



DISTRIBUSI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN TEMBAGA (Cu)  
DI PERAIRAN LAUT DANGKAL SELAT BUTON KABUPATEN MUNA  
SULAWESI TENGGARA

Oleh :

**H E L M I**  
**H 311 96 013**



PERPUSTAKAAN FUSAT UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. Terima	22/10 <sup>02</sup>
Asal Dari	HIPA
Banyaknya	1 C Sat
Harga	-
No. Inventaris	0210221571
No. Klas	

**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2002**

**Distribusi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu)  
di Perairan Laut Dangkal Selat Buton Kabupaten Muna  
Sulawesi Tenggara**

**SKRIPSI**

*Untuk Melengkapi Tugas dan Sebagai Syarat  
dalam Mencapai Gelar Sarjana*

*Oleh*

**HE L M I**

**H 311 96 013**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2002**

**Distribusi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu)  
di Perairan Laut Dangkal Selat Buton Kabupaten Muna  
Sulawesi Tenggara**

*Skripsi telah diperiksa dan disetujui oleh:*

**Pembimbing Utama**



**Drs. Svarifuddin Liong, MSi**  
NIP. 130 523 613

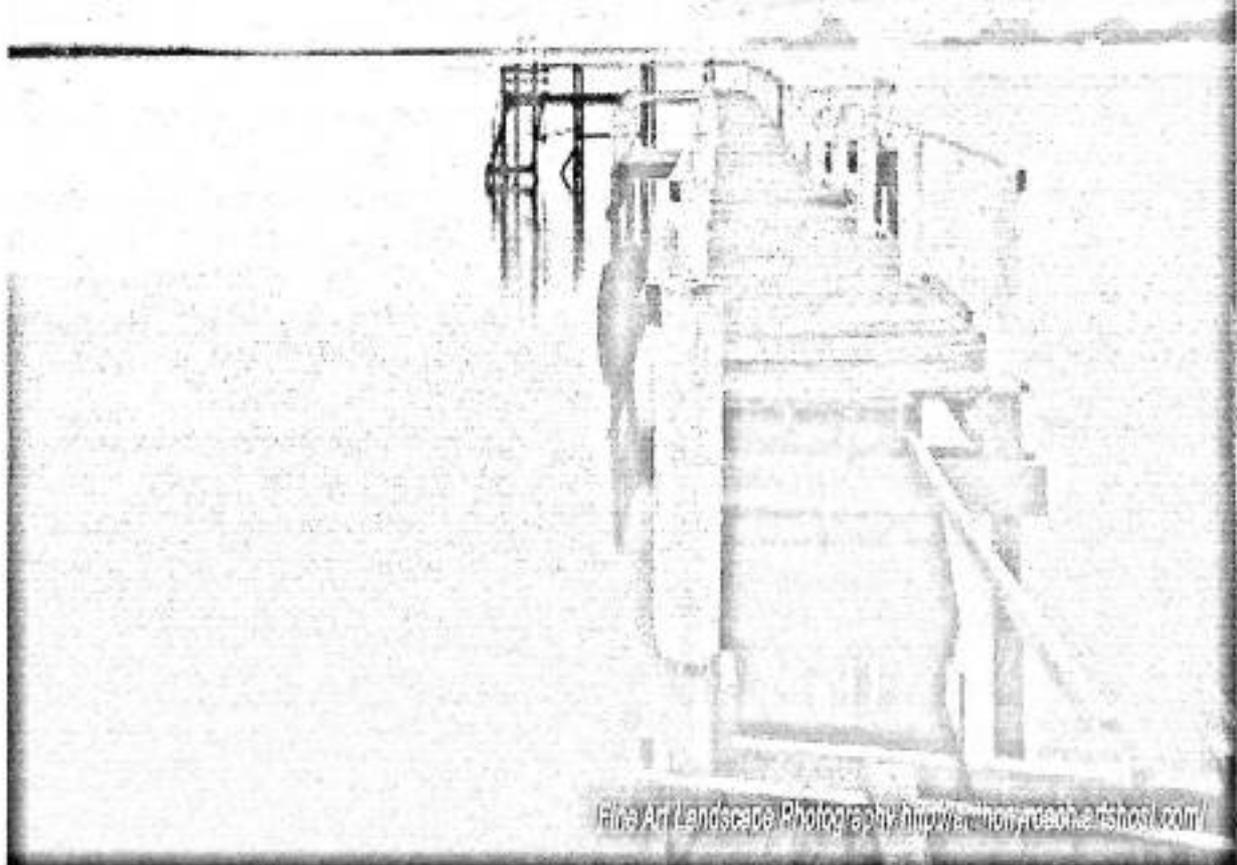
**Pembimbing Pertama**



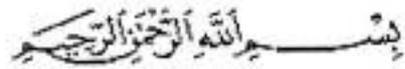
**Prof. Dr. Alfian Noor, MSc**  
NIP. 131 792 020

*Tanggal Lulus: 24 Juni 2002*

*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, silih bergantinya malam dan siang, berlayarnya bahtera di laut yang membawa apa yang berguna bagi manusia, dan apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu air itu Ia hidupkan bumi sesudah matinya (kering), dan Ia sebarkan di bumi segala jenis hewan, dan pengisaran air dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, sesungguhnya (semua itu) terdapat tanda-tanda (Keesaan dan Kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkannya" (QS. Al Baqarah : 164)*



## KATA PENGANTAR



**Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh**

Syukur Alhamdulillah Rabbil Alamin, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga tulisan ini dapat terselesaikan walaupun sangat sederhana. Dalam kesederhanaan tulisan ini telah tampil bersahaja dan paripurna bagi penulis, karena begitu jauh rentang waktu dan perjalanan panjang yang harus dilalui, tak terbilang uluran tangan yang datang tanpa mampu untuk dibalas, serta begitu banyak harap dan doa yang menyertai hingga tulisan ini dapat dirampungkan.

Dalam rangka perampungan tulisan ini, penulis telah banyak mendapat motivasi, bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Ayahanda Drs. H. Chairuddin dan Bunda Hj. Nurhayati dengan segala kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, dorongan, pengertian dan doa
2. Bapak Drs. Syarifuddin Liong, MSi, selaku pembimbing utama dan Bapak Prof. Dr. Alfian Noor, MSc, selaku pembimbing pertama yang telah ikhlas meluangkan waktunya untuk membimbing kami.
3. Bapak Dr. H A.S. Kumanireng, MSc (ketua), Dra. Indah Raya, MSi (sekretaris), Drs. Damma Salama, MS (anggota), dan Ir. Abd. Hayat Kasim, MT (anggota),



selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang konstruktif dan sangat bermanfaat sehingga tulisan ini tampil lebih baik.

4. Para staf dosen dan pegawai di Jurusan Kimia yang telah membantu dan membimbing penulis selama kuliah hingga selesainya skripsi ini.
5. Secara khusus buat Mama Diah, tante Hana, tante Lady, dan saudara-saudaraku tercinta ( Wati, Leo, Awi, Hera, Idha, Anni, Lina, Wawan, dan Cheche) yang telah memberikan dukungan moril dan material kepada penulis selama ini.
6. Buat teman seperjuangku; Idha, Ruby, Fitri, K' Wati, terima kasih atas dukungannya.
7. All "ninety six" crew: Eni, Santi, Hasnah, Fajra, Daya, Nicke, Ika, Susi, Ury, Ana, Merli, Vivi, Livi, Anti, Ian, Tenri, Sari, Eda, Uni, Wati, Nuning, Djim, Qaddafi, Yayat, Rijal, Lilo, Berlin, Sudir, Phiank, Mahfud, Ramli, Oko, Milo, Djoko, dan Gusri, thank you for the support and sweet memories with you all that I cannot forget.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas kebaikan yang telah diberikan. Segala kritik dan saran yang konstruktif sangat penulis harapkan untuk perbaikan selanjutnya. Semoga tulisan ini bermanfaat dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan khususnya di bidang kimia.

**Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.**

**Makassar, September 2002**

**Penulis**



## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian kualitas air laut terhadap pencemaran logam berat di perairan pantai Selat Buton menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Pengambilan sampel dilakukan dua tahap dengan selang waktu dua bulan. Pengolahan data dengan metode analisis memperlihatkan bahwa Tahap I konsentrasi logam Cd dalam kisaran 0,88-1,39 ppm dan logam Cu 0,08-0,12 ppm, sedangkan pada analisis Tahap II konsentrasi logam Cd berkisar 0,58 – 1,50 ppm dan logam Cu 0,1 ppm.

Berdasarkan data analisis sampel Tahap I dan II terlihat bahwa konsentrasi logam Cd dan Cu di perairan pantai Selat Buton sudah melampaui standar baku mutu yang ditetapkan dalam KEP-02/MENKLH/1988.

## ABSTRACT

A reasearch on the sea water quality of heavy metals pollution at the coastal waters of the Strait Buton has been conducted with the use of Atomic Absorbtion Spectrofotometry (AAS). The sampling was performed in two phases with interval of 2 months. Data processing with analysis method showed that at the first phase the concentration of Cd metal was in 0,88 – 1,39 ppm and Cu metal in 0,08 – 0,12 ppm. At the second phase of analysis Cd metal concentration was in interval of 0,58 –1,50 ppm and Cu metal was in 0,1 ppm.

Based on the data analyzed from tne samples of both phases it is apparent that the concentrations of Cd and Cu have been already exceeded the values of the standard quality set by the government in KEP-02/MENKLH/1988.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Maksud dan Tujuan Penelitian .....	3
C. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan Umum Air Laut.....	4
B. Tinjauan Umum Logam Berat.....	5
a. Pengertian Logam Berat.....	5
b. Logam Berat dalam Perairan.....	7
C. Kadmium (Cd).....	9
a. Sifat-Sifat Kadmium (Cd).....	9
b. Penggunaan Kadmium (Cd).....	9

c. Aspek Kesehatan Kadmium (Cd).....	10
D. Tembaga (Cu).....	11
a. Sifat-Sifat Tembaga (Cu).....	12
b. Penggunaan Tembaga (Cu).....	12
c. Aspek Kesehatan Tembaga (Cu).....	13
E. Spektrofotometri Serapam Atom .....	14
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Alat dan Bahan .....	18
B. Pengambilan dan Penyiapan Sampel.....	18
C. Prosedur Analisis.....	19
a. Penyiapan Larutan Standar.....	19
b. Pengukuran Absorbans Larutan Standar dan Larutan Sampel.....	19
D. Analisis Data.....	20
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Pengukuran.....	22
B. Pembahasan .....	25
a. Keadaan Umum Lokasi .....	25
b. Analisis Logam .....	26
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	29
B. Saran .....	30

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Unsur-unsur Utama dalam Air Laut .....	4
Tabel 2 Bentuk-bentuk Logam Berat dalam Air Laut .....	8
Tabel 3 Kandungan Logam Berat dalam Air Kondisi Alamiah .....	11
Tabel 4 Kondisi Peralatan .....	20
Tabel 5 Data Hasil Pengukuran Tahap I .....	22
Tabel 6 Data Hasil Pengukuran Tahap II .....	23
Tabel 7 Rata-rata Konsentrasi Logam Cd dan Cu yang Terdistribusi di Perairan Pantai Selat Buton .....	23

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar I	Diagram Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)..... 17
Gambar II	Histogram Konsentrasi Logam Cd pada Air Laut di Perairan Pantai Selat Buton..... 24
Gambar III	Histogram Konsentrasi Logam Cu pada Air Laut di Perairan Pantai Selat Buton..... 25



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Bagan Penentuan Serapan Logam Cd dan Cu .....	33
Lampiran 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel .....	34
Lampiran 3. Hasil Pengukuran Larutan Standar Tahap I .....	35
Lampiran 4. Kurva Larutan Standar Tahap I .....	36
Lampiran 5. Hasil Pengukuran Larutan Standar Tahap II .....	37
Lampiran 6. Kurva Larutan Standar Tahap II .....	38
Lampiran 7. Perhitungan Garis Regresi Logam Cd Tahap I .....	39
Lampiran 8. Perhitungan Garis Regresi Logam Cu Tahap I .....	40
Lampiran 9. Perhitungan Garis Regresi Logam Cd Tahap II .....	41
Lampiran 10. Perhitungan Garis Regresi Logam Cu Tahap II .....	42
Lampiran 11. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor : KEP-02/MENKLH/1988 tentang Baku Mutu Air Laut .....	43

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar belakang

Kemajuan teknologi telah memberi peluang bagi peningkatan kesejahteraan manusia dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada termasuk laut. Laut merupakan sumber daya alam yang potensial bagi makhluk hidup, karena mengandung sumber-sumber mineral yang melimpah. Namun dalam pemanfaatan sumber daya alam itu orang tidak selalu mempertimbangkan dampak negatifnya sehingga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik. Komponen anorganik ini berupa logam berat yang berbahaya, seperti Pb, Cd, dan Cu. Beberapa jenis logam merupakan komponen yang sangat penting terhadap kehidupan biota laut, tetapi dalam jumlah kecil. Logam-logam ini akan menjadi racun apabila dalam konsentrasi di atas normal terutama pada perairan laut di mana limbah yang mengandung logam berat menumpuk pada berbagai lapisan air laut dan sedimen laut.

Sumber-sumber pencemaran tersebut berasal dari pembuangan sampah secara berlebihan ke laut yang merupakan terminal akhir pembuangan sampah dari aktivitas industri dan rumah tangga. Hal ini dapat terjadi melalui tiga sumber:

- a) pembuangan sisa industri yang tidak terkontrol,
- b) berasal dari lumpur minyak yang kadang-kadang juga mengandung logam berat dengan konsentrasi yang tinggi,
- c) berasal dari pembakaran minyak dan batubara di daratan.

Kandungan logam berat yang bertambah ini akan masuk ke dalam sistem rantai makanan di laut dan berpengaruh pada hewan-hewan, serta dari waktu ke waktu dipindahkan dari sumbernya. Apabila sampai termakan oleh manusia, logam dapat menyebabkan berbagai resiko bagi kesehatan seperti dapat mempengaruhi sistem syaraf, merusak penglihatan, pendengaran, dan kemampuan berbicara serta kehilangan koordinasi otot.

Karena itu, perlu dilakukan analisis pencemaran logam berat secara berkala. Pada penelitian ini penulis menentukan konsentrasi kandungan logam berat dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Daerah yang dianalisis adalah Selat Buton Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara, karena selama ini belum ada penelitian di daerah tersebut.

## **B. Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **a. Maksud Penelitian**

Mengetahui kandungan logam berat Cd dan Cu di daerah pantai Selat Buton Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara.

### **b. Tujuan Penelitian**

- Menentukan kadar logam kadmium (Cd) dan tembaga (Cu) di daerah pantai Selat Buton Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara,
- Menentukan mutu air laut di daerah pantai Selat Buton Kabupaten Muna Sulawesi Tenggara.

## **C. Manfaat Penelitian**

Memberikan informasi tentang tingkat pencemaran pantai akibat pembuangan logam berat secara berlebihan ke laut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Umum Air Laut

Air adalah suatu zat pelarut yang bersifat sangat berdaya guna, yang mampu melarutkan zat-zat lain dalam jumlah yang besar daripada zat cair lainnya. Sifat ini dapat dilihat dari banyaknya unsur-unsur pokok yang terdapat dalam air laut. Air laut mengandung hampir semua zat kimia yang sudah dikenal, sebagai garam mineral. Garam mineral yang terdapat dalam jumlah besar adalah NaCl, sedangkan zat lainnya terdapat dalam jumlah yang sedikit (Hutabarat, 1986, lihat Tabel 1).

Tabel 1. Unsur-unsur utama dalam air laut

	Ion	‰ berat
Ion Negatif (anion)	Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	18.980
	Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	2.649
	Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ )	0.140
	Bromida ( $\text{Br}^-$ )	0.065
	Borat ( $\text{H}_2\text{BO}_3^-$ )	0.026
	Fluorida ( $\text{F}^-$ )	0.001
		Jumlah = 21.861
Ion Positif (kation)	Natrium ( $\text{Na}^+$ )	10.556
	Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	1.272
	Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	0.400
	Kalium ( $\text{K}^+$ )	0.380
	Stronsium ( $\text{Sr}^{2+}$ )	0.013
		Jumlah seluruh ion = 34.482

Sumber : Hutabarat, 1986

Air laut adalah air murni yang di dalamnya terlarut berbagai zat padat terdiri atas 96,5 % air murni dan 3,5 % zat terlarut, meliputi garam-garam anorganik, senyawa organik yang berasal dari organisme, dan gas terlarut (Nybakken,1988).

## **B. Tinjauan Umum Logam Berat**

### *a. Pengertian Logam berat*

Logam berat adalah golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan ke dalam tubuh organisme hidup (Palar, 1994). Menurut densitasnya, semua jenis logam yang memiliki densitas lebih besar daripada  $5 \text{ g/cm}^3$  digolongkan sebagai logam berat, sedangkan jenis logam dengan densitas lebih kecil daripada  $5 \text{ g/cm}^3$  digolongkan sebagai logam ringan (Diannanjaya, 1989).

Menurut Palar (1994), karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

- a) memiliki spesifikasi berat jenis yang sangat besar (lebih atau sama dengan 5),
- b) mempunyai nomor atom 23 – 34 dan 40 – 50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida, dan
- c) mempunyai respon biokimia khas pada organisme hidup.

Niebor dan Richardson (dalam Palar, 1994) menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan ion-ion logam ke dalam 3 kelompok, sebagai berikut :

- a) unsur-unsur yang dengan mudah mengalami reaksi kimia dengan unsur oksigen atau disebut juga oxygen-seeking metal,
- b) logam-logam yang mudah mengalami reaksi kimia dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga nitrogen- sulfur- seeking metal,
- c) logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari golongan a dan b.

Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi racun terhadap makhluk hidup. Sebagai contoh adalah logam air raksa (Hg), kadmium (Cd), timah hitam (Pb), dan krom (Cr). Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit. Tetapi bila kebutuhan dalam jumlah yang sedikit itu tidak terpenuhi, dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup makhluk hidup. Karena tingkat kebutuhan sangat dipentingkan maka logam-logam tersebut juga dinamakan

sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial. Contoh dari logam berat esensial ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), dan nikel (Ni) (Palar, 1994).

Di samping logam yang dapat mengakibatkan keracunan, logam dapat juga mengakibatkan defisiensi. Hal ini terjadi karena kurangnya logam-logam esensial baik makro maupun mikro dalam tubuh hewan dan manusia. Penyakit ini dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat, gangguan reproduksi, dan peka terhadap penyakit infeksi, bahkan dapat menyebabkan kematian (Darmono, 1995).

*b. Logam Berat dalam Perairan*

Unsur logam ditemukan secara luas di seluruh permukaan bumi. Mulai dari tanah, batuan, air, bahkan pada lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, dan sangat jarang yang ditemukan dalam bentuk elemen tunggal. Pada batuan, logam-logam ditemukan sebagai bagian dalam mineral. Dalam perairan logam pada umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion tunggal (Palar, 1994, lihat Tabel 2). Menurut Hutagalung (1991), secara alamiah kandungan logam dalam laut terdapat dalam kadar yang sangat rendah berkisar  $10^{-5} - 10^{-2}$  ppm.

Tabel 2. Bentuk-bentuk logam berat dalam air laut

Bentuk senyawa	Contoh
Ion logam bebas	$\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Rb}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Fe}^{2+}$
Pasangan ion organik	$\text{Cu}(\text{OH})^{2+}$ , $(\text{PbCO}_3)^{2+}$
Ion logam organik	$\text{CH}_3\text{-Hg}^+$

Sumber : Palar, 1994

Kadar logam akan meningkat bila limbah yang banyak mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini berasal dari pembuangan sampah atau air ballast dari kapal-kapal, penambangan logam di laut, dan lain-lain, sedang aktivitas di darat berasal dari limbah perkotaan, pertambangan, pertanian, dan perindustrian. Jenis limbah yang umumnya banyak mengandung logam berat adalah limbah industri. Hal ini disebabkan banyaknya senyawa ataupun unsur logam digunakan dalam industri, baik sebagai bahan baku, katalisator, fungisida maupun sebagai additive (Kunarso, 1991).

Kenaikan pH air laut akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan senyawa-senyawa logam. Logam berat yang terlarut dalam laut pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan (Palar, 1994). Dari hasil penelitian beberapa ahli diketahui batas toleransi organisme terhadap kandungan logam dalam air berkisar 0,002 – 1,00 mg/l (Edward, 1997).

### C. Kadmium (Cd)

Kadmium pertama kali diisolasi dan diidentifikasi oleh F. Strohmeyer pada tahun 1817 dari bijih seng karbonat ( $ZnCO_3$ ). Muncul ke dalam lingkungan sejak awal dari peleburan berbagai jenis bijih tambang dan pembakaran kayu serta batubara. Kadmium diekstraksi secara komersial dari bijih seng misalnya sengsulfida ( $ZnS$ ) yang mengandung Cd 0,1 – 5,0 %. Sumber-sumber Cd yang penting adalah berasal dari tanah-tanah pertanian yang tercemar, sampah-sampah pertambangan, pembakaran sampah-sampah kota dan aliran lumpur perkotaan (Gesamp, 1986).

#### a. Sifat-Sifat Kadmium (Cd)

Logam kadmium (Cd) merupakan logam yang lunak, berwarna putih seperti perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila berada pada udara yang lembab serta akan cepat mengalami kerusakan bila dikenai uap ammonia ( $NH_3$ ) dan sulfur dioksida ( $SO_2$ ). Logam Cd di dalam senyawanya pada umumnya mempunyai valensi 2+, dan sangat sedikit yang mempunyai valensi 1+ (Palar, 1994). Logam Cd lambat larut dalam HCl dan  $H_2SO_4$ , mudah larut dalam  $HNO_3$  dan membentuk garam tak berwarna yang beracun (Diannanjaya, 1989).

#### b. Penggunaan Kadmium (Cd)

Logam kadmium sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Logam ini telah digunakan sejak tahun 1950 dan total produksi dunia sekitar 15.000 – 18.000 ton/tahun. Prinsip dasar dalam penggunaan kadmium



adalah sebagai bahan stabilisasi, pewarna dalam industri plastik, dan pada elektroplating. Namun sebagian besar logam Cd juga digunakan untuk solder dan alloy-alloynya digunakan pada baterai (Palar 1994). Selain itu Cd digunakan pada reaktor nuklir sebagai penangkap neutron, sebagai insektisida, campuran gigi, lampu pijar, dan bom asap. Senyawa-senyawa Cd juga digunakan dalam pengobatan penyakit syphilis (Casarett, 1975).

c. *Aspek Kesehatan Kadmium (Cd)*

Logam Cd bersifat racun yang sangat merugikan bagi semua organisme hidup bahkan sangat berbahaya bagi manusia. Kadmium pada konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan, seperti udang dengan konsentrasi 0,005 – 0,15 ppm dapat menyebabkan kematian dalam waktu 24 – 504 jam (Palar, 1994).

Keracunan yang disebabkan oleh Cd dapat bersifat akut dan kronis. Gejala-gejala keracunan akut oleh Cd adalah timbulnya rasa sakit dan panas pada bagian dada. Keracunan ini sering terjadi pada pekerja di industri-industri yang berkaitan dengan logam ini. Peristiwa keracunan akut ini dapat terjadi karena pekerja tersebut terkena uap logam Cd atau CdO. Logam Cd ini, juga dapat menimbulkan penyakit paru-paru yang akut (Palar, 1989). Darmono (1995) mengemukakan bahwa keracunan Cd yang kronik dapat terlihat setelah Cd terakumulasi dalam ginjal dalam jumlah 50 µg/g berat basah dan terlihat pada umur 50 tahun. Konsentrasi yang kritis yaitu 200 µg/g

pada saat terjadi gagal ginjal. Selain itu keracunan Cd yang kronik dapat pula dilihat dari kelainan bentuk pada kerangkanya, penurunan berat badan yang sangat banyak, sedikit tekanan fisik seperti batuk, dan terjadi kelainan pada tulang yang didahului dengan ketidakmampuan untuk berjalan.

Hipertensi juga mempunyai hubungan dengan adanya Cd. Beberapa manusia dapat mati karena hipertensi yang ditunjukkan dengan bertambahnya Cd dan Zn (Diannanjaya, 1989).

#### D. Tembaga (Cu)

Unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk senyawa atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral. Dalam perairan laut, tembaga dapat ditemukan dalam bentuk senyawa ion seperti  $\text{CuCO}_3^+$ ,  $\text{CuOH}^+$ , dan lain sebagainya. Biasanya jumlah Cu yang terlarut dalam laut adalah 0,002 - 0,005 ppm (Palar, 1994 dan Darmono 1995, Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan logam berat dalam kondisi air alamiah

Logam	Air air laut kandungan rata-rata ( $\mu\text{g/l}$ )	Air tawar kandungan rata-rata ( $\mu\text{g/l}$ )
Cd	0,1	0,3
Cu	2,00	-

Sumber : Darmono (1995)

Persenyawaan penting Cu dapat ditemukan pada berbagai jenis batuan seperti kuprit ( $\text{CuO}_2$ ), malachite ( $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$ ), chalcocite ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ), dan lain sebagainya (Partington, 1957).

*a. Sifat-Sifat Tembaga (Cu)*

Tembaga terletak pada golongan I B dalam daftar unsur periodik dengan bilangan oksidasi +1 dan +2. Logam ini dapat membentuk senyawa sulfida dan dapat bereaksi dengan  $\text{HNO}_3$  encer (Partington, 1957). Ion Cu dapat membentuk kompleks-kompleks yang sangat stabil, seperti  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_2$ . Logam Cu sendiri dapat larut dalam asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) panas dan larutan basa (Taba, 1997). Logam tembaga adalah logam dengan warna merah coklat, tidak mudah mengalami korosi, dapat menghantar arus listrik dan panas dengan baik. Tembaga murni bersifat sangat lunak dan dapat digulung dalam bentuk lembaran, dapat ditempa menjadi tipis dan menjadi kabel (Partington, 1957).

*b. Penggunaan Tembaga (Cu)*

Secara alamiah tembaga masuk ke dalam lingkungan laut berasal dari erosi batu-batuan mineral yang diperkirakan berjumlah 325.000 ton/tahun, sedangkan dari aktivitas manusia jumlahnya bervariasi tergantung kondisi alam, kira-kira 7,5 ton/tahun tembaga diproduksi dalam peralatan elektronika, sebagai logam campuran, katalis kimia, cat anti fouling untuk kapal, dan untuk pengawetan kayu (Clark, 1987).

Logam Cu dapat membentuk bermacam-macam logam alloy yang dibentuk dengan logam lain dan digunakan secara luas sesuai dengan sifat alloy yang membentuknya. Alloy tembaga dengan logam berilium (Be-Cu) banyak digunakan dalam bagian instrumen-instrumen yang tahan benturan. Alloy lain adalah alloy tembaga dengan timah putih (Sn), bentuk logam yang dikenal sebagai kuningan, banyak digunakan dalam peralatan rumah tangga. Dalam bidang industri lain senyawa Cu juga banyak digunakan dalam industri insektisida dan fungisida (Palar, 1994).

*c. Aspek Kesehatan Tembaga (Cu)*

Tembaga tersebar luas di alam dan merupakan logam penting, dalam kadar tertentu logam ini diperlukan dalam tubuh manusia untuk pembentukan sel darah merah (Munarka, 1985).

Menurut Cantarow (1962), tembaga terdistribusi secara luas dalam jaringan, seperti pada ginjal, hati, sumsum tulang, otak, dan rambut.

Defisiensi Cu ditunjukkan dengan hipokrom, anemia mikrositik hasil dari sintesis hemoglobin yang tidak sempurna. Keracunan akut disebabkan karena masuknya sejumlah garam tembaga yang berlebihan, sehingga dapat menyebabkan kematian, gejalanya adalah mual, muntah, koma, dan penyakit kuning. Pada sisi lain, logam ini dapat bersifat toksis bila melebihi dosis tertentu. Seperti halnya logam Pb, tembaga dengan kadar lebih besar daripada 1 ppm dalam air laut atau tempat pemeliharaan ikan sudah dapat mengganggu kehidupan organisme tersebut (Munarka, 1985).

Terhadap manusia, keracunan kronis akibat Cu dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala penyakit Wilson adalah terjadi hepatic cirrhosis, kerusakan pada otak dan demyelinasi serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Penyakit Kinsky dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderita (Palar, 1994).

#### **E. Spektrofotometri Serapan Atom**

Salah satu teknik analisis kuantitatif yang umum digunakan adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Alasan-alasan popularitas SSA adalah kepekaan dan ketepatan yang tinggi, serta langkah kerja yang relatif sederhana, terutama dalam hal penanganan sampel. Teknik SSA didasarkan atas penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam keadaan gas. Spektrum serapannya merupakan spektrum garis yang tajam dengan lebar garis spektrum sekitar  $0,02 - 0,05 \text{ \AA}$ . Hal ini disebabkan energi sinar yang diserap oleh atom digunakan untuk menaikkan tingkat energi elektron saja (Hala, 1997).

Cara ini sangat sesuai dengan analisis logam berat karena mempunyai kepekaan yang tinggi (kadar logam kurang daripada 1 ppm dapat ditentukan). Pelaksanaan analisisnya relatif sederhana dan analisis suatu logam tertentu dapat dilakukan dalam campuran dengan unsur-unsur lain tanpa perlu pemisahan (Hartati, 1994).



Dalam analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), unsur yang dianalisis berada sebagai atom netral, dalam keadaan uap, dan disinari dengan berkas sinar yang berasal dari sumber sinar. Proses ini dapat dilakukan dengan mengisap contoh melalui pipa kapiler dengan menyemprotkannya ke dalam nyala api yang memenuhi persyaratan tertentu sebagai kabut yang halus. Dengan demikian nyala api itu berfungsi sebagai *kuvet* (Underwood, 1980).

Untuk membebaskan atom-atom dari persenyawaan dibutuhkan sejumlah energi yang umumnya diperoleh dari hasil pembakaran; untuk itu diperlukan kombinasi bahan bakar seperti asetilen-udara dengan suhu maksimum 2.300 °C, gas asetilen-nitrogen oksida dengan suhu maksimum 3.000 °C, dan gas udara-propana dengan suhu maksimum 1.800 °C. Pada umumnya pemilihan kombinasi gas pengoksida-gas bahan bakar tergantung pada suhu yang diperlukan untuk mendisosiasikan senyawa-senyawa dan sifat unsur kimia yang dianalisis.

Untuk tujuan analisis kuantitatif, teknik ini mengacu pada Hukum Lambert-Beer. Jika daya (*power*) sinar  $P_o$  mengenai cuplikan atom netral yang tebalnya  $b$ , dengan konsentrasi atom yang menyerap sinar  $c$  dan daya sinar yang dipancarkan  $P_t$ , maka dinyatakan hubungan:

$$\ln \frac{P_o}{P_t} = kbc \dots\dots\dots(1)$$

dimana  $k$  adalah tetapan dan jika dilakukan konversi ke logaritma akan memberikan:



$$\log \frac{P_0}{P_1} = abc \dots\dots\dots(2)$$

di mana  $a$  adalah koefisien absorpsivitas. Besaran  $P_1/P_0$  disebut transmitans  $T$ , sehingga Hukum Lambert-Beer dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\log \frac{1}{T} = abc \dots\dots\dots(3)$$

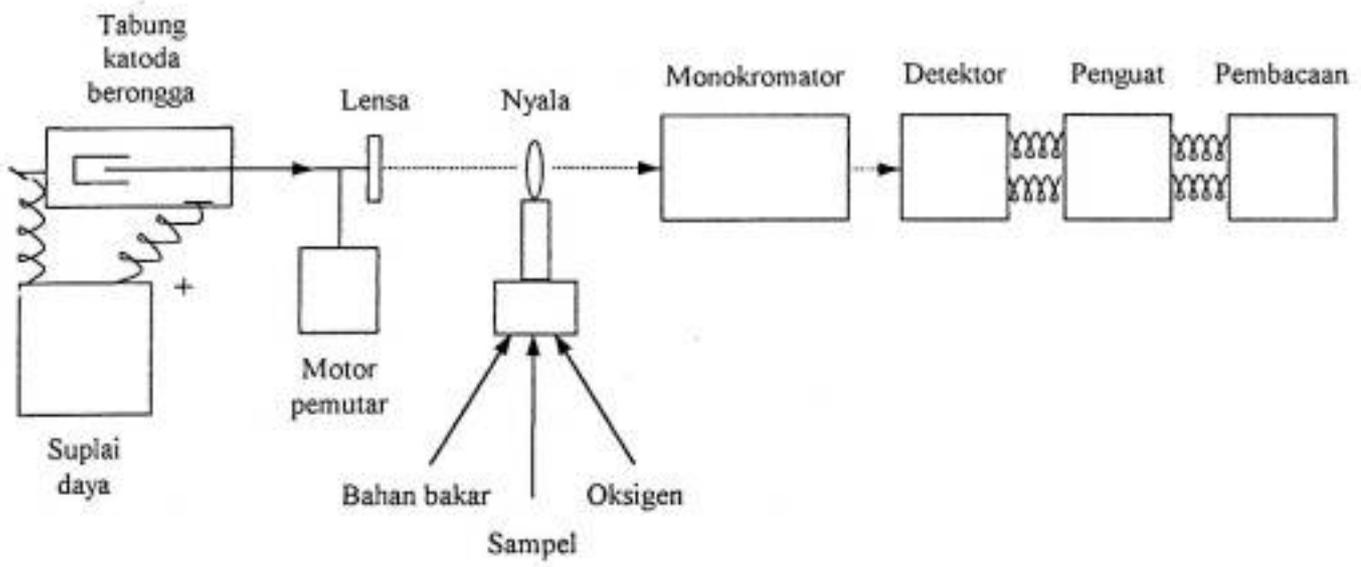
atau dinyatakan dalam absorban  $A$ .

$$A = a b c \dots\dots\dots(4)$$

Dengan SSA yang sama, maka faktor  $a$  dan  $b$  tetap, sehingga hubungan  $A$  dan  $c$  mengikuti persamaan garis lurus yang melalui titik nol. Dengan demikian, persamaan (4) dapat disederhanakan menjadi persamaan (5) :

$$A = k . c \dots\dots\dots(5)$$

di mana  $k$  adalah suatu tetapan yang menunjukkan kemiringan kurva. Adakalanya di dalam praktek, data-data yang dihasilkan tidak memberikan kurva garis lurus (linier) yang melalui titik nol; karena itu diperlukan pengolahan data secara statistik agar diperoleh garis regresi yang lurus dan melalui titik nol, sehingga Hukum Lambert-Beer dapat terpenuhi (Hala, 1997).



Gambar I. Diagram Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)  
 ( Sumber : Underwood, 1980 )

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### A. Alat dan Bahan

*a. Alat yang digunakan adalah :*

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), lampu katoda berongga Cd dan Cu, pipet tetes, labu takar 100 ml, corong, kertas saring whatman, kertas pH (universal indikator pH 0 – 14), dan botol polietilan.

*b. Bahan yang digunakan :*

Kadmium klorida ( $\text{CdCl}_2$ ) p.a, serbuk tembaga (Cu), asam nitrat pekat ( $\text{HNO}_3$ ) p.a., dan akuades.

##### B. Pengambilan dan Penyiapan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada dua puluh stasiun dengan menggunakan botol sampling pada ke dalaman kurang lebih 1 meter dari permukaan laut. Sampel dimasukkan dalam botol plastik 500 ml dan ditambahkan asam nitrat.

Pengambilan sampel dilakukan dua tahap, pengambilan tahap pertama pada bulan Mei 2001 dan tahap kedua bulan Juli 2001.

## C. Prosedur Analisis

### a. *Penyiapan Larutan Standar*

Pembuatan larutan standar dilakukan dengan mengencerkan larutan 1000 ppm dari tiap-tiap larutan logam yang akan dianalisis. (lihat Lampiran 3 dan 5).

#### - Pembuatan Larutan Standar Cu 1000 ppm

Larutan standar Cu 1000 ppm dibuat 0,1 g serbuk Cu yang dilarutkan ke dalam asam nitrat 1 : 1 sebanyak 15 ml; larutan tersebut dipanaskan dan diencerkan dengan akuades dalam labu takar 100 ml.

#### - Pembuatan Larutan Standar Cd 1000 ppm

Larutan standar Cd 1000 ppm dibuat dari 0,1631 g  $\text{CdCl}_2$  yang dilarutkan ke dalam asam nitrat 1 : 1. Larutan tersebut diaduk lalu diencerkan dengan akuades dalam labu takar 100 ml.

### b. *Pengukuran Absorbans larutan standar dan larutan sampel*

Absorbans larutan standar maupun larutan sampel diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merek Varian Spectr AA 50. Kondisi alat saat pengukuran terlihat dalam Tabel 4:



Tabel 4. Kondisi Peralatan

Kondisi	Cd	Cu
Panjang gelombang	228,8 nm	324,8 nm
Tinggi nyala	4 mm	2,5 mm
Arus	4 mA	4 mA
Lebar celah	0,5 nm	0,5 nm

#### D. Analisis Data

Dari hasil pengukuran larutan standar di atas kemudian dibuat grafik untuk tiap-tiap logam (Lampiran 4 dan 6). Untuk menarik suatu garis lurus pada grafik antara absorbans dan konsentrasi, diperlukan bantuan persamaan garis regresi. Sumbu X adalah konsentrasi dalam ppm, sedang sumbu Y adalah absorbans (A). Persamaan garis regresi adalah :

$$Y = a + bx$$

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

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

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

Walaupun suatu garis lurus dapat saja ditarik dari sejumlah titik yang tersebar dalam grafik, belum tentu terdapat korelasi antara ke dua variabel X dan

Y. Cara statistika yang dipakai untuk menentukan adanya hubungan antara dua variabel ialah koefisien korelasi,  $r$ . Koefisien korelasi ini dapat diperoleh dengan menggunakan rumus.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\left\{ \left( n \sum X^2 - (\sum X)^2 \right) \left( n \sum Y^2 - (\sum Y)^2 \right) \right\}^{1/2}}$$

Dari persamaan ini dapat ditentukan bahwa  $r$  dapat mempunyai nilai rentang  $-1 \leq r \leq +1$ . Nilai  $r = -1$  menggambarkan koefisien korelasi negatif sempurna yaitu semua titik potong percobaan terletak pada garis lurus yang negatif lerengnya. Demikian pula bila  $r = +1$ , didapatkan koefisien korelasi positif sempurna, semua titik terletak tepat pada garis lurus yang positif lerengnya. Bila tidak ada korelasi antara  $X$  dan  $Y$ , maka nilai  $r$  sama dengan nol. Dalam analisis, biasanya grafik kalibrasi memberikan nilai  $r$  tidak lebih besar daripada 0,99.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Pengukuran

Hasil pengukuran logam berat Cd dan Cu di perairan pantai Selat Buton pada Tahap I dan II dapat dilihat dalam Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Tahap I

Stasiun	Konsentrasi (ppm)	
	Cd	Cu
1	1,13	0,08
2	0,92	0,09
3	1,05	0,11
4	1,01	0,08
5	0,80	0,10
6	1,22	0,10
7	1,01	0,12
8	0,97	0,12
9	0,84	0,08
10	0,88	0,09
11	0,88	0,10
12	1,05	0,10
13	1,01	0,11
14	1,09	0,08
15	0,92	0,09
16	1,09	0,10
17	1,26	0,11
18	1,01	0,11
19	1,13	0,11
20	1,39	0,08

Persamaan garis regresi pada pengukuran larutan standar tahap I yaitu :

a. Standar Cd,  $Y = 0,0417 + 0,1854 X$

b. Standar Cu,  $Y = 0,0854 + 0,9263 X$

Data hasil pengukuran absorbans dan kurva larutan standar untuk tiap-tiap logam pada pengukuran Tahap I dapat dilihat pada Lampiran 3 dan 4.

Tabel 6. Data Hasil Pengukuran Tahap II

Stasiun	Konsentrasi (ppm)	
	Cd	Cu
1	0,94	0,10
2	0,92	0,10
3	1,27	0,10
4	1,34	0,10
5	1,20	0,10
6	0,71	0,10
7	0,93	0,10
8	0,81	0,10
9	0,73	0,10
10	0,82	0,10
11	0,81	0,10
12	0,70	0,10
13	0,92	0,10
14	1,07	0,10
15	1,07	0,10
16	1,10	0,10
17	0,97	0,10
18	1,06	0,10
19	0,58	0,10
20	1,50	0,10

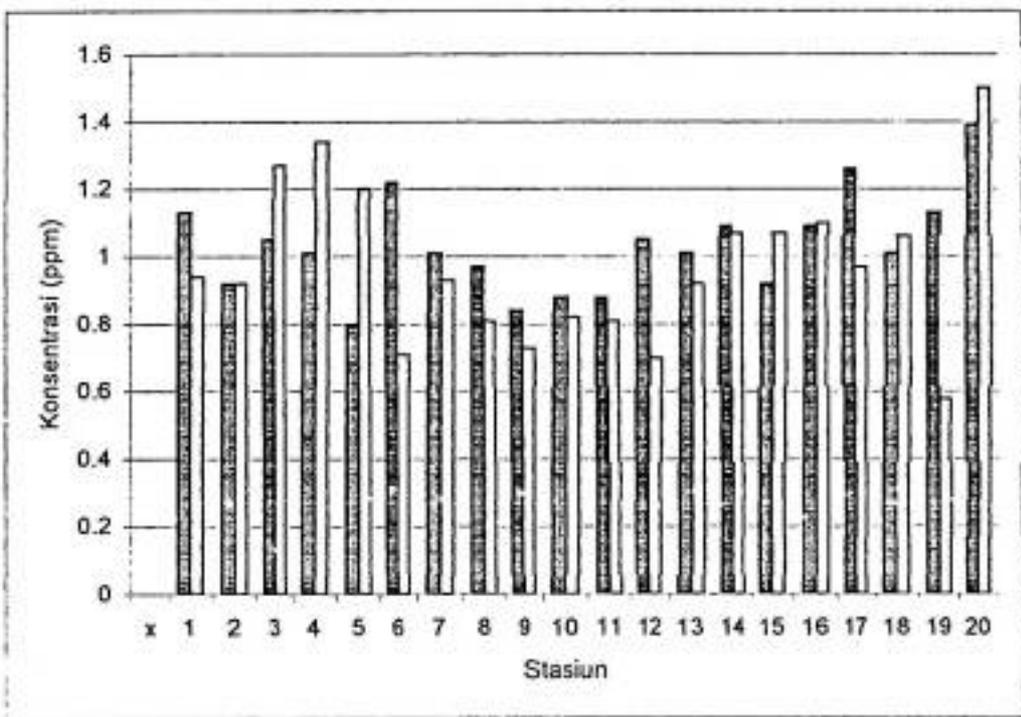
Tabel 7. Rata-rata Konsentrasi Logam Cd dan Cu yang Terdistribusi di Perairan Pantai Selat Buton

Logam Berat	Tahap Pengukuran	X
Cd	I	1,0435
	II	0,9725
Cu	I	0,0980
	II	0,1000

Persamaan garis regresi pada pengukuran larutan standar Tahap II yaitu :

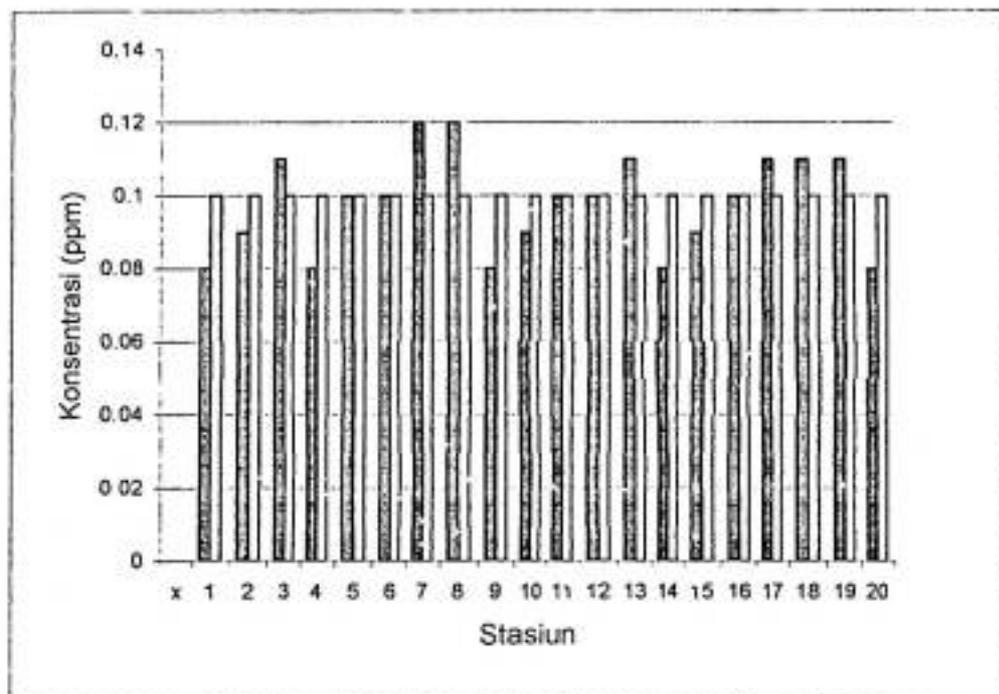
- a. Standar Cd,  $Y = 0,0992 + 0,1783 X$
- b. Standar Cu,  $Y = 0,0813 + 0,7631 X$

Data hasil pengukuran absorbans dan kurva larutan standar untuk tiap-tiap logam pada pengukuran Tahap II dapat dilihat pada Lampiran 4 dan 6.



Ket: ■ Tahap I    □ Tahap II

Gambar II. Histogram konsentrasi logam Cd pada air laut di perairan pantai Selat Buton.



Ket: ■ Tahap I □ Tahap II

Gambar III. Histogram konsentrasi logam Cu pada air laut di perairan pantai Selat Buton

## B. Pembahasan

### a. Keadaan Umum Lokasi

Pengambilan sampel dilakukan dua tahap yaitu Tahap I pada bulan Mei 2001 dan Tahap II pada bulan Juni 2001. Sampel diambil mulai pukul 15.00 sampai 17.00 WITA. Keadaan cuaca pada saat pengambilan sampel Tahap I, turun hujan, ombak besar, dan perairan keruh, sedangkan pada Tahap II, cuaca panas namun perairan relatif keruh. Pada Selat tersebut terdapat pohon bakau serta karang banyak yang rusak.

### *b. Analisis Logam*

Hasil analisa data (Tabel 5 dan 6) terlihat bahwa konsentrasi Cd berkisar pada 0,58 – 1,50 ppm, konsentrasi terendah pada stasiun 19 dan tertinggi pada stasiun 20 ( Gambar II ). Tingginya konsentrasi logam Cd di stasiun tersebut kemungkinan disebabkan oleh buangan sampah perkotaan yang masuk ke lokasi tersebut, mengingat bahwa selat tersebut merupakan satu-satunya yang menampung limbah dari kota Raha dan sekitarnya. Juga karena kadmium banyak digunakan dalam industri seperti sebagai bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik, serta pada pembuatan PVC (Polivinil Klorida) dan juga digunakan pada pembuatan Aki (baterai) Cd-Ni baterai (Darmono, 1994).

Konsentrasi logam Cu berkisar pada 0,08 -0,12 ppm. Konsentrasi terendah terdapat pada Stasiun 1, 3, 9, 14, dan 20, dan yang tertinggi pada Stasiun 7 dan 8.

Logam Cu pada perairan pantai Selat Buton kemungkinan besar bersumber dari masukan logam Cu secara alamiah ke badan perairan melalui pengkompleksan partikel logam di udara karena hujan dan juga karena erosi pada batuan karang (Palar, 1994), di mana perairan tersebut banyak karang yang rusak. Sumber pencemaran yang lain berasal dari limbah domestik yang mengandung logam Cu seperti penggunaan bahan pengawet kayu pada perahu-perahu nelayan, penggunaan cat anti fouling untuk kapal, penggunaannya untuk algasida serta pada peralatan rumah

tangga dan elektronika (Clark, 1987). Di samping itu adanya air ballast dari kapal-kapal, juga pengikisan bangkai kapal tenggelam yang berada di sekitar perairan pantai Selat Buton yang mengandung logam Cu serta berasal dari lumpur minyak yang terbuang ke laut.

Pada Tahap II hasil analisis rata-rata konsentrasi logam Cu mengalami kenaikan (Gambar III dan Tabel 7). Kenaikan konsentrasi logam berat tersebut mungkin disebabkan adanya aliran hujan yang membawa limbah masuk ke perairan tersebut.

Di pihak lain, hasil analisis rata-rata konsentrasi logam Cu pada Tahap I mengalami penurunan. Hal ini mungkin disebabkan pengenceran air hujan, adanya siklus lebih lanjut, yaitu proses pengendapan, pengambilan oleh organisme laut, dan atau laju pemasukan menurun (Kunarso, 1991).

Hasil analisis kandungan logam Cd dan Cu di perairan pantai Selat Buton menunjukkan adanya peningkatan jumlah logam terlarut. Hal ini terlihat dari keadaan normal logam berat dalam air laut berkisar pada 0,00001 - 0,01 ppm (Hutagalung, 1991), sedangkan kandungan logam berat hasil penelitian berkisar pada 0,58 - 1,50 ppm untuk logam Cd dan 0,08 - 0,12 ppm untuk logam Cu.

Distribusi logam Cd dan Cu pada perairan pantai Selat Buton tidak merata. Kondisi ini disebabkan laju pemasukan logam-logam tersebut (input), sirkulasi permukaan (transport), terdiri atas; pengaruh arus, gelombang, pasang surut, proses internal seperti pengeluaran

kembali logam dari badan perairan (output), dan perputaran kembali (recycling) (Palar, 1994)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Hasil penelitian kandungan logam Cd dan Cu pada perairan pantai Selat Buton kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara, memberikan beberapa kesimpulan :

1. Konsentrasi rata-rata logam Cd dan Cu yang terdistribusi pada Tahap I dan II tidak terdapat perbedaan yang besar, yaitu :  
Logam Cd 1,0453 ppm dan 0,9725 ppm, sedangkan logam Cu 0,098 ppm dan 0,1000 ppm.
2. Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor KEP-02/MENKLH/I/1988, mutu air laut terhadap logam Cd dan Cu di perairan ini (1,0435 ppm untuk logam Cd dan 0,1000 ppm untuk logam Cu) untuk budidaya perikanan telah melebihi standar yang diperbolehkan (0,0100 ppm); begitupun untuk taman laut, mandi, selam, bahan baku pertambangan, dan energi telah melebihi standar (0,0500 ppm).

## **B. Saran**

1. Perlu penanganan sedini mungkin terhadap pencemaran yang terjadi diperairan pantai Selat Buton, agar tidak terjadi kerusakan lingkungan yang lebih parah.
2. Pemantauan pencemaran logam berat di perairan pantai Selat Buton terhadap ekosistem disekitarnya perlu dilakukan secara berkala.

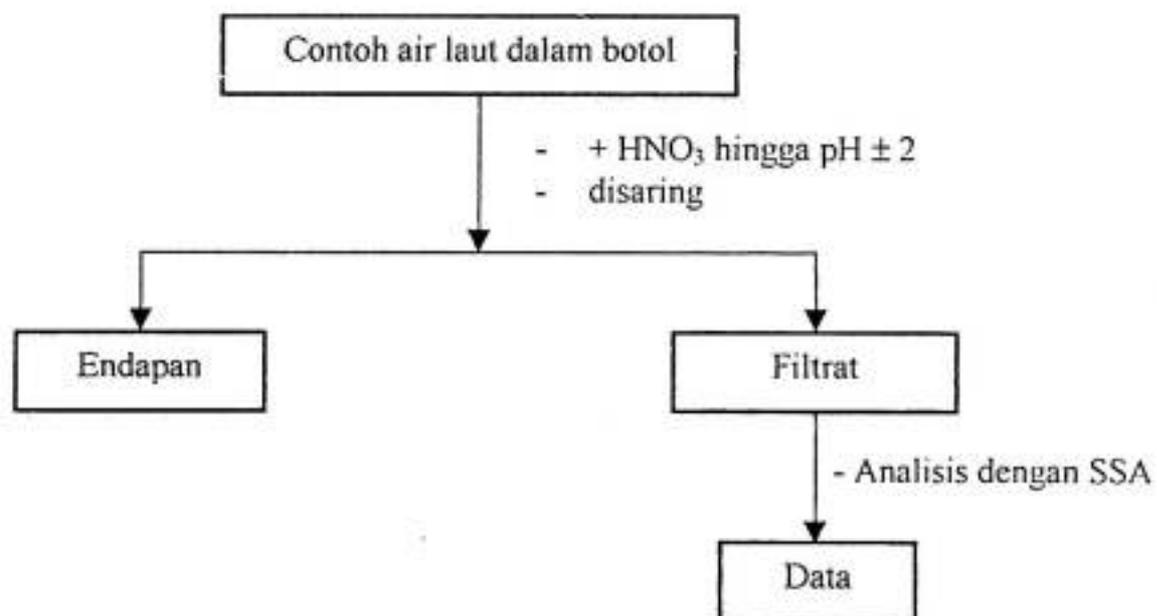
## DAFTAR PUSTAKA

- Cantarow, A. and M., Tamper, 1962, *Chemical Biochemistry*, W. B. Souders Company, Philadelphia, dalam Diannanjaya, 1989, *Distribusi Logam Berat Cd, Cu, Pb dan Zn dalam Sedimen Permukaan Laut Dangkal*, Skripsi Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin.
- Casarret, L. J. and J., Doull (ed.), 1975, *Toxicology The Basic Science of Poisons*, Maxmillan Publishing. Co. Inc, New York.
- Clark, T. W., 1987, *Metal Toxicity in The Central Nervous System Environ, Health Perspect*, Hal. 59-64
- Darmono, 1995, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Penerbit UI Press, Jakarta.
- Diannanjaya, 1989, *Distribusi Logam Berat Cd, Cu, Pb, dan Zn dalam Sedimen Permukaan Laut Dangkal*, Skripsi Kimia, FMIPA Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Edward, J. D., 1997, *Kandungan Logam Cd, Pb, Cu dan Fe pada Air Tambak Ikan Lakkang Kecamatan Tallo Kotamadya Ujung Pandang*, Skripsi Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Gesamp, 1985, *Cadmium, Lead and Tin in Marine Environment*, ENP Regional Seas Report and Studies No. 56.
- Hala, Y., 1997, *Pre-Konsentrasi Logam Kelumit dalam Air Alam dengan Menggunakan Kolam Resin*, Tesis Magister, Program Pasca Sarjana ITB, Bandung.
- Hartati, 1999, *Distribusi Logam Berat (Pb, Cd dan Cu) di Perairan Sekitar Pelabuhan Sukarno Hatta*, Skripsi Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Hutabarat, S. dan S. M. Evans, 1986, *Pengantar Oseanografi*, Penerbit UI Press, Jakarta.
- Hutagalung, H. P., 1991, *Pencemaran Laut Oleh Logam Berat*, LIPI, Jakarta.
- Kunarso, D. H., 1991, *Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*, LON-LIA, Jakarta.

- Munarka, A. C., 1985, *Analisis Beberapa Logam Berat dalam Sedimen-Sedimen di Muara Sungai Tallo Kotamadya Ujung pandang dengan Metode SSA*, Skripsi, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Nybakken, I. W., 1988, *Biologi Laut*, PT. Gramedia, Jakarta.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Partington, J. R., 1957, *A Text Book of Inorganic Chemistry 6th ed.*, Maxmillan and Co. Ltd., London.
- Taba, A. I., 1997, *Analisis Logam Berat Pb, Cd, dan Cu Partikulat Air Laut Sekitar PT. IKI dengan SSA*, Skripsi Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
- Underwood, A. L. and R. A. Day, 1980, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Ed. 4, Erlangga, Jakarta.

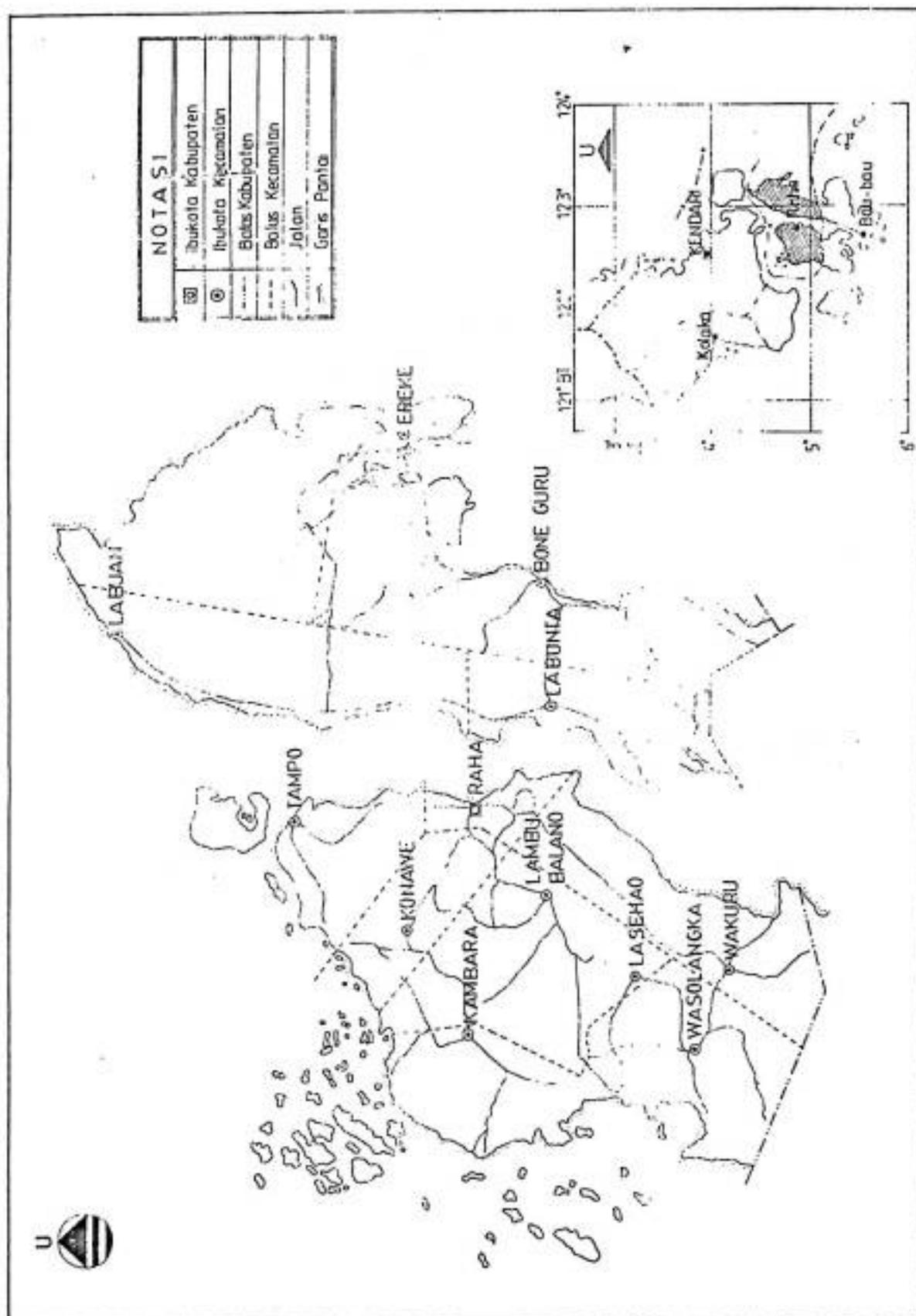
LAMPIRAN 1

BAGAN PENENTUAN SERAPAN LOGAM Cd DAN Cu



## LAMPIRAN 2

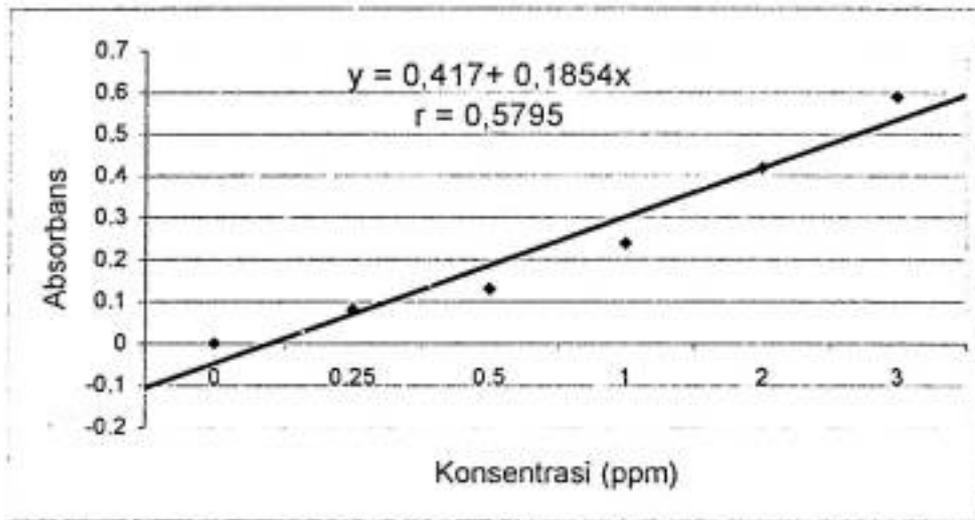
### PETA LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL



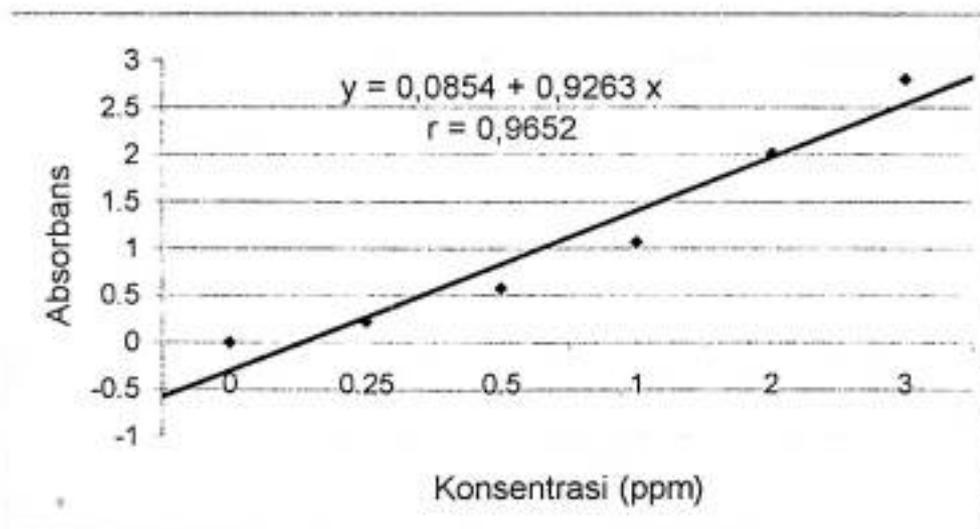
LAMPIRAN 4

KURVA LARUTAN STANDAR STANDAR TAHAP I

Kurva Larutan Standar Cd



Kurva Larutan Standar Cu



### LAMPIRAN 3

#### HASIL PENGUKURAN LARUTAN STANDAR TAHAP I

##### Larutan Standar Cd

Konsentrasi (ppm)	Absorbans
0	0
0,25	0,08
0,5	0,13
1	0,24
2	0,42
3	0,59

##### Larutan Standar Cu

Konsentrasi (ppm)	Absorbans
0	0
0,25	0,22
0,5	0,58
1	1,07
2	2,01
3	2,80



LAMPIRAN 5

HASIL PENGUKURAN LARUTAN STANDAR TAHAP II

Larutan Standar Cd

Konsentrasi (ppm)	Absorbans
0	0
0,25	0,11
0,5	0,19
1	0,31
2	0,48
3	0,61

Larutan Standar Cu

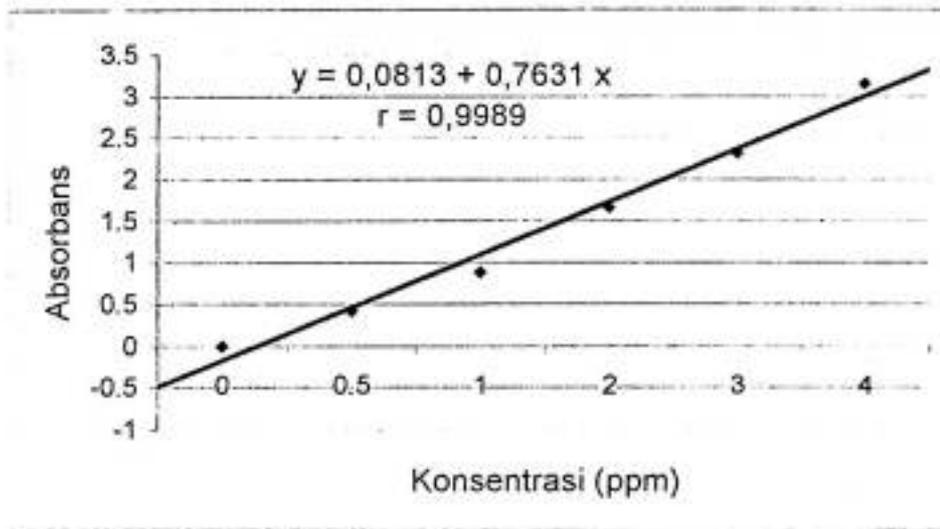
Konsentrasi (ppm)	Absorbans
0	0
0,5	0,42
1	0,88
2	1,66
3	2,31
4	3,15



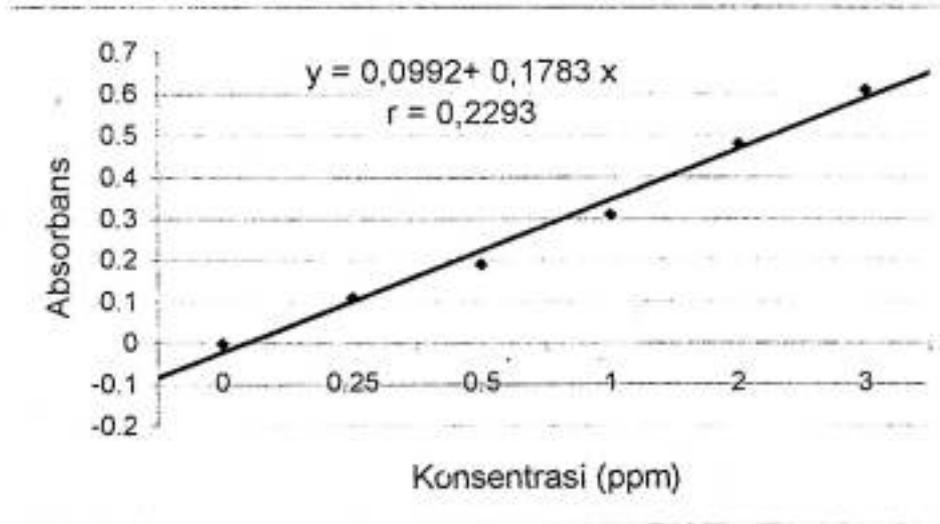
LAMPIRAN 6

KURVA LARUTAN STANDAR TAHAP II

Kurva Larutan Standar Cd



Kurva Larutan Standar Cu



## LAMPIRAN 7

### PERHITUNGAN GARIS REGRESI LOGAM Cd TAHAP I

n	Konsentrasi (X)	Absorbans (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	0,25	0,08	0,0200	0,0625	0,0064
2	0,5	0,13	0,0650	0,2500	0,0169
3	1	0,24	0,2400	1,0000	0,0576
4	2	0,42	0,8400	4,0000	0,1764
5	3	0,59	1,7700	9,0000	0,3481
	$\Sigma X = 6,75$	$\Sigma Y = 1,46$	$\Sigma XY = 2,9350$	$\Sigma X^2 = 14,3125$	$\Sigma Y^2 = 0,6054$

Persamaan garis regresi,  $Y = a + bX$   
di mana: Y = absorbans  
X = konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus pada Bab III, maka diperoleh:  
 $a = 0,0417$     $b = 0,1854$     $r = 0,5795$

Karena nilai r yang diperoleh tidak lebih besar daripada 1, ini menunjukkan adanya korelasi positif sempurna antara variabel X dan Y

## LAMPIRAN 8

### PERHITUNGAN GARIS REGRESI LOGAM Cu TAHAP I

n	Konsentrasi (X)	Absorbans (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	0,25	0,22	0,0550	0,0625	0,0484
2	0,5	0,58	0,2900	0,2500	0,3364
3	1	1,07	1,0700	1,0000	1,4490
4	2	2,01	4,0200	4,0000	4,0401
5	3	2,80	8,4000	9,0000	7,8400
	$\Sigma X = 6,75$	$\Sigma Y = 6,68$	$\Sigma XY = 13,8350$	$\Sigma X^2 = 14,3125$	$\Sigma Y^2 = 13,7139$

Persamaan garis regresi,  $Y = a + bX$

di mana: Y = absorbans

X = konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus pada Bab III, maka diperoleh:

$$a = 0,0854 \quad b = 0,9263 \quad r = 0,9652$$

Karena nilai r yang diperoleh tidak lebih besar daripada 1, ini menunjukkan adanya korelasi positif sempurna antara variabel X dan Y

LAMPIRAN 9

PERHITUNGAN GARIS REGRESI LOGAM Cd TAHAP II

n	Konsentrasi (X)	Absorbans (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	0,25	0,11	0,0275	0,0625	0,0121
2	0,5	0,19	0,0950	0,2500	0,0361
3	1	0,31	0,3100	1,0000	0,0961
4	2	0,48	0,9600	4,0000	0,2304
5	3	0,61	1,8300	9,0000	3,3489
	ΣX = 6,75	ΣY = 1,7	ΣXY = 3,2225	ΣX <sup>2</sup> = 14,3125	ΣY <sup>2</sup> = 3,7236

Persamaan garis regresi,  $Y = a + bX$

di mana: Y = absorbans

X = konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus pada Bab III, maka diperoleh:

$$a = 0,0992 \quad b = 0,1783 \quad r = 0,2293$$

Karena nilai r yang diperoleh tidak lebih besar daripada 1, ini menunjukkan adanya korelasi positif sempurna antara variabel X dan Y

## LAMPIRAN 10

### PERHITUNGAN GARIS REGRESI LOGAM Cu TAHAP II

n	Konsentrasi (X)	Absorbans (Y)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	0,5	0,42	0,2100	0,2500	0,1764
2	1	0,88	0,8800	1,0000	0,7744
3	2	1,66	3,3200	4,0000	2,7556
4	3	2,31	6,9300	9,0000	5,3361
5	4	3,15	12,600	16,0000	9,9225
	$\Sigma X = 10,5$	$\Sigma Y = 8,42$	$\Sigma XY = 23,9400$	$\Sigma X^2 = 30,2500$	$\Sigma Y^2 = 18,9650$

Persamaan garis regresi,  $Y = a + bX$   
di mana: Y = absorbans  
X = konsentrasi (ppm)

Berdasarkan rumus pada Bab III, maka diperoleh:  
 $a = 0,0813$     $b = 0,7631$     $r = 0,9989$

Karena nilai r yang diperoleh tidak lebih besar daripada 1, ini menunjukkan adanya korelasi positif sempurna antara variabel X dan Y

## LAMPIRAN 11

### KEPUTUSAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP NOMOR: KEP-02/MENKLH/1988 TENTANG BAKU MUTU AIR LAUT

#### I. Baku Mutu Air Laut untuk Pariwisata dan Rekreasi (Mandi, Renang, dan Selam)

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air laut	
		Diperbolehkan	Diinginkan
pH	-	6 – 9	6,5 – 8,5
Cd	mg/L	$\leq 0,01$	0,00002
Cu	mg/L	$\leq 1$	0,001
Pb	mg/L	$\leq 0,05$	0,00002

#### II. Baku Mutu Air Laut untuk Pertambangan dan Energi ( Bahan Baku dan Proses)

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air laut	
		Diperbolehkan	Diinginkan
pH	-	6 – 9	6,5 – 8,5
Cd	mg/L	$\leq 0,01$	0,00002
Cu	mg/L	$\leq 1$	0,001
Pb	mg/L	$\leq 0,05$	0,00002

### III. Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut ( Budidaya Perikanan)

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air laut	
		Diperbolehkan	Diinginkan
pH	-	6 – 9	6,5 – 8,5
Cd	mg/L	$\leq 0,01$	0,00002
Cu	mg/L	$\leq 0,06$	0,001
Pb	mg/L	$\leq 0,01$	0,00002

### IV. Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut (Taman laut Konservasi)

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air laut	
		Diperbolehkan	Diinginkan
pH	-	6 – 9	6,5 – 8,5
Cd	mg/L	$\leq 0,01$	0,00002
Cu	mg/L	$\leq 0,06$	0,001
Pb	mg/L	$\leq 0,075$	0,00002