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Palar, H., 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit PT Rineka
- Ramlan, W., 2000. *Analisis Pencemaran Perairan Pantai Dengan Menggunakan Metode ABC (Abundant Biomassa Comparactive) Di Lokasi Reklamasi Pantai Losari*. Skripsi. Jurusan Perikanan. FIKP UNHAS. Makassar.
- Sastrawijaya, T. A., 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Soerensen, E.M., 1991. *Metal Poisoning In Fish*. CRC Press. Boca Raton Ann Arbor Boston.
- Supriharyono, M. S. (2000). *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT Gramedia Pustaka utama. Jakarta.
- Taba, 1997. *Analisis Logam Berat Pb, Cd, dan Cu Partikulat Air laut Sekitar PT IKI Dengan Spetrofotometer Serapan Atom*. Skripsi. Fakultas MIPA. UNHAS. Makassar.
- Triatmodjo, B., 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Ulando, M. B. 1997. *Analisis Kualitas Air Buangan Sebagai Hasil Proses Pengolahan Limbah Cair*. PT Rineka Cipta. Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil analisis sampel dengan alat SSA untuk logam Cu

Stasiun	Absorban	ppm spl
1A	0,112	0,085
1B	0,123	0,094
1C	0,184	0,142
2A	0,121	0,092
2B	0,210	0,162
2C	0,253	0,196
3A	0,301	0,234
3B	0,203	0,157
3C	0,110	0,084
4A	0,201	0,155
4B	0,331	0,258
4C	0,172	0,133
5A	0,130	0,099
5B	0,192	0,148
5C	0,325	0,253
Sedimen Sumber	0,049	0,036

Keterangan :

Sedimen Sumber = Diambil dari tanah yang akan diolah menjadi nikel.

Lampiran 2. Hasil analisis sampel dengan alat SSA untuk logam Timbal (Pb)

Stasiun	Absorban	ppm spl
1A	0,249	0,095
1B	0,243	0,044
1C	0,245	0,056
2A	0,247	0,077
2B	0,257	0,162
2C	0,252	0,124
3A	0,281	0,374
3B	0,265	0,233
3C	0,263	0,217
4A	0,251	0,109
4B	0,250	0,102
4C	0,251	0,111
5A	0,253	0,131
5B	0,250	0,102
5C	0,251	0,108
Sedimen Sumber	0,242	0,032

Keterangan :

Sedimen Sumber = Diambil dari tanah yang akan diolah menjadi nikel.

Lampiran 3. Hasil analisis statistik data logam berat menggunakan Anova

Oneway

Uraian

	N	Rata-rata	Std Deviasi	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maksimum	
					Batas bawah	Batas atas			
CU	1.00	3	13.3733	3.8322	2.2125	3.8537	22.8930	10.62	17.75
	2.00	3	22.5833	2.1554	1.2444	17.2290	27.9377	20.25	24.50
	3.00	3	19.7900	9.3762	5.4133	-3.5017	43.0817	10.50	29.25
	4.00	3	22.6233	8.4816	4.8959	1.5538	43.6929	16.25	32.25
	5.00	3	20.8300	9.8342	5.6778	-3.5996	45.2596	12.37	31.62
	Total	15	19.8400	7.2012	1.8593	15.8521	23.8279	10.50	32.25
PB	1.00	3	8.1100	3.3078	1.9097	-.1069	16.3269	5.50	11.83
	2.00	3	15.1233	5.3250	3.0744	1.8953	28.3514	9.62	20.25
	3.00	3	34.3300	10.8024	6.2368	7.4953	61.1647	27.12	46.75
	4.00	3	13.4133	.5879	.3394	11.9529	14.8738	12.75	13.87
	5.00	3	14.2067	1.9107	1.1031	9.4603	18.9530	12.75	16.37
	Total	15	17.0367	10.4560	2.6997	11.2463	22.8270	5.50	46.75

Hasil Dari Uji Beda Nyata

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
CU	1.530	4	10	.266
PB	5.740	4	10	.012

Post

H

Perbedaan Tiap Stasiun

Tukey HSD

Variabel Terukur	(I) STASIUN	(J) STASIUN	Rata-rata Perbedaan	Std. Error	Nilai Signifikan.	95% Jarak kewajaran	
			(I-J)			Batas Bawah	Batas Atas
CU	1.00	2.00	-9.2100	6.0651	.574	-29.1712	10.7512
		3.00	-6.4167	6.0651	.823	-26.3779	13.5445
		4.00	-9.2500	6.0651	.570	-29.2112	10.7112
		5.00	-7.4567	6.0651	.736	-27.4179	12.5045
	2.00	1.00	9.2100	6.0651	.574	-10.7512	29.1712
		3.00	2.7933	6.0651	.989	-17.1679	22.7545
		4.00	-4.0000E-02	6.0651	1.000	-20.0012	19.9212
		5.00	1.7533	6.0651	.998	-18.2079	21.7145
	3.00	1.00	6.4167	6.0651	.823	-13.5445	26.3779
		2.00	-2.7933	6.0651	.989	-22.7545	17.1679
		4.00	-2.8333	6.0651	.989	-22.7945	17.1279
		5.00	-1.0400	6.0651	1.000	-21.0012	18.9212
	4.00	1.00	9.2500	6.0651	.570	-10.7112	29.2112
		2.00	4.0000E-02	6.0651	1.000	-19.9212	20.0012
		3.00	2.8333	6.0651	.989	-17.1279	22.7945
		5.00	1.7933	6.0651	.998	-18.1679	21.7545
	5.00	1.00	7.4567	6.0651	.736	-12.5045	27.4179
		2.00	-1.7533	6.0651	.998	-21.7145	18.2079
		3.00	1.0400	6.0651	1.000	-18.9212	21.0012
		4.00	-1.7933	6.0651	.998	-21.7545	18.1679
PB	1.00	2.00	-7.0133	4.6186	.574	-22.2138	8.1871
		3.00	-26.2200	4.6186	.001	-41.4204	-11.0196
		4.00	-5.3033	4.6186	.779	-20.5038	9.8971
		5.00	-6.0967	4.6186	.686	-21.2971	9.1038
	2.00	1.00	7.0133	4.6186	.574	-8.1871	22.2138
		3.00	-19.2067	4.6186	.013	-34.4071	-4.0062
		4.00	1.7100	4.6186	.995	-13.4904	16.9104
		5.00	.9167	4.6186	1.000	-14.2838	16.1171
	3.00	1.00	26.2200	4.6186	.001	11.0196	41.4204
		2.00	19.2067	4.6186	.013	4.0062	34.4071
		4.00	20.9167	4.6186	.008	5.7162	36.1171
		5.00	20.1233	4.6186	.010	4.9229	35.3238
	4.00	1.00	5.3033	4.6186	.779	-9.8971	20.5038
		2.00	-1.7100	4.6186	.995	-16.9104	13.4904
		3.00	-20.9167	4.6186	.008	-36.1171	-5.7162
		5.00	-.7933	4.6186	1.000	-15.9938	14.4071
	5.00	1.00	6.0967	4.6186	.686	-9.1038	21.2971
		2.00	-.9167	4.6186	1.000	-16.1171	14.2838
		3.00	-20.1233	4.6186	.010	-35.3238	-4.9229
		4.00	.7933	4.6186	1.000	-14.4071	15.9938

*. Rata-rata perbedaan signifikan ditunjukkan dengan nilai dibawah .05.

Lampiran 4. Data Sekunder

Pasang

Stasiun	Waktu	Posisi (S-E)	Suhu	DO	Salinitas	pH	Rec. Aus	Arah
I	17.22 pm	4°11'50,7" 121°35'31,7"	31°	7,20 ml	26	7,92	0,04	70 NE 20 NE
II	14.10 pm	4°11'13,7" 121°36'02,1"	31°	6,30	26	7,96	0,03	110 NE 310 NE
III	12.25 pm	4°10'50,1" 121°36'27,3"	30°	7,30	28	8,10	0,03	75 NE 25 NE
IV	16.15 pm	4°10'34,2" 121°36'16,0"	29°	5,00	30	7,92	0,04	75 NE 30 NE
V	13.45 pm	4°10'35,1" 121°35'22,7"	32°	4,50	30	8,10	0,10	75 NE 30 NE

Surut

Stasiun	Waktu	Posisi (S-E)	Suhu	DO	Salinitas	pH	Rec. Aus	Arah
I	11.10 am	4°11'50,7" 121°35'31,7"	32°	6,00ml	30	8,05	0,02	210 NE
II	10.01 am	4°11'13,7" 121°36'02,1"	31°	6,90ml	25	7,80	0,02	215 NE
III	9.40 am	4°10'50,1" 121°36'27,3"	31°	6,12ml	29	8,01	0,02	290 NE
IV	9.17 am	4°10'34,2" 121°36'16,0"	29°	5,16ml	30	7,90	0,03	240 NE
V	10.35 am	4°10'35,1" 121°35'22,7"	31°	4,56ml	31	7,92	0,07	245 NE

Lampiran 5. Petunjuk kualitas sedimen dalam satuan mg/kg

ELEMEN	KONSENTRASI MAKSIMUM YANG DAPAT DITOLELIR	TINGKAT KONSENTRASI YANG MUNGKIN MENIMBULKAN EFEK
Cd	1	8,6
Cr	51	230
Cu	30	200
Fe	4,7	Tdk diketahui
Mn	600	Tdk diketahui
Ni	26	60
Pb	33	170
Zn	70	280
As	3-24	70
Hg	0,15	1,4

Sumber : Fabris, G.J., and Werner, G.F., 1994. Characterisation of Toxicants In Sediments From Port Philip Bay :Metals Final Report Departement of Conservation and Natural Resources. Melbourne, Australia.

Lampiran 6. Contoh perhitungan hasil analisis logam

Dari persamaan regresi, maka konsentrasi logam berat dalam sedimen dapat diketahui dengan rumus :

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

- Dimana
- Y = konsentrasi sedimen (mg/kg berat kering)
 - c = konsentrasi yang diperoleh dari persamaan garis regresi (mg/l)
 - b = volume penetapan (ml)
 - a = berat sedimen (g)

contoh:

Absorban = 0,112

Konsentrasi berdasarkan persamaan regresi = 0,085 $\mu\text{g/ml}$

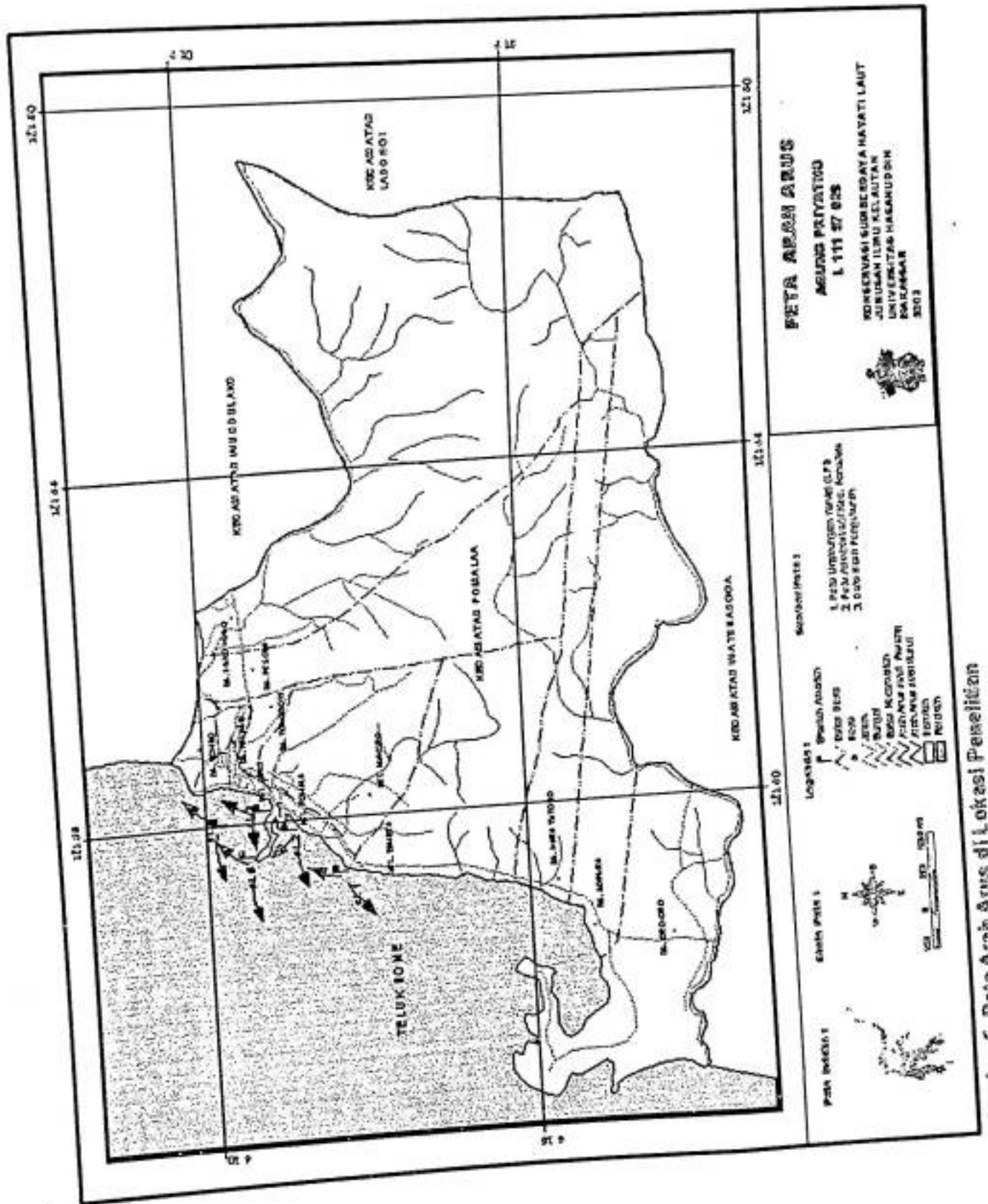
Volume penetapan = 250 ml

Berat sedimen = 2 g

Maka konsentrasi sedimen adalah

$$Y = \frac{250\text{ml} \times 0,085 \mu\text{g/ml}}{2}$$
$$= 10,62 \mu\text{g/g} \approx 10,62 \text{mg/kg}$$

Lampiran 7. Peta Arah Arus



PETA ARAH ARUS

AGUNG PRYATNO
1. 111 27 025

KEMENTERIAN SUDIREJOYA HAYATI LAUT
JURUSAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS HIMPANUDIN
PALEMBANG
3013



- Skala 1:100.000
1. Peta Umum (General Map)
 2. Peta Perencanaan (Planning Map)
 3. Peta Detail (Detail Map)

- Legenda
- Sungai Airmanis
 - Sungai Bera
 - Sungai Asin
 - Sungai Keras
 - Sungai Air Panas
 - Sungai Air Tawar
 - Tanjung
 - Pulau



Peta Arah Arus di Lokasi Penelitian

Lampiran 7. Peta Lokasi

