

**ANALISIS LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb)  
SERTA POLA KARAKTER SPEKTRA  
UV-VIS (*ULTRA VIOLET VISIBLE*) PADA POPULASI ALAMI  
FITOPLANKTON DI PERMUKAAN PERAIRAN PELABUHAN  
RAKYAT PAOTERE KOTA MAKASSAR**

**SKRIPSI**



**IKRIMAH YUNUS  
L 111 00 061**

PERPUSTAKAAN FISKA UT W. HASANUDDIN	
Tgl. Terima	3-1-2005
Pes. Duit	zak. fl.
Banyaknya	1 ex
Harga	hadiah
No. Inventaris	0702 56.
No. File	24699 (W)

**JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2004**

**ANALISIS LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb)  
SERTA POLA KARAKTER SPEKTRA UV-VIS (*ULTRA VIOLET  
VISIBLE*) PADA POPULASI ALAMI FITOPLANKTON DI  
PELABUHAN RAKYAT PAOTERE KOTA MAKASSAR**



**Skripsi Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Kelautan Pada Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan,  
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan  
Universitas Hasanuddin**

**Oleh :**

**IKRIMAH YUNUS  
L 111 00 061**

**JURUSAN ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2004**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Logam Berat Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Serta Pola Karakter Spektra UV-Vis (*Ultra Violet Visible*) Pada Populasi Alami Fitoplankton Di Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere Kota Makassar

Nama Mahasiswa : Ikrimah Yunus

Nomor Pokok : L 111 00 061

Skripsi Telah Diperiksa dan Disetujui oleh :

Pembimbing Utama

Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc  
NIP: 131 964 655

Pembimbing Anggota

Rantih Isvrini, ST, M.Env. Sc  
NIP: 132 233 786

Diketahui Oleh:



Tanggal Lulus : 10 Desember 2004

## RINGKASAN

**IKRIMAH YUNUS L 111 00 061. Analisis Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) serta Pola Karakter Spektra UV-VIS (*Ultra Violet Visible*) pada Populasi Alami Fitoplankton di Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere Kota Makassar, di bawah bimbingan Shinta Werorilangi sebagai pembimbing utama, dan Rantih Isyrini sebagai pembimbing anggota.**

---

Bahan-bahan pencemar yang dihasilkan melalui limbah industri banyak mengandung unsur-unsur logam berat yang bersumber dari bahan baku minyak bumi, campuran anti karat, campuran cat disamping sumber lainnya yaitu kecelakaan kapal, buangan cucian dari kapal, kegiatan anjungan minyak. Logam berat tersebut di antaranya adalah Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb).

Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme laut dengan tiga cara, yaitu melalui insang, difusi melalui permukaan kulit, dan sebagian besar melalui rantai makanan. Akumulasi awal oleh fitoplankton memberikan banyak kepesatan bagi pemindahannya sepanjang rantai makanan.

Klorofil yang dimiliki fitoplankton memiliki koefisien serapan maksimal pada panjang gelombang tertentu, walaupun panjang gelombang tersebut berubah-ubah tergantung kondisi klorofil itu sendiri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat Cu dan Pb pada fitoplankton, kandungan klorofil-*a*, korelasi antara logam berat Cu dan Pb dengan klorofil -*a*, serta pola karakter spektra UV-VIS (*Ultra Violet Visible*) dari populasi alami fitoplankton pada lokasi penelitian sedangkan kegunaannya adalah memberikan data mengenai kandungan logam berat Cu, dan Pb pada fitoplankton di permukaan perairan Pelabuhan Paotere, memberikan informasi mengenai kaitan antara kedua logam berat tersebut terhadap klorofil-*a* dan pada pola karakteristik spektra UV-Vis dari populasi alami fitoplankton pada lokasi penelitian adapun ruang lingkup penelitian ini mengetahui berapa besar kandungan Pb, dan Cu pada biomassa fitoplankton di permukaan perairan Pelabuhan Rakyat Paotere. Sebagai data pendukung, dalam penelitian ini dilakukan pengukuran klorofil-*a* serta beberapa paramater fisika kimia oseanografi yaitu: suhu, kecepatan dan arah arus, kecerahan, pH, salinitas dan DO (oksigen terlarut).

Berdasarkan hasil analisa data menunjukkan bahwa kisaran konsentrasi rata-rata logam Cu pada fitoplankton 0.475-0.625 ppb sedangkan logam Pb 1.858-2.625 ppb. Kisaran konsentrasi rata-rata klorofil 0.04-0.05 ppb. Hubungan antara kedua logam dengan klorofil-*a* menunjukkan korelasi yang negatif, dan pola karakter spektra UV-Vis memperlihatkan terjadinya perubahan pola serapan oleh pigmen fotosintesis dibandingkan dengan pola serapan klorofil -*a* murni.

**Kata Kunci:** *Pb, Cu, fitoplankton, klorofil-a, pola, spektra UV-Vis*

## KATA PENGANTAR



Segala puji hanya bagi Allah *Azza Wajalla*, yang berkat 'inayah-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. "Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan laut (menjadi tinta) ditambahkan padanya tujuh laut (lagi) sesudah (kering)nya, niscaya tidak akan habisnya kalimat-kalimat Allah. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana". Tak lupa pula shalawat dan salam kepada junjungan seluruh alam, Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'alaihi Wa Sallam* yang telah mengantarkan kita menuju cahaya yang terang benderang.

Dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini, terdapat berbagai kendala yang dihadapi, namun semuanya dapat dijalani dengan bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak, dan dengan rampungnya tugas ini, maka penulis menghaturkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

- ❑ Bapak **Ir. Hamzah Sunusi, M.Sc** sebagai Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanudin serta staf dan karyawan.
- ❑ Ibu **Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc** selaku Pembimbing Utama dan Ibu **Rantih Isyrini, ST, M. Env. Sc**, selaku Pembimbing Anggota, yang keduanya selalu meluangkan waktu, tenaga, pikiran dalam mengarahkan penulis. Semuanya itu telah memberi kesan yang sangat berarti pada diri penulis.

- ❑ **Bapak Muh. Lukman, ST, M.Sc dan Bapak Ir. Marzuki Ukkas, DEA** selaku Penasehat Akademik.
- ❑ **Panitia Seminar Proposal, Seminar Hasil dan Ujian Meja** atas kemudahan yang diberikan.
- ❑ **Ibu Dr. Ir. A. Niartiningih, M.S** selaku Ketua Jurusan Ilmu Kelautan dan seluruh bapak dan ibu Dosen serta para Staf Jurusan.
- ❑ **Bapak Drs. Muh. Anshar Amran, M.Si** selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan.
- ❑ **Bapak Dr. Ir. Chair Rani, Bapak Khairul Amri, ST, M. Stud. Sc dan Ibu Rastinah, ST, MT** atas saran-saran yang telah banyak membantu perbaikan tugas akhir ini.
- ❑ **Bapak Ir. Hasan Lampe** serta staf Laboratorium Kesehatan Propinsi Sulawesi Selatan, **Kak Asri dan Kak Atun** untuk analisis SSA-nya, serta **Kak Nita dan Kak Tenri** untuk diskusinya.
- ❑ **Buat sahabatku** terkasih **Ninie, Nunu dan Dhiny** makasih untuk berbagi semua suka dan duka dalam persahabatan yang manis ini.
- ❑ **Tim Lapangan Muslimin, Dicky, Aduan, Ardi, Rina, Anugriati, Agus, Mukhlis, Marjan dan Yermia,** terima kasih untuk waktu, tenaga, kerja sama dan kesabarannya.
- ❑ **Buat saudara-saudaraku Deasy, Asma, Chun, Parida, Neni, Abdurrahman, Abdul Khalik, Afif dan seluruh angkatan 2000,** yang tak dapat penulis tuliskan satu per satu, senang menjadi bagian dari kalian.

❑ Kak Nazihah FKM '98, Nurwahidah BIO '00, Nurhasma FK '00, Kak Ayu, Aulia Peter '00, Soraya FK '00, Nur, Yenni Sos '00, Ida Mogana FK'00 dan adik-adikku Hijah, Erni, Rina, Diana, Nugri, Ade, Fatma, Wiwit ada satu hal yang belum pernah ku-ungkapkan sebelumnya.....*ana uhibbukum fillah.*

❑ Teman-teman KKN Posko Kalabbirang, Kecamatan Minasate'ne, Kabupaten Pangkep, terima kasih atas kebersamaannya.

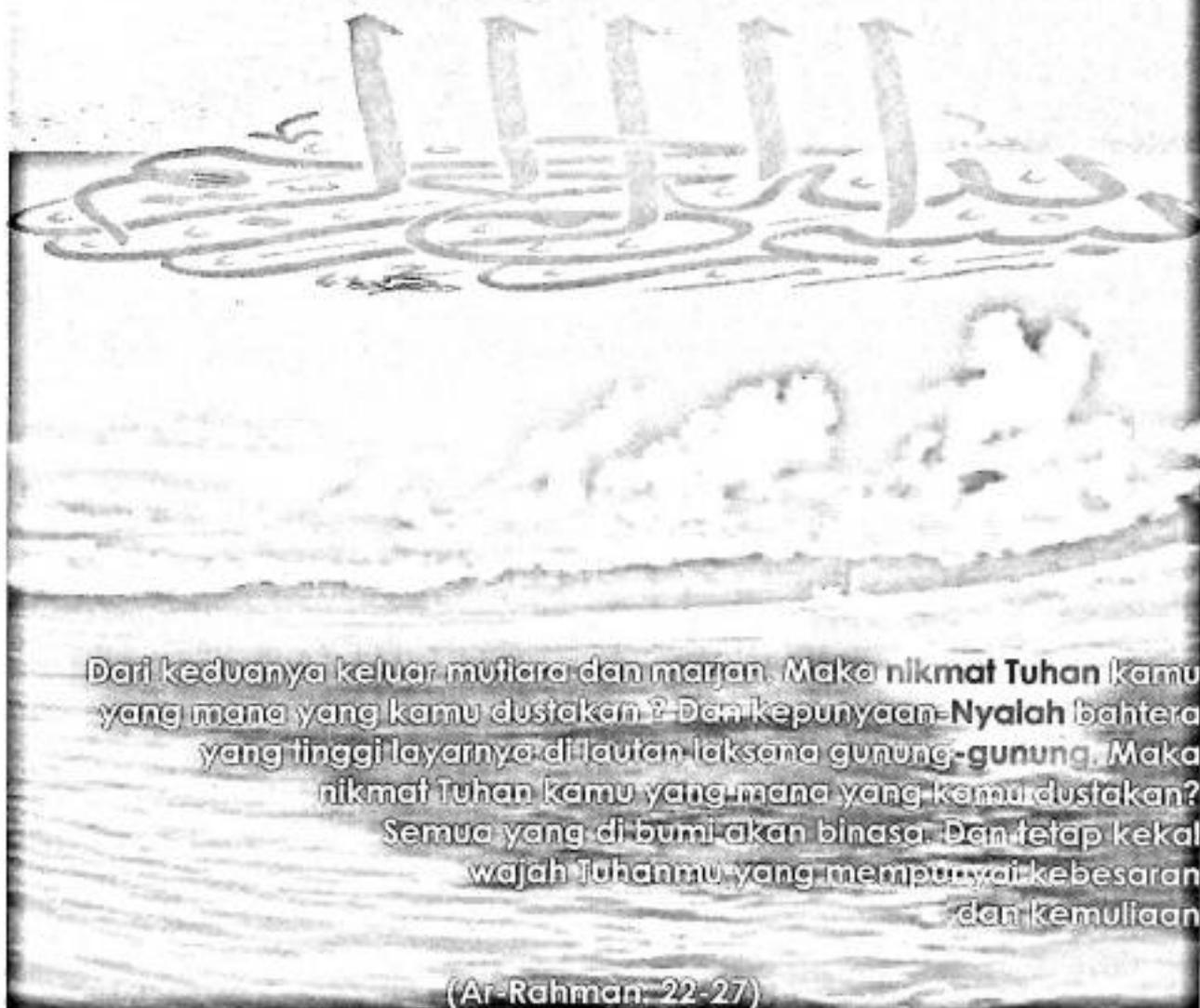
Rangkaian penulisan tugas akhir ini penulis lalui dengan izin Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* serta dukungan dari berbagai pihak, di mana di dalamnya terdapat banyak pengalaman dan pelajaran yang sangat bernilai. Tak ada gading yang tak retak, penulis menyadari sepenuhnya, bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan penulis berharap dapat memberikan manfaat bagi kita semua terutama diri pribadi penulis. Amin.

Makassar, Desember 2004

**Wassalam,**

**Ikrimah Yunus**

Dan Dialah yang membiarkan dua laut mengalir (berdampingan); yang ini  
tawar lagi segar dan yang lain asin lagi pahit.  
Dan Dia jadikan antara keduanya dinding  
dan batas yang menghalangi.  
(Al-Furqan: 53)



Dari keduanya keluar mutiara dan marjan. Maka nikmat Tuhan kamu  
yang mana yang kamu dustakan? Dan kepunyaan-Nyalah bahtera  
yang tinggi layarnya di lautan laksana gunung-gunung. Maka  
nikmat Tuhan kamu yang mana yang kamu dustakan?  
Semua yang di bumi akan binasa. Dan tetap kekal  
wajah Tuhanmu yang mempunyai kebesaran  
dan kemuliaan

(Ar-Rahman: 22-27)



*Untuk Bapak dan Ibu tercinta, terima kasih atas semua kasih sayang yang diberikan selama ini, dan adikku tersayang, yang telah mempercayaiiku dan menjadikanku tempat untuk berbagi.*

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
RINGKASAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
Latar Belakang .....	1
Tujuan dan Kegunaan .....	3
Ruang Lingkup .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
Fitoplankton .....	5
Tinjauan Umum Logam Berat .....	8
Fitoplankton dan Hubungannya dengan Logam Berat.....	13
Logam Tembaga (Cu).....	13
Logam Timbal (Pb).....	15
Klorofil.....	16
Fitoplankton dan Kaitannya dengan Pola Karakter Spektra UV-VIS (Ultra Violet- Visible).....	18
Faktor-Faktor Fisika Kimia Perairan	
Suhu .....	20
Salinitas.....	21
Derajat Keasaman (pH) .....	22
Oksigen Terlarut (DO) .....	23
Arus . . . ..	25
Kecerahan .....	25
Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	
Pengertian Spektrofotometer Serapan Atom .....	26

Prinsip Kerja Spektrofotometer Serapan Atom.....	28
Keunggulan Penggunaan Spektrofotometer Serapan Atom.....	28
Efek-efek Gangguan pada Spektrofotometer Serapan Atom.....	29
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
Waktu dan Tempat .....	31
Alat dan Bahan .....	31
Prosedur Penelitian	
Tahap Persiapan dan Observasi.....	32
Penentuan Stasiun Pengamatan .....	33
Pengambilan Contoh Air .....	34
Prosedur Analisis .....	37
Analisis Data .....	41
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	42
Kondisi Fisika dan Kimia Perairan	
Suhu.....	43
pH.....	43
Salinitas.....	44
Kecerahan.....	44
DO (Oksigen Terlarut).....	45
Arah dan Kecepatan Arus.....	45
Akumulasi Logam pada Fitoplankton	
Logam Tembaga (Cu).....	46
Logam Timbal (Pb) .....	48
Perbandingan antara Akumulasi Logam Tembaga dan Logam Timbal (Pb) .....	50
Korelasi antara Logam Berat dan Klorofil- <i>a</i>	
Logam Tembaga (Cu).....	53
Logam Timbal (Pb) .....	54
Pola Karakter Spektra UV-Vis.....	55
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
Kesimpulan.....	62
Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN .....	68
RIWAYAT HIDUP .....	88

## DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Warna dan Panjang Gelombang Spektrum Tampak.....	19
2.	Kriteria pencemaran perairan berdasarkan Oksigen Terlarut .....	24
3.	Alat-alat yang digunakan dalam Penelitian.....	31
4.	Bahan-bahan yang digunakan dalam Penelitian.....	32
5.	Hasil Pengukuran Parameter Oseanografi Fisika dan Kimia pada Lokasi Penelitian.....	43
6.	Rata-rata Kandungan Klorofil- $\alpha$ Pada Populasi Alami Fitoplankton Setiap Stasiun di Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere .....	52

## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Proses yang dialami bahan cemaran di lingkungan laut .....	10
2.	Rantai Makanan dan Akumulasi Bahan Cemaran .....	12
3.	Konsentrasi rata-rata Tembaga (Cu) pada Fitoplankton Alami di keempat Stasiun Pengambilan Sampel .....	46
4.	Konsentrasi rata-rata Timbal (Pb) pada Fitoplankton Alami di keempat Stasiun Pengambilan Sampel .....	48
5.	Konsentrasi rata-rata Logam Berat Cu dan Pb .....	50
6.	Korelasi antara Logam Berat Tembaga (Cu) dengan konsentrasi klorofil- <i>a</i> yang terkandung dalam Populasi Alami pada Lokasi Penelitian.....	53
7.	Korelasi antara Logam Berat Timbal (Pb) dengan konsentrasi klorofil- <i>a</i> yang terkandung dalam Populasi Alami pada Lokasi Penelitian.....	55
8.	Pola Karakter Spektra UV-VIS ( <i>Ultra Violet Visible</i> ) pada Klorofil- <i>a</i> murni.....	56
9.	Pola Karakter Spektra UV-VIS ( <i>Ultra Violet Visible</i> ) pada tiap stasiun.....	60

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Data Kandungan Logam Berat Cu dari Populasi Alami Fitoplankton pada Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere.....	68
2.	Data Kandungan Logam Berat Pb dari Populasi Alami Fitoplankton pada Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere.....	69
3.	Perhitungan Persamaan Garis Regresi Logam Berat Cu.....	70
4.	Kurva Larutan Baku Logam Tembaga (Cu).....	71
5.	Perhitungan Persamaan Garis Regresi Logam Berat Pb.....	72
6.	Kurva Larutan Baku Logam Timbal (Pb).....	73
7.	Kandungan Rata-rata Klorofil – a pada Populasi Alami Fitoplankton pada setiap Stasiun di Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere dan sekitarnya.....	74
8.	Kandungan Klorofil –a pada Populasi Alami Fitoplankton pada setiap Stasiun di Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere dan Sekitarnya.....	75
9.	Hasil Analisis Varians (ANOVA) untuk Logam Tembaga (Cu) dan Logam Timbal (Pb).....	76
10.	Regresi antara Klorofil –a dan Logam Tembaga (Cu).....	77
11.	Regresi antara Klorofil –a dan Logam Timbal (Pb).....	79
12.	Hasil Uji –T untuk Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb).....	81
13.	Hasil Analisis Uji-T untuk Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Stasiun I.....	82
14.	Hasil Analisis Uji-T untuk Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Stasiun II.....	83
15.	Hasil Analisis Uji-T untuk Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Stasiun III.....	84

16. Hasil Analisis Uji-T untuk Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Stasiun IV.....	85
17. Peta Lokasi Penelitian.....	86
18. Peta Arah Arus.....	87

# PENDAHULUAN

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang



Dari sekian banyak kemungkinan penyebab rusaknya ekosistem pesisir dan lautan, pencemaran merupakan faktor yang paling nyata. Salah satu bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah adalah logam berat yang beracun (Dahuri dkk.,1996).

Bahan-bahan pencemar yang dihasilkan melalui limbah industri banyak mengandung unsur-unsur logam berat yang bersumber dari bahan baku minyak bumi, campuran anti karat, campuran cat, dan lain-lain. Bahan pencemar tersebut pada akhirnya akan terbuang ke laut dan mengakibatkan semakin banyaknya bahan-bahan yang bersifat racun yang tertampung dan terakumulasi dalam jumlah yang sulit dikontrol. Faktor lain yang juga merupakan sumber pencemaran yaitu kecelakaan kapal, buangan cucian dari kapal, kegiatan anjungan minyak, buangan limbah rumah tangga, maupun yang langsung dari atmosfer membawa agen pencemar. Dari faktor-faktor tersebut akan banyak ditemukan bahan-bahan pencemar dalam perairan. Salah satu bahan pencemar yang sangat berbahaya bagi kehidupan manusia dan ekosistem laut yaitu logam berat atau metalloid seperti timbal (Pb) dan tembaga (Cu) (Dahuri dkk.,1996).

Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme laut dengan tiga cara, yaitu melalui rantai makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit. Namun sebagian besar logam berat masuk ke dalam tubuh

organisme laut melalui rantai makanan, hanya sedikit yang diambil langsung dari air. Akumulasi terjadi karena logam berat dalam tubuh organisme cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme. Dengan demikian terfiksasi dan tidak diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan (Kunarso dan Ruyitno, 1991).

Fitoplankton mengakumulasi logam pada tingkatan yang sedikit lebih tinggi dibanding kehadirannya dalam perairan sekelilingnya. Namun akumulasi awal dari laut oleh fitoplankton memberikan banyak kepesatan bagi pemindahannya sepanjang rantai makanan (Kinne, 1984).

Berbagai penelitian untuk mengamati kondisi suatu perairan dilakukan belakangan ini, salah satunya adalah mengenai pencemaran logam berat. Untuk memantau pencemaran logam berat, berbagai objek juga telah diteliti, namun kandungan logam berat pada fitoplankton sangat jarang diteliti padahal dalam rantai makanan perairan organisme ini memiliki peran yang sangat penting, yaitu sebagai produsen primer. Dengan demikian jika logam berat yang berada dalam perairan terserap oleh fitoplankton akan mengakibatkan pemasukan logam berat ke dalam tingkatan tropik yang lebih tinggi dalam rantai makanan, misalnya ikan dan jenis kerang-kerangan yang kita ketahui bersifat filter feeder (Isyrini, 1995).

Adapun fitoplankton dan kaitannya dengan karakter spektra ultra violet, Chamberline (2004) menyatakan bahwa klorofil memiliki koefisien serapan maksimal pada panjang gelombang tertentu, walaupun panjang gelombang tersebut berubah-ubah tergantung kondisi klorofil itu sendiri.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dirasakan perlu untuk diadakan penelitian dengan menggunakan obyek populasi alami fitoplankton yang terdapat di perairan Pelabuhan Rakyat Paotere mengingat lokasi ini memiliki potensi sebagai tempat terakumulasinya logam berat seperti Cu dan Pb sebagai akibat aktivitas kapal-kapal.

Untuk lebih lengkapnya data penelitian ini, maka diadakan pula penentuan klorofil-*a* dan analisis pola karakter spektra UV-Vis (*Ultra Violet Visible*) dari populasi alami fitoplankton.

#### **Tujuan dan Kegunaan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

- Kandungan logam berat Cu, dan Pb pada fitoplankton
- Kandungan klorofil -*a* pada permukaan perairan
- Korelasi antara logam berat Cu dan Pb terhadap klorofil-*a*
- Pola Karakter Spektra UV-Vis (*Ultra Violet Visible*) dari populasi alami Fitoplankton pada lokasi penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah :

- Memberikan data mengenai kandungan logam berat Cu, dan Pb pada fitoplankton di permukaan perairan Pelabuhan Rakyat Paotere.
- Memberikan informasi mengenai kaitan antara kedua logam berat tersebut terhadap klorofil-*a* dan pada pola karakteristik spektra UV-Vis (*Ultra Violet Visible*) dari populasi alami fitoplankton pada lokasi penelitian.

### **Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kandungan Pb, dan Cu pada biomassa fitoplankton di permukaan perairan Pelabuhan Rakyat Paotere. Sebagai data pendukung, dalam penelitian ini dilakukan pengukuran klorofil-a serta beberapa parameter fisika kimia oseanografi yaitu: suhu, kecepatan dan arah arus, kecerahan, pH, salinitas dan DO (oksigen terlarut).

# TINJAUAN PUSTAKA

## TINJAUAN PUSTAKA

### Fitoplankton



Plankton adalah organisme renik yang pada umumnya melayang-layang dalam air atau kemampuan renangannya sangat lemah sehingga pergerakannya sangat tergantung dari pergerakan air (Nybakken, 1992).

Berdasarkan ukuran, plankton dapat dibagi menjadi beberapa kategori (Nybakken, 1992):

1. Megaplankton :  $> 2.0$  mm
2. Makroplankton :  $0.2$  mm –  $2.0$  mm
3. Mikroplankton :  $20$   $\mu$ m –  $0.2$  mm
4. Nanoplankton :  $2$   $\mu$ m –  $20$   $\mu$ m
5. Ultraplankton :  $< 2$   $\mu$ m

Berdasarkan nutrisinya, plankton terbagi atas: Plankton tumbuhan atau fitoplankton, yang mampu mensintesis sendiri beberapa material melalui proses fotosintesis dengan menggunakan energi cahaya, dan plankton hewan atau zooplankton, yang tidak mampu mensintesis bahan organik yang dibutuhkannya tetapi harus memperolehnya dari medium eksternal yang hidup atau sebaliknya (*phagotrophy*) (Bougis, 1976).

Fitoplankton adalah tumbuh-tumbuhan air yang umumnya berukuran sangat kecil (mikroskopis) yang terdiri dari sejumlah besar klas yang berbeda. Mereka mempunyai peranan yang sama pentingnya baik di sistem pelagik maupun seperti

yang diperankan juga oleh tumbuh-tumbuhan hijau yang lebih tinggi tingkatnya di ekosistem daratan; mereka adalah produsen utama (*primary producers*) zat-zat organik. Seperti tumbuh-tumbuhan hijau yang lain, plankton membuat ikatan-ikatan organik yang kompleks dari bahan anorganik yang sederhana. Fotosintesis adalah satu proses permulaan yang penting dimana mereka dapat membuat atau mensintesis glukosa (karbohidrat) dari ikatan-ikatan anorganik karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Hutabarat dan Evans, 2000).

Pada umumnya baik fitoplankton maupun zooplankton dibatasi pada daerah di atas yang terkena cahaya matahari di laut. Fitoplankton hidup dekat permukaan laut dimana terdapat cahaya yang cukup untuk fotosintesis (diperkirakan  $< 100$  m) sedangkan zooplankton dapat hidup pada kedalaman yang lebih besar (Nybakken, 1992).

Sinar matahari sangat dibutuhkan untuk membantu proses fotosintesis, sehingga semua tumbuh-tumbuhan hijau tergantung pada proses ini. Fitoplankton dapat hidup baik di tempat-tempat yang mempunyai sinar yang cukup. Akibatnya fitoplankton hanya dijumpai pada lapisan permukaan laut saja. Selain itu, fitoplankton juga akan lebih banyak dijumpai pada tempat-tempat yang terletak di daerah *continental shelf* dan di sepanjang pantai dimana terdapat proses *upwelling*. Daerah-daerah ini biasanya merupakan suatu daerah yang kaya akan bahan-bahan organik (Hutabarat dan Evans, 2000).

Laju fotosintesis fitoplankton bersifat linier terhadap intensitas cahaya yang masuk ke perairan. Pada daerah permukaan dengan intensitas cahaya yang tinggi, maka laju fotosintesisnya juga tinggi, namun pada kedalaman tertentu laju fotosintesis cenderung turun.(Nybakken, 1992). Intensitas cahaya matahari dan nutrien yang tersedia di perairan diketahui dapat memicu perkembangan konsentrasi klorofil. Peranan cahaya terhadap kandungan klorofil per sel memberikan peningkatan jumlah algae per unit jaringan. Tingginya kepadatan alga per unit volume disebabkan oleh adanya perkembangan kandungan klorofil dalam sel (Moosa dan Suharsono,1995)

Ernanto (1994) dan Junindra (2002) menyebutkan beberapa fungsi dan peranan fitoplankton sebagai berikut :

1. Sebagai penghasil oksigen dalam air
2. Sebagai makanan alami zooplankton dan beberapa jenis ikan dan udang kecil
3. Fitoplankton yang mati akan tenggelam ke dasar perairan dan dalam keadaan anaerob akan diuraikan menjadi bahan anorganik
4. Membantu menyerap senyawa yang sangat berbahaya bagi organisme dasar seperti  $\text{NH}_3$  (*ammonia*) dan  $\text{H}_2\text{S}$  (*hidrogen sulfida*).

Di kolom perairan, kelimpahan fitoplankton selalu berubah-ubah sesuai dengan kondisi lingkungan hidupnya. Seperti halnya makhluk hidup darat, fitoplankton memerlukan kondisi lingkungan yang optimal agar tumbuh dan berkembang secara baik. Keadaan kondisi lingkungan yang merupakan faktor penentu keberadaan fitoplankton adalah suhu, salinitas, cahaya matahari, pH,

kekeruhan, dan konsentrasi unsur-unsur hara serta berbagai senyawa lainnya (Nybakken, 1992).

### **Tinjauan Umum Logam Berat**

Logam adalah unsur kimia yang memiliki daya hantar listrik dan panas yang baik (Hutagalung, 1994). Selanjutnya Clark (1992) membagi logam-logam secara biologi ke dalam 3 kelompok:

1. Logam ringan (sodium, potassium, kalsium dan lain-lain). biasanya dibawa sebagaimana gerakan kation dalam larutan air.
2. Logam transisi (besi, tembaga, kobal, mangan dan lain-lain) merupakan logam esensial pada konsentrasi rendah, tetapi bersifat racun pada konsentrasi tinggi.
3. Logam berat atau metalloïd (merkuri, timbal, timah, selenium dan arsenik) yang secara umum tidak digunakan untuk aktivitas metabolik dan bersifat terhadap sel pada konsentrasi rendah.

Logam berat adalah logam yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap  $\text{cm}^3$ , dan bobot ini beratnya 5 kali dari berat air. Sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram untuk setiap  $\text{cm}^3$ , termasuk logam ringan (Darmono, 1995). Logam berat mempunyai ciri yang tidak dapat diuraikan oleh bakteri dan tidak dapat dihilangkan tetapi relatif melalui banyak cara terhadap tumbuhan dan hewan kadang-kadang disertai efek yang merugikan. Berdasarkan kegunaannya, logam berat dibedakan ke dalam 2 golongan, yaitu golongan yang dalam konsentrasi tertentu

bermanfaat bagi kehidupan organisme perairan seperti Zn, Fe, Cu dan Co serta golongan yang sama sekali belum diketahui manfaatnya seperti Hg, Pb, dan Cd.

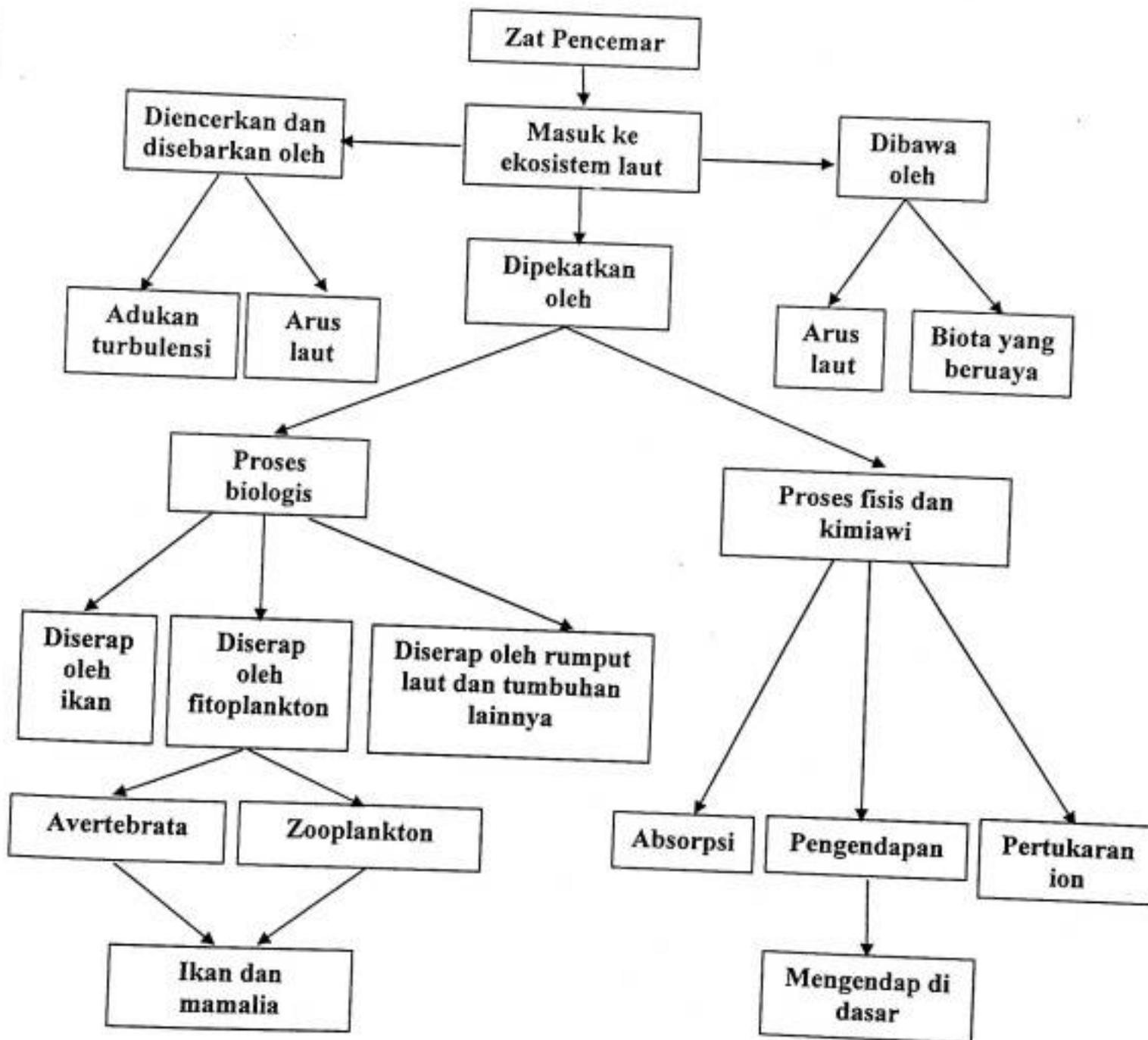
Logam berat masih masuk dalam golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang diberikan jika logam berat ini berikatan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologi tubuh (Palar, 1994). Selanjutnya Supriharyono (1989) mengatakan bahwa di alam, logam berat merupakan komponen yang stabil, namun dalam jumlah yang berlebihan (dari normal) akan beracun bagi kehidupan organisme perairan, sehingga logam berat dimasukkan ke dalam kelompok bahan pencemar. Selanjutnya Tamrin (1996) menyatakan bahwa daya racun suatu bahan seperti logam berat dipengaruhi oleh:

1. Bentuk kimiawi dari logam berat tersebut
2. Adanya logam berat, mineral dan lainnya
3. Faktor lingkungan seperti suhu, salinitas, kandungan oksigen terlarut dan lainnya.
4. Kondisi dari organisme, termasuk tingkat daur hidupnya, sejarahnya, ukuran, aklimatisasi dan lainnya.

Masalah-masalah lingkungan hidup seperti pencemaran tidak bisa dipisahkan dari masalah-masalah toksikologi. Dalam dasawarsa terakhir ini toksisitas dari logam berat menjadi masalah yang menghebohkan dunia internasional. Banyak kasus keracunan yang ditimbulkan oleh logam berat terjadi di seluruh belahan dunia.



Banyak ahli kemudian melakukan penelitian terhadap sumber-sumber dari peristiwa keracunan tersebut Palar (1994). Adapun sumber-sumber dan proses masuknya bahan pencemar tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Proses masuknya Bahan Pencemar ke dalam Lingkungan Laut (Palar, 1994).

Keberadaan logam berat dalam perairan laut dapat berasal dari sumber-sumber alamiah dan dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Sumber-sumber logam berat alamiah yang masuk ke dalam laut bisa berupa pengikisan batuan mineral yang banyak disekitar perairan juga dari partikel-partikel logam diudara karena hujan. Sedangkan logam yang berasal dari aktivitas manusia dapat berupa buangan dari sisa industri dan rumah tangga (Palar,1994).

Dalam air laut, kadar logam berat berkisar antara  $10^{-5}$  –  $10^{-2}$  ppm. Kadar tersebut akan meningkat bila limbah perkotaan, pertambangan, pertanian dan perindustrian yang mengandung logam berat masuk ke lingkungan laut. Unsur-unsur logam berat terutama yang bersifat *essensial* dibutuhkan oleh biota perairan untuk pertumbuhan dan pengembangan hidupnya, tetapi bila jumlahnya berlebihan maka akan bersifat racun (Philips,1980).

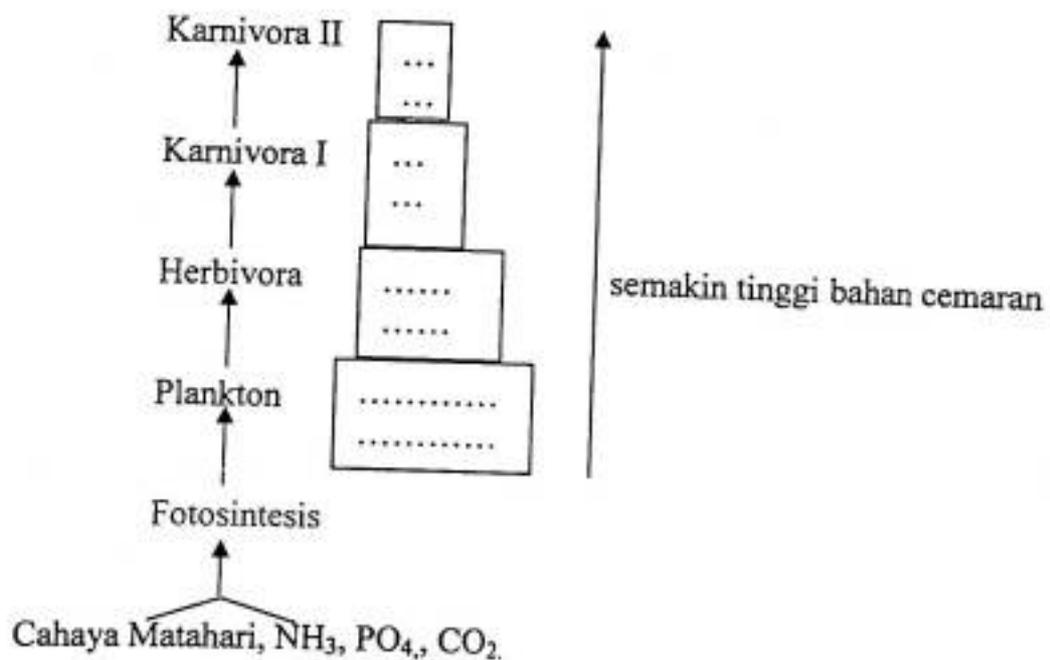
Daya racun logam berat dalam air laut tergantung jenis, kadar, efek sinergis, antagonis dan bentuk fisika kimianya (struktur kimia), sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi logam berat dalam air laut adalah pH, suhu dan salinitas. Penurunan pH menyebabkan daya racun logam berat bertambah besar dan suhu perairan mempengaruhi daya akumulasi logam berat (Hutagalung, 1994).

Sifat racun logam berat berbeda-beda tergantung dari anion-kation yang terdapat bersamanya, proses ini dikenal sebagai faktor sinergistik. Dalam perairan, logam berat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik, sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel

yang membentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Razak, 1980)

Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme laut dengan tiga cara, yaitu melalui rantai makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit. Sedangkan pengeluaran logam berat dari tubuh organisme laut melalui dua cara yaitu ekskresi melalui permukaan tubuh dan insang, serta melalui feses dan urin. Sebagian besar logam berat masuk ke dalam tubuh organisme laut melalui rantai makanan, hanya sedikit yang diambil langsung dari air. Akumulasi terjadi karena logam berat dalam tubuh organisme cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme. Dengan demikian terfiksasi dan tidak diekskresikan oleh organisme yang bersangkutan (Kunarso dan Ruyitno, 1991).

Selanjutnya akumulasi bahan cemaran dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2. Rantai Makanan dan Akumulasi Bahan Cemaran. (Hutagalung, 1994).

Efek sinergis dan antagonis serta bentuk fisika kimia logam berat umumnya mempengaruhi daya racun (toksisitas logam berat). Misalnya, suatu logam yang bergabung dengan senyawa lain dapat meningkatkan toksisitas atau sebaliknya menurunkan toksisitas suatu logam atau senyawa (Kunarso dan Ruyitno, 1991).

### **Fitoplankton dan Hubungannya dengan Logam Berat**

Kutsal dan Sag (1987) menjelaskan bahwa organisme renik (fitoplankton) dapat mengikat logam dari air pada permukaannya dengan dua cara yaitu: (1) ion logam diadsorpsi melalui reaksi pengikatan ion pada permukaan sel (*ionic adsorption*); dan (2) protein di dalam dinding sel dapat menjadi tempat lain untuk mengikat ion logam karena logam berat mempunyai afinitas yang kuat dengan protein. Selanjutnya dijelaskan oleh Oswald (1992) bahwa fitoplankton mempunyai afinitas yang kuat untuk mengikat logam berat yang umumnya bermuatan positif, karena fitoplankton memiliki muatan negatif yang besar pada permukaan selnya.

Fitoplankton mengakumulasi logam pada tingkatan yang sedikit lebih tinggi. Namun, akumulasi awal dari laut oleh fitoplankton memberikan banyak kepesatan bagi pemindahannya sepanjang rantai makanan (Kinne, 1984). Pada fitoplankton, khususnya pada *Cyanobacteria* logam berat terakumulasi dalam penyimpanan intraseluler yang dinamakan polifosfat yang juga berfungsi sebagai pelindung organisme ini dari efek racun (Perez, 2003).

## Logam Tembaga (Cu)

Menurut Palar (1994), tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546. Selanjutnya Darmono (1995) menyatakan bahwa densitas tembaga ialah 8,90 dan titik cairnya 1084°C.

Dalam bidang industri, logam tembaga banyak digunakan, sebagai contoh industri cat sebagai antifouling, industri insektisida, fungisida dan lain-lain. Di samping itu dalam proses produksinya, dipakai dalam industri galangan kapal karena digunakan sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, buangan rumah tangga dan lain sebagainya (Palar, 1994)

Tembaga (Cu) adalah logam yang paling beracun terhadap organisme laut selain merkuri dan perak (Clark, 1992). Di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral (Palar, 1994). Dalam badan perairan laut, tembaga dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan seperti  $\text{CuCO}_3^-$  dan  $\text{CuOH}^-$  dan lain sebagainya. Adapun logam berat dari aktivitas manusia berupa buangan sisa dari industri ataupun buangan rumah tangga. Sebagai contoh adalah Cu, logam ini secara alamiah dapat masuk ke badan perairan melalui pengompleksan partikel logam di udara karena hujan dan peristiwa erosi yang terjadi pada batuan mineral yang ada di sekitar perairan (Palar, 1994).

Aktivitas manusia seperti buangan industri, pertambangan Cu, industri galangan kapal dan bermacam-macam aktivitas pelabuhan lainnya merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan-badan perairan (Palar, 1994).

### Logam Timbal (Pb)

Logam ini sangat populer dan banyak dikenal oleh orang awam. Hal tersebut disebabkan banyaknya timah hitam yang digunakan di pabrik dan paling banyak menimbulkan keracunan pada makhluk hidup (Darmono, 1995).

Timbal adalah jenis logam yang lunak dan berwarna coklat kehitaman, serta mudah dimurnikan. Dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum*, dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk ke dalam logam golongan IVA pada tabel periodik unsur kimia (Darmono, 1995), selanjutnya mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2 (Palar, 1994).

Menurut Darmono (1995), penggunaan timbal dalam jumlah yang paling besar adalah bahan produksi baterai pada kendaraan bermotor, sedangkan menurut Palar (1994), timbal digunakan dalam industri kimia yang berbentuk *tetraethyl Pb*, yang bisanya dicampur dengan bahan bakar minyak untuk melindungi mesin supaya awet. Persenyawaan Pb dengan Cr (*Chromium*) digunakan secara luas dalam industri cat (Palar, 1994).

Timbal masuk ke dalam perairan melalui pengendapan, jatuhnya debu yang mengandung Pb yaitu dari hasil pembakaran bensin yang mengandung timbal *tetraethyl*, erosi dan limbah industri (Saeni, 1989).

Pembakaran bahan bakar minyak oleh kapal-kapal merupakan sumbangan terbesar polusi timbal di perairan. Logam berat timbal yang terkandung dalam bahan bakar sebagai anti pemecah minyak (seperti Pb *tertraethyl* dan *tetramethyl*) ini kemudian dilepaskan ke atmosfer melalui alat pembuangan asap dan bagian ini kemudian terlarut dalam laut disamping itu, timbal (Pb) di laut tidak terlalu beracun dibandingkan dengan jenis logam lainnya pada konsentrasi rendah (< 1000 ppb) (Clark, 1992).

### Klorofil

Klorofil berasal dari bahasa Yunani : *chloros* (hijau kekuningan) dan *phullo* (daun) sehingga bisa dikatakan klorofil (*chlorophyll*) adalah zat pembawa warna hijau pada tumbuh-tumbuhan (Riyono, 1997). Klorofil secara umum adalah ukuran dari suatu pigmen hijau pada tumbuhan baik yang aktif maupun tidak yang digunakan untuk berfotosintesis. Sedangkan klorofil *-a* adalah pigmen yang masih aktif baik dalam melakukan respirasi maupun fotosintesis pada saat pengambilan sampel (Anonimous, 2004).



Dari reaksi di atas nampak jelas bahwa adanya CO<sub>2</sub>, air dan cahaya dimanfaatkan klorofil *-a* untuk membentuk glukosa dan O<sub>2</sub> (Greenberg, 1992).



Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya sintesis klorofil adalah air, cahaya,  $O_2$ , karbohidrat, nitrogen, magnesium, besi, dan unsur-unsur lainnya (Mn, Cu dan Zn), jika salah satu unsur tersebut tidak ada maka akan mencegah terjadinya sintesis klorofil (Nontji, 1993). Selanjutnya ditambahkan oleh Anonymous (2003), bahwa ada tiga faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil, antara lain ; a) Gen : Bila gen untuk klorofil tidak ada maka tanaman tidak akan memiliki klorofil; b) Cahaya : beberapa tumbuhan dalam pembentukan klorofil memerlukan cahaya, tanaman lain tidak memerlukan cahaya; c) Air : bila kekurangan air akan terjadi disintegrasi klorofil.

Klorofil terbagi menjadi 3 jenis yaitu klorofil-*a*, klorofil-*b*, dan klorofil-*c*. Klorofil-*a* lebih dari 1 – 2 % berat kering bahan organik dari alga plankton dan merupakan pigmen klorofil yang paling dominan jumlahnya dibanding klorofil-*b* dan klorofil-*c* (Greenberg, 1992).

Klorofil sangat berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan. Fotosintesis hanya berlangsung pada tumbuhan yang memiliki pigmen fotosintesis. fotosintesis ini berlangsung di kloroplas, yaitu sebuah bagian khusus di dalam sitoplasma yang berisi klorofil. Reaksi-reaksi penting untuk pembentukan kanji atau gula, atau makanan cadangan lainnya berlangsung di dalam kloroplas ini. Struktur kloroplas terdiri atas membran ganda yang melingkupi ruangan yang berisi cairan yang disebut stroma. Membran tersebut membentuk suatu sistem membran tilakoid yang berwujud sebagai suatu bangunan yang disebut kantung tilakoid. Kantung-kantung tilakoid tersebut dapat berlapis-lapis dan membentuk apa yang disebut grana. Klorofil terdapat pada

membran tilakoid dan pengubahan energi cahaya menjadi energi kimia berlangsung dalam tilakoid, sedang pembentukan glukosa sebagai produk akhir fotosintesis berlangsung di stroma (Greenberg, 1992).

Intensitas cahaya matahari dan nutrien yang tersedia di perairan diketahui dapat memicu perkembangan konsentrasi klorofil. Peranan cahaya terhadap kandungan klorofil per sel memberikan peningkatan jumlah alga per unit jaringan. Tingginya kepadatan alga per unit volume disebabkan oleh adanya perkembangan kandungan klorofil dalam sel (Moosa dan Suharsono, 1995 ).

Sebaran klorofil di perairan berkaitan erat dengan parameter oseanografi. Pengaruh parameter oseanografi terhadap sebaran klorofil-*a* berbeda berdasarkan kedalaman perairan, hal ini sangat berhubungan dengan sejauh mana penetrasi cahaya masuk ke dalam kolom perairan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor lain misalnya kekeruhan dan lain lain (Hatta, 2002).

### **Fitoplankton dan Kaitannya dengan Karakter Spektra Ultra Violet Visibel**

Klorofil yang dimiliki oleh fitoplankton dan tumbuhan hijau lainnya sebagai molekul paling penting di muka bumi ini memiliki spektrum absorpsi tertentu (Chamberlin, 2004).

Perubahan warna cahaya disebut juga perubahan penyebaran spektra. Spektra berarti warna dan penyebaran berarti bagaimana sesuatu disebarkan

secara bersamaan. Jadi penyebaran spektra adalah bagaimana intensitas cahaya merubah setiap warna (Chamberlin, 2004).

Koefisien serapan secara sederhana menggambarkan serapan pada panjang gelombang utama. Sifat serapan spektra pada perairan laut dapat digambarkan oleh gabungan koefisien serapan dari 5 komponen, yaitu; 1) air, 2) partikel melayang, 3) fitoplankton, 4) detritus, 5) zat terlarut, masing-masing komponen di atas memiliki serapan spektra yang berbeda jelas (Chamberlin, 2004).

Spektrum tampak dalam panjang gelombang adalah 400 – 700 nm, dan umumnya terbagi ke dalam tujuh warna, yaitu; merah, oranye, kuning, hijau, biru, nila dan ungu, dengan masing masing panjang gelombang sebagai berikut:

**Tabel 1. Warna dan Panjang Gelombang Spektrum Tampak**

Warna	Panjang Gelombang (nm)
Merah	700 – 650
Oranye	650 – 590
Kuning	590 – 560
Hijau	560 – 500
Biru	500 – 450
Nila	450 – 430
Ungu	430 – 400

Hanya pada panjang gelombang tertentu dalam penandaan spektra, yang digunakan oleh tumbuhan untuk berfotosintesis. Jarak panjang gelombang di atas

disebut juga Radiasi Aktif Fotosintesis (RAF) dan umumnya disamakan dengan warna merah, hijau dan biru. Pigmen fotosintesis yang berbeda, menyerap panjang gelombang cahaya yang berbeda. Misalnya, pigmen merah menyerap cahaya biru dan memantulkan cahaya merah itu sendiri (Shaw, 2001).

Dalam penandaan spektra, klorofil menyerap maksimal di daerah biru dan merah, dan minimal pada daerah kuning dan hijau. Klorofil sebagai molekul yang paling penting di bumi ini memiliki koefisien serapan maksimal pada panjang gelombang 430 nm dan 670 nm (walaupun panjang gelombang ini akan berubah-ubah tergantung kondisi klorofil itu sendiri, apakah masih aktif atau terlarut pada beberapa zat kimia seperti eter, alkohol dan aseton) (Chamberlin, 2004).

Salah satu penyebab bergesernya absorpsi puncak klorofil dan tidak terdapatnya dua puncak absorpsi yaitu terdapatnya aktivitas ion logam yang tinggi sehingga fotosintesis dan respirasi berhenti dan pigmen-pigmen karotenoid hancur. Dengan demikian absorpsi puncak klorofil dalam daerah biru bergeser dan amplitudonya menurun. Hal ini memberi kesan bahwa magnesium dari molekul klorofil digantikan oleh logam toksik (Morris, 1980).

Klorofil juga terkandung dalam tumbuhan dan alga, karena itulah umumnya tumbuhan berwarna hijau. Sebagai tambahan untuk klorofil, terdapat banyak pigmen fotosintesis yang juga menyerap cahaya, sehingga pola serapan spektra berubah. Beberapa puncak amplitudo yang rendah disebabkan oleh beberapa pigmen yang berbeda. Pigmen ini terbagi 2, yaitu; pigmen fotoprotektif dan pigmen aksesori. Pigmen fotoprotektif ini berfungsi seperti kaca mata hitam yang melindungi



sel fitoplankton dari cahaya yang berlebih, sedangkan pigmen aksesori memiliki kemampuan yang lebih besar dari pada klorofil untuk menangkap panjang gelombang dari cahaya yang diserap, sehingga sangat membantu dalam proses fotosintesis (Chamberlin, 2004).

### Faktor-faktor Fisika Kimia Perairan

- **Suhu**

Suhu air merupakan faktor yang banyak berpengaruh terhadap lingkungan laut. Suhu air di permukaan perairan nusantara kita umumnya berkisar antara 28-31<sup>0</sup> C. Suhu air di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi daripada lepas pantai . Di perairan yang dangkal bisa dijumpai suhu yang lebih panas di siang hari kadang-kadang bisa mencapai lebih dari 35<sup>0</sup>C (Nybakken, 1996).

Suhu air laut terutama di pengaruhi oleh sinar matahari , pengaruh ini terutama sampai dengan kedalaman sekitar 100 meter kemudian menurun sampai 200 meter. Karena pengaruh tekanan arus air dan sebagainya, maka timbul lapisan-lapisan air yang suhunya berbeda-beda sehingga suhu gradiennya tidak tetap, bisa positif bisa negatif. Selain itu karena panas matahari selama 24 jam tiap saat berubah bergantung pada musim dan pergantian siang malam (Connel dan Gregory, 1995).

Sumber panas utama suhu air laut adalah sinar matahari . Daerah yang paling banyak menerima sinar matahari adalah daerah yang terletak pada garis khatulistiwa. Suhu laut mempengaruhi tingkat toksisitas logam berat pada organisme. Semakin tinggi suhu, maka semakin tinggi toksisitas logam berat (Mance, 1990).

Suhu dapat mempengaruhi fotosintesis di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung yakni suhu berperan untuk mengontrol reaksi kimia enzimatik dalam proses fotosintesis. Secara umum laju fotosintesis fitoplankton meningkat dengan meningkatnya suhu perairan, akan tetapi akan menurun secara drastis setelah mencapai suatu titik suhu tertentu. Selanjutnya dikatakan bahwa jika suhu perairan meningkat maka daya larut oksigen berkurang dan sebaliknya kandungan karbondioksida dalam perairan akan bertambah. Variasi suhu di perairan tropis berdasarkan kedalaman yakni sekitar 20 – 30 °C (Nybakken, 1992).

- **Salinitas**

Nybakken (1992) mendefinisikan salinitas sebagai garam-garam terlarut dalam satu kilogram air laut dan dinyatakan dalam satuan permil. Nontji (1993) menambahkan bahwa dalam air laut terlarut berbagai macam garam terutama natrium klorida, dan selain itu terdapat magnesium, kalium dan sebagainya. Salinitas merupakan salah satu parameter perairan yang berpengaruh pada fitoplankton. Salinitas air laut juga merupakan salah satu parameter oseanografi yang berhubungan dengan penyebaran logam berat di permukaan laut dan kecilnya salinitas akan menyebabkan akumulasi logam berat besar (Hutagalung, 1994).

- **Derajat Keasaman (pH)**

pH adalah logaritma negatif dari konsentrasi ion-ion hydrogen yang terlepas dalam suatu cairan dan merupakan indikator baik buruknya suatu perairan

(Sastrawijaya, 1991). pH di suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain aktivitas fotosintesa, suhu, dan salinitas.

Di lingkungan laut, pH relatif lebih stabil dan biasanya berada dalam kisaran antara 7,5 dan 8,4 (Nybakken, 1988). Namun pada umumnya air laut bersifat alkalis (pH berkisar 8,2) kecuali dekat pantai (Dojlilo dan Best, 1993).

Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam. Perubahan tingkat stabil dari kelarutan tersebut biasanya terlihat dalam bentuk pergeseran persenyawaan. Umumnya pada pH yang semakin tinggi, maka kestabilan akan bergeser dari karbonat ke hidroksida. Hidroksida ini mudah sekali membentuk ikatan permukaan dengan partikel-partikel yang terdapat pada badan perairan, lama-kelamaan persenyawaan yang terjadi antara hidroksida dengan partikel-partikel yang ada di badan perairan akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 1994). Selanjutnya dikemukakan oleh Hutagalung (1994) bahwa penurunan pH menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar.

- **DO (Oksigen Terlarut)**

Oksigen terlarut merupakan kebutuhan yang vital bagi kelangsungan hidup organisme suatu perairan. oksigen terlarut digunakan oleh organisme perairan untuk pertumbuhan, reproduksi dan kesuburan. Menurunnya kadar oksigen terlarut dapat mengurangi efisiensi pengambilan oksigen oleh biota laut, sehingga dapat

menurunkan kemampuan untuk hidup normal dalam lingkungan hidupnya. Hutabarat dan Evans (2000).

Air dikategorikan sebagai air terpolusi jika konsentrasi oksigen terlarut menurun di bawah batas yang dibutuhkan untuk kehidupan biota. Penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan adalah adanya bakteri aerob dari bahan-bahan buangan yang mengonsumsi oksigen (Fardiaz, 1992).

Fitoplankton membantu meningkatkan kadar oksigen terlarut pada lapisan permukaan pada siang hari. Penambahan ini disebabkan oleh terlepasnya gas oksigen sebagai hasil fotosintesis. Sumber utama oksigen dalam air laut adalah dari udara melalui proses difusi dan hasil proses fotosintesis fitoplankton pada siang hari. Faktor-faktor yang menurunkan kadar oksigen dalam air laut adalah kenaikan suhu, respirasi (khususnya malam hari), adanya lapisan minyak di atas permukaan laut dan masuknya limbah organik yang mudah terurai ke lingkungan laut (Hutagalung, 1994). Kandungan oksigen terlarut berbanding terbalik dengan konsentrasi logam, berat yang berada di perairan.

**Tabel 2. Kriteria Pencemaran Perairan berdasarkan Kandungan Oksigen Terlarut**

No.	Kandungan Oksigen Terlarut (ppm)	Kriteria Kualitas Air
1.	8 - 9	Baik
2.	6,7 - 7,9	Agak Tercemar
3.	4,5 - 6,6	Tercemar Sedang
4.	< 4.5	Tercemar Berat

Sumber: Dojlido dan Best (1993)

- **Arus**

Arus merupakan gerakan mengalir massa air yang disebabkan oleh tiupan angin, perbedaan densitas air laut atau juga disebabkan oleh gerakan yang berperiode panjang. Yang terakhir ini adalah arus yang disebabkan oleh gerakan periodik pasang surut (Nontji, 1993).

Arus sangat berpengaruh terhadap penyebaran organisme terutama organisme planktonik. Selain arus horizontal, di lautan juga terdapat arus vertikal yang memindahkan air dari permukaan ke dasar laut dan sebaliknya. Hal ini dimungkinkan karena adanya perbedaan densitas lapisan-lapisan air. Bila suhu lapisan air permukaan lebih rendah dari suhu lapisan air di bawahnya akan mengakibatkan lapisan air permukaan yang densitasnya lebih tinggi tenggelam dan lapisan air yang lebih rendah akan terangkat naik ke permukaan. Hal ini mampu mengangkat nutrisi yang terendap pada kedalaman tertentu di dasar perairan ke permukaan sehingga mampu dimanfaatkan oleh organisme permukaan terutama fitoplankton (Koesobiono, 1981).

- **Kecerahan**

Tinggi rendahnya kecerahan perairan sangat dipengaruhi oleh besarnya arus dan cahaya matahari yang menembus ke dalam lapisan perairan. Penurunan tingkat kecerahan suatu perairan karena adanya benda-benda tersuspensi selain adanya senyawa-senyawa lain seperti plankton dan beberapa unsur logam yang mungkin berasal dari bahan buangan industri, sehingga penetrasi cahaya ke dalam lapisan yang

lebih dalam relatif berkurang (Wardoyo, 1975). Selain itu, padatan tersuspensi juga mempengaruhi kekeruhan dan kecerahan air, oleh karena itu mempengaruhi proses fotosintesis (Sastrawijaya, 1991).

### **Spektrofotometer Serapan Atom**

#### **▪ Pengertian Spektrofotometer Serapan Atom**

Spektrofotometer Serapan Atom adalah suatu metode spektroskopi yang memanfaatkan fenomena serapan sebagai dasar pengukuran, dimana terjadi penyerapan energi oleh atom-atom netral dalam keadaan gas. Daerah spektrum yang termasuk dalam metode ini adalah sinar tampak dan sinar UV. Prosedur analisisnya relatif sederhana dan analisis suatu logam tertentu dapat dilakukan dalam campuran dengan unsur yang lain.

Spektrofotometer Serapan Atom dalam kimia analitik didefinisikan sebagai suatu metode untuk penentuan konsentrasi dari suatu unsur dalam suatu cuplikan dengan cara mengukur absorpsi radiasi uap atom yang dihasilkan dari cuplikan pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik dari setiap unsur (Noor, 1997).

Komponen utama Spektrofotometer Serapan Atom :

#### **- Sumber cahaya**

Sumber cahaya berfungsi mengemisi spektrum garis sempit karakteristik unsur yang dianalisis berasal dari lampu katoda berongga yang mengandung anoda dan katoda yang cekung dan silindris dalam suatu atmosfer gas inert murni



pada tekanan rendah. Lampu katoda berongga akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan.

- Medium Absorpsi atau Reservoir atom

Medium absorpsi atau reservoir atom merupakan tempat cuplikan yang dianalisis dan terbentuk oleh disosiasi termal molekuler yang umumnya menggunakan nyala dimana larutan sampel disemprotkan dengan kecepatan tetap. Pada nyala terjadi beberapa tahap seperti pengabutan (nebulisasi), penguapan pelarut (desolvasi), penguapan zat-zat (volatilisasi) dan atomisasi.

- Monokromator

Monokromator berfungsi untuk mendispersikan spektra cahaya menjadi komponen-komponen panjang gelombang yang dilengkapi oleh celah masuk yang lebarnya bervariasi untuk memilih dan mengisolasi panjang gelombang yang spesifik untuk setiap unsur.

- Detektor

Detektor merupakan tabung pengganda foton (*photomultiplier tube*) yang berfungsi mengubah energi foton menjadi sinyal listrik.

- *Amplifier*

*Amplifier* berfungsi untuk memperkuat arus yang timbul pada detektor.

- Sistem pembacaan

Sistem pembacaan dapat berupa galvanometer sederhana, voltmeter digital, potensiometer perekam pena tinta atau komputer.

#### ▪ **Prinsip Kerja Spektrofotometer Serapan Atom**

Prinsip metode SSA adalah absorpsi cahaya oleh atom-atom netral dalam keadaan gas. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu yang bergantung pada sifat unsurnya. Penyerapan sinar ini sebanding dengan konsentrasi atom dalam nyala. Larutan sampel diaspirasi ke dalam nyala. Dalam nyala unsur itu akan diubah menjadi uap atom, tetapi masih dalam keadaan dasar (ground state). Kedalam uap atom pada keadaan dasar ini dilewatkan sinar yang berasal dari lampu katoda berongga dengan panjang gelombang tertentu untuk setiap unsur logam yang dianalisis. Sinar tersebut akan diserap oleh unsur yang bersangkutan dalam jumlah tertentu yang sebanding dengan konsentrasi unsur itu dalam uap atom. Sinar yang tidak terserap akan diteruskan ke monokromator dan diteruskan ke detektor (Noor, 1997).

#### ▪ **Keunggulan Penggunaan Spektrofotometer Serapan Atom**

Teknik SSA menjadi alat yang canggih dalam analisis beberapa logam ini disebabkan antara lain :

1. Memiliki kepekaan yang tinggi karena dapat mengukur kadar logam hingga konsentrasi yang sangat kecil.
2. Memiliki selektivitas yang tinggi karena dapat menentukan beberapa unsur sekaligus dalam suatu larutan tanpa perlu pemisahan.
3. Pengerjaan dan pemeliharaan alat SSA tidak memerlukan keterampilan yang tinggi.

4. SSA dapat digunakan sampai 61 logam (Noor, 1997)

Selain keunggulan alat SSA diatas terdapat pula kelemahan antara lain :

1. Beberapa unsur tidak mudah menghasilkan uap atom dalam keadaan dasar ketika mencapai nyala, seperti tidak terdisosiasinya oksida-oksida atau senyawa stabil lainnya seperti Al, Si dan Ti.
  2. Oleh karena beberapa nyala lebih tepat untuk beberapa unsur tertentu, maka maka bertambahnya analit yang akan ditentukan memerlukan tidak hanya suatu penukaran sumber sinar dan setting (Noor, 1997).
- **Efek-efek Gangguan pada Spektrofotometer Serapan Atom**

Gangguan spektral pada fotometri nyala praktis tidak terdapat pada SSA, hal ini disebabkan karena spektrum serapan tiap-tiap unsur adalah khas untuk unsur tersebut. Dengan menggunakan monokromator yang baik, maka biasanya ditemukan puncak- puncak serapan suatu unsur yang tidak diganggu oleh unsur-unsur lain disebabkan oleh terjadinya interaksi yang saling bersaing dalam menentukan jumlah banyaknya atom-atom nyala. Gangguan-gangguan ini disebabkan oleh efek matriks, gangguan kimia dari gangguan oleh serapan bukan atom.

#### 1. Efek Matriks.

Efek matriks menyebabkan mengendapnya unsur yang dianalisa sehingga jumlah atom yang mencapai nyala lebih sedikit daripada konsentrasi unsur yang bersangkutan dalam cuplikan.

## 2. Gangguan Kimia

Ada dua jenis gangguan kimia yang dapat menyebabkan berkurangnya absorbans, yaitu :

### a. Ionisasi

Bila suatu unsur energi ionisasinya rendah seperti logam alkali maka kemungkinan yang terjadi bahwa pada temperatur nyala yang tinggi sebagian dari logam tersebut tidak hanya mengalami atomisasi tetapi bisa terionisasi.

### b. Reaksi dengan ion

Cuplikan juga mengandung anion disamping kation yang akan ditentukan. Anion ini dapat mengganggu, karena dapat bereaksi dengan kation tersebut dalam nyala membentuk senyawa yang stabil (Hadisuwoyo, 1990).

# METODELOGI PENELITIAN

## METODELOGI PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – November yang meliputi studi literatur, pengambilan sampel, analisa data, pembahasan, dan penyusunan akhir. Adapun pengambilan sampel dilakukan di perairan Pelabuhan Rakyat Paotere dan dianalisis di Laboratorium Ekotoksikologi Laut FIKP UH, Laboratorium Kesehatan, Departemen Kesehatan Propinsi Makassar dan Balai Tanah, Maros.

### Alat dan Bahan

Tabel 3. Alat-alat yang digunakan dalam dalam penelitian ini adalah:

No	Alat	Kegunaan
1.	Perahu	Alat transpor
2.	Ember plastik	Mengambil sampel
3.	GPS	Menentukan posisi
4.	Thermometer	Mengukur suhu
5.	Kertas pH universal	Mengukur pH larutan
6.	pH meter	Mengukur pH air laut
7.	Layang-layang arus	Mengukur arus
8.	Kompas	Mengukur arah arus
9.	Hand Refraktometer	Mengukur salinitas
10.	Erlenmeyer	Tempat sampel
11.	Pipet tetes	Meneteskan pereaksi
12.	Botol oksigen	Tempat sample DO
13.	Stop Watch	Mengukur kecepatan arus
14.	SSA Shimadzu Model AA.640-13	Mengukur logam berat
15.	Lampu katoda berongga	Untuk logam Pb dan Cu
16.	SUV-Vis Recording Shimadzu 1601	Penentuan klorofil -a
17.	Sentrifuge	Tempat penyimpanan filter membran untuk analisis klorofil
18.	Corong	Alat pembantu penyaringan sampel
19.	Pompa vakum	Tempat menyaring sampel
20.	Filter membran	Penyaring sampel

21.	Alumunium foil	Tempat hasil saringan
22.	Statif dan klem	Menitrasi pereaksi
23.	Makro buret	Menitrasi
24.	Cool box	Tempat sampel
25.	Secchi disk	Mengukur kecerahan
26.	Plankton Net No. 25	Mengambil sampel fitoplankton
27.	Gelas piala	Tempat pereaksi
28.	Gelas ukur	Tempat pereaksi
29.	Labu kjedahl	Tempat sampel destruksi basah
30.	Desikator	Tempat penyimpanan sampel klorofil -a

**Tabel 4. Bahan-bahan yang digunakan adalah:**

No	Bahan	Kegunaan
1.	Biomassa fitoplankton	Sampel
2.	Aquades	Membilas tempat pereaksi
3.	HNO <sub>3</sub> (Asam nitrat)	Mengawetkan sampel logam berat
4.	MgCO <sub>3</sub>	Mengawetkan sampel klorofil -a
5.	Aseton	Analisis Klorofil -a
6.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Asam sulfat)	Analisis DO
7.	NaOH + KI (Alkaliyodida)	Analisis DO
8.	Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S <sub>7</sub> (Natriumtiosulfat)	Analisis DO
9.	MnCl <sub>2</sub> (manganoklorida)	Analisis DO
10.	Indikator amylum	Analisis DO

### Prosedur Penelitian

#### 1. Tahap Persiapan dan Observasi

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian yaitu studi literatur. Studi literatur ini dilakukan untuk mempertajam fokus dari penelitian untuk penguatan kerangka teoritis, perumusan masalah, serta penyusunan metodologi penelitian.



Tahap selanjutnya yaitu observasi. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan yang sesungguhnya, mengidentifikasi permasalahan sebagai hipotesa awal dalam perencanaan penelitian. Pada tahap observasi ini juga berfungsi untuk mengetahui posisi dari stasiun-stasiun pengamatan sebagai lokasi dalam pengambilan sampel.

Pada observasi lapangan ini nantinya akan ditentukan beberapa stasiun yang dianggap representatif.

## **2. Penentuan Stasiun Pengamatan**

Pengambilan sampel dilakukan pada empat stasiun yang masing-masing terdiri dari 3 kali ulangan. Penentuan titik stasiun didasarkan pada beberapa area tertentu yaitu :

- Stasiun I, terletak di luar jalan masuk pelabuhan dan galangan kapal
- Stasiun II, terletak di jalan masuk galangan kapal
- Stasiun III, terletak di dermaga kapal-kapal kayu
- Stasiun IV, terletak di dalam pelabuhan (area kapal-kapal besi)

Keempat stasiun di atas merupakan representasi dari perairan Pelabuhan Rakyat Paotere Makassar, dan dicatat dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

### 3. Pengambilan Contoh Air

Untuk analisis klorofil  $-a$ , sampel diambil sebanyak  $\pm 5$  liter dengan menggunakan ember kemudian dituangkan ke dalam Plankton Net No. 25. Adapun untuk analisis logam berat sampel diambil sebanyak 400 liter, sampel yang telah terkonsentrasi dipindahkan ke dalam botol sampel atau botol gelap yang telah dibilas dengan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) dan air suling.

Untuk keperluan penyimpanan sampel yang akan dianalisis logam beratnya ditambah asam nitrat pekat hingga pH 2 (Hutagalung, 1994), sedangkan sampel untuk analisa karakter spektra violet ditetesi larutan asam klorida ( $\text{HCl}$ ) sebanyak 2-3 tetes untuk selanjutnya disimpan dalam desikator.

Bersamaan dengan pengambilan sampel dilakukan pula pengambilan beberapa parameter pendukung meliputi pengukuran suhu, salinitas, pH, DO (oksigen terlarut), kecepatan dan arah arus, serta kecerahan, dengan prosedur sebagai berikut:

- Suhu

Pengukuran suhu air laut dilakukan dengan menggunakan termometer pada masing-masing stasiun pengamatan.

- Salinitas

Pengukuran salinitas pada sampel air dilakukan dengan menggunakan Salinometer pada setiap stasiun.

- pH

Diambil 50 ml sampel air lalu dimasukkan ke dalam gelas ukur, kemudian diamati dengan menggunakan pH meter dan dicatat hasilnya.

- DO (oksigen terlarut)

Pengukuran DO dilakukan pada tiap stasiun pengamatan dengan menggunakan botol gelap.

1. Sampel air laut dimasukkan dari kolom air ke dalam botol gelap tanpa adanya gelembung udara.
2. Menambahkan 2 ml  $MnSO_4$  dengan menggunakan pipet ke dalam botol gelap.
3. Menambahkan  $NaOH + KI$  sebanyak 2 ml kemudian diaduk perlahan sehingga terbentuk endapan kuning.
4. Menambahkan 10 ml  $H_2SO_4$  kemudian dikocok perlahan sampai endapan larut kembali.
5. Memasukkan larutan sebanyak 100 ml ke dalam labu erlenmeyer untuk kemudian dititrasi dengan  $Na_2S_2O_3$  sampai larutan yang berwarna kuning berubah menjadi kuning muda.
6. Menambahkan 5 tetes amilum sehingga berubah warna menjadi warna biru. Kemudian dititrasi kembali dengan  $Na_2S_2O_3$  sampai larutan kembali berwarna bening.

- Kecepatan dan arah Arus

Kecepatan arus diukur dengan menggunakan layang-layang arus. Secara teknis alat ini dilepaskan ke perairan, dibiarkan hanyut hingga tali menegang/lurus. Kecepatan arus dihitung dengan membandingkan antara panjang tali dan waktu yang digunakan sampai tali menegang. Selisih waktu pada saat pelepasan alat dan saat tali menegang dihitung dengan menggunakan stop watch.

Arah arus ditentukan dengan menggunakan kompas geologi yang diarahkan pada alat setelah tegang/lurus.

Perhitungan kecepatan arus diukur dengan menggunakan persamaan :

$$V = s / t$$

Keterangan :

V = Kecepatan arus (m/dtk)

s = Panjang tali (m)

t = Waktu (detik)

- Kecerahan

Kecerahan diukur dengan menggunakan *secchi disk*. Secara teknis alat ini dilepaskan ke perairan, dibiarkan hanyut sampai tidak kelihatan.



#### 4. Prosedur Analisis

##### 4.1 Analisis Logam Berat dengan Spektrofotometer Serapan Atom

###### 4.1.1 Penyediaan Larutan Contoh dan Blanko

Sampel dimasukkan ke dalam pompa vakum kemudian disaring melalui filter membran  $0,45 \mu\text{m}$  hingga kering dan ditambahkan 5 ml air suling dan difilter sekali lagi untuk memindahkan garamnya.

Untuk keperluan destruksi basah, masing-masing sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam labu kjedahl kemudian ditambahkan 1 ml  $\text{HNO}_3$  pekat dan dipanaskan dengan menggunakan alat destruksi pada suhu  $\pm 65^\circ\text{C}$  (Russel dan Yonge, 1978). Setelah terbentuk larutan jernih, sampel didinginkan lalu ditambahkan sedikit  $\text{NaOH}$  4 N hingga pH-nya 2 kemudian ditepatkan volumenya dengan menggunakan labu ukur 50 ml untuk selanjutnya dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

Untuk pembuatan larutan blanko, dilakukan dengan cara yang sama tetapi tanpa menggunakan contoh.

###### 4.1.2 Penyediaan Larutan Baku

###### a. Tembaga (Cu) 1000 ppm

Serbuk tembaga ditimbang sebanyak 0.1 gram kemudian dilarutkan dengan 1 ml  $\text{HNO}_3$  pekat, selanjutnya

diencerkan dengan aquabides sampai batas tanda pada labu takar 100 ml.

b. Timbal (Pb) 1000 ppm

Serbuk timbal ditimbang sebanyak 0.1 gram kemudian dilarutkan dengan 1 ml  $\text{HNO}_3$  pekat, selanjutnya diencerkan dengan aquabides sampai batas tanda pada labu takar 100 ml.

**4.1.3 Penyediaan Larutan Baku Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) (masing-masing 50 ppm)**

Dari larutan baku 1000 ppm, dipipet masing-masing 5 ml keempat jenis logam tersebut, lalu diencerkan dengan aquabides sampai tanda pada labu takar 1000 ml.

**4.1.4 Pembuatan Deret larutan baku**

Dari keempat larutan baku 50 ppm diatas, dibuat deret larutan baku sebagai berikut:

Cu : 0.1 : 0.2 : 0.3 : 0.4 : 0.5 ppm

Pb : 0.5 : 1 : 2 : 3 : 5 ppm

**4.1.5 Pengoperasian Alat Spektrofotometer Serapan Atom**

1. Lampu katoda berongga dipasang sesuai dengan logam yang akan dianalisis.

2. Alat spektrophotometer serapan atom dihubungkan dengan sumber arus kemudian lampu dinyalakan dengan besar arus sesuai petunjuk alat, lampu dipanaskan sampai 10 menit.
3. Pembakar dinyalakan dengan perbandingan udara asetilen diatur hingga nyala biru.
4. Panjang gelombang diatur sesuai petunjuk alat sehingga diperoleh serapan maksimum setiap unsur.
5. Posisi lampu diatur hingga didapatkan serapan yang maksimum.
6. Kedalam nyala udara asetilen diaspirasikan larutan blanko, penunjukan meter harus nol dengan menekan tombol zero nol.
7. Kemudian secara berturut-turut diaspirasikan konsentrasi larutan baku.
8. Nilai serapan dari larutan baku tersebut dicatat.
9. Larutan contoh kemudian diaspirasikan kedalam nyala yang sebelumnya telah diaspirasikan larutan blanko untuk menolkan meter dan kemudian hasil serapannya dicatat.
10. Serapan hasil pengukuran larutan baku dialurkan terhadap konsentrasi hingga diperoleh kurva baku.
11. Serapan hasil pengukuran larutan contoh diplotkan ke kurva larutan baku hingga diperoleh konsentrasi logam yang dianalisis.

#### 4.1.6 Analisis Logam Berat

Dari hasil pengukuran deret larutan baku, dibuat grafik untuk masing-masing logam. Untuk menarik garis lurus pada grafik antara serapan dengan konsentrasi menggunakan garis regresi.

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

$$y = a + bx$$

Dimana: a = suatu konstanta

b = tangen  $\alpha$

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

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

$$b = \frac{n \cdot \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n}$$

#### 4.2 Analisis Spektrofotometer Ultra Violet -Visible

Untuk analisis klorofil-a, sampel disaring melalui membran saringan miliphore bergaris tengah 47  $\mu\text{m}$  dengan menggunakan pompa vakum. Jika air sampel akan habis, ditambahkan larutan  $\text{MgCO}_3$  untuk mencegah pecahnya klorofil-a. Hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi aseton 15 ml, kemudian disentrifuge selama 15 menit, setelah itu diukur absorbannya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Sedangkan untuk melihat pola spektranya, sample ditambahkan HCl (Asam Klorida

sebanyak 2 tetes) kemudian diukur dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, dan aseton sebagai larutan blankonya.

Kandungan Klorofil -a dihitung sebagai berikut:

$$\text{Klorofil -a (ppm)} = 11,85 E_{664} - 1,54 E_{647} - 0,10 E_{630}.$$

## 5. Analisis Data

Analisis sidik ragam (ANOVA) digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata logam pada fitoplankton di antara stasiun pengamatan. Jika terdapat perbedaan nyata akan diuji lanjut dengan menggunakan uji *Benferoni*. Uji *t-student* berpasangan digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata logam Cu (tembaga) dan Pb (timbal) pada setiap stasiun. Sementara hubungan antara kandungan logam berat pada fitoplankton dan klorofil-a akan diolah dengan menggunakan korelasi regresi, adapun pola karakter spektra UV-Vis pada fitoplankton alami akan disajikan melalui gambar dan deskripsi. Semua analisis statistik menggunakan program SPSS 11.0.



# HASIL DAN PEMBAHASAN

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Daerah penelitian ini secara administrasi melingkupi dua kecamatan yaitu: Kecamatan Ujung Tanah dan Kecamatan Tallo Kotamadya Makassar yang berada pada posisi  $5^{\circ}6'15''$  -  $5^{\circ}6'36''$  LS dan  $119^{\circ}25'21''$  -  $119^{\circ}25'37''$  BT.

Dilihat dari fungsinya, pelabuhan rakyat Paotere yang merupakan tempat berlabuhnya kapal-kapal pengangkut barang maupun kapal-kapal penumpang antar pulau. Kegiatan ini berlangsung terus menerus sehingga akhirnya potensi sebagai tempat terakumulasinya berbagai macam limbah semakin besar.

Aktivitas di sepanjang perairan pantai ini antara lain tempat pelelangan ikan (TPI), tempat pemukiman penduduk dan tempat berlabuhnya kapal pada muara kanal Paotere yang sebagian merupakan tempat pengisian bahan bakar minyak sehingga memungkinkan terjadinya tumpahan minyak ke perairan tersebut. Perairan Pelabuhan Paotere juga berdampingan dengan PT. Industri Kapal Indonesia yang kegiatannya berhubungan dengan docking kapal-kapal. Selain itu, tidak jauh dari wilayah perairan ini, bermuara aliran Sungai Tallo yang merupakan penerima limbah, terutama dari berbagai industri ataupun limbah pestisida yang berasal dari tambak-tambak di sekitar sungai ini, sehingga kemungkinan besar aliran limbah industri, limbah domestik/rumah tangga dan limbah pertanian akan sampai ke wilayah Perairan Paotere dan sekitarnya. Kondisi beberapa parameter fisika dan kimia pada saat pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 5. Hasil Pengukuran Parameter Oseanografi Fisika dan Kimia pada Lokasi Penelitian.**

NO	Parameter	Kisaran
1.	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	29 - 31
2.	pH	7,83 - 8,14
3.	Salinitas ( $^{\circ}/\text{oo}$ )	28 - 30
4.	Kecerahan (m)	1,2 - 1,3
5.	Oksigen Terlarut (ppm)	2,4 - 3,52
6.	Arah Arus ( $^{\circ}\text{LU}$ )	80 - 240
7.	Kecepatan Arus (m/det)	0.08 - 0.27

### Kondisi Fisika dan Kimia Perairan

- **Suhu**

Berdasarkan pengukuran di lapangan, variasi suhu pada tiap stasiun tiap stasiun tidak memperlihatkan perbedaan yang cukup jauh yaitu berada pada kisaran 29 – 31  $^{\circ}\text{C}$ . Kondisi ini telah diungkapkan Nybakken (1996) bahwa suhu air permukaan di perairan nusantara kita umumnya berkisar antara 28 – 31 $^{\circ}\text{C}$  dan suhu air di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi daripada di lepas pantai.

- **Derajat Keasaman (pH)**

Kisaran pH pada stasiun pengambilan sampel yaitu antara 7,83 – 8.14. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Saeni (1989) bahwa air laut bersifat lebih basa dengan pH 7,5-8,5.

Kadar pH yang konstan dikarenakan laut merupakan larutan penyangga yang baik terhadap keadaan asam basa (Dojlido dan Best, 1993).

- **Salinitas**

Kisaran salinitas yang didapatkan pada lokasi penelitian adalah 28 – 30 (‰). Kondisi seperti ini sesuai dengan pendapat Supardi (1984) bahwa di perairan pantai salinitas bisa ditemukan lebih rendah karena terjadi proses pengenceran karena aliran air tawar dari darat dan pengaruh aliran sungai. Pada lokasi penelitian, pengaruh aliran sungai terutama dari Sungai Tallo.

Salinitas air laut merupakan salah satu parameter oseanografi yang mempunyai pengaruh terhadap penyebaran logam berat karena semakin rendah salinitas menyebabkan bioakumulasi logam berat yang besar hingga menjadi indikasi pada daerah yang salinitasnya rendah kemungkinan konsentrasi logam berat yang tinggi (Effendi, 2003).

- **Kecerahan**

Nilai kecerahan yang didapatkan berkisar antara 1,2 – 1,3. Tinggi rendahnya kecerahan perairan sangat dipengaruhi oleh besarnya arus dan cahaya matahari yang menembus ke dalam lapisan perairan. Penurunan tingkat kecerahan suatu perairan karena adanya benda-benda tersuspensi selain adanya senyawa-senyawa lain seperti plankton dan beberapa unsur logam yang mungkin berasal dari bahan buangan industri, sehingga penetrasi cahaya ke dalam lapisan yang lebih dalam relatif berkurang (Wardoyo, 1975). Selain itu, padatan tersuspensi juga mempengaruhi

kekeruhan dan kecerahan air, oleh karena itu mempengaruhi proses fotosintesis (Saeni, 1989).

- **Oksigen Terlarut (DO)**

Konsentrasi Oksigen terlarut yang didapatkan cukup kecil, mengingat lokasi penelitian sebagai pelabuhan rakyat yang senantiasa aktif dengan kegiatan masyarakatnya sehingga kualitas perairan bisa dikategorikan tercemar berat dengan kisaran 2,4 – 3,52 (ppm).

- **Arah dan Kecepatan arus**

Pengaruh musim, faktor oseanografi, aktivitas masyarakat dan debit sungai akan sangat mempengaruhi akumulasi maupun tingkat kandungan dari logam berat. Pada saat terjadi surut kandungan logam berat tersebut akan terbawa menuju ke perairan laut. Semakin besar debit sungai maka semakin jauh pula kandungan logam terbawa oleh arus. Kecepatan arus yang di dapatkan pada lokasi penelitian relatif cepat dengan kisaran 0,08 - 0,27 (m/det).

### **Akumulasi Logam pada Fitoplankton**

Kutsal dan Sag (1987) menjelaskan bahwa organisme renik (fitoplankton) dapat mengikat logam dari air pada permukaannya dengan dua cara yaitu: (1) ion logam diadsorpsi melalui reaksi pengikatan ion pada permukaan sel (*ionic adsorption*); dan (2) protein di dalam dinding sel dapat menjadi tempat lain untuk mengikat ion logam karena logam berat mempunyai afinitas yang kuat dengan protein. Selanjutnya dijelaskan oleh Oswald (1992) bahwa fitoplankton mempunyai afinitas yang kuat untuk mengikat logam berat yang umumnya bermuatan positif.

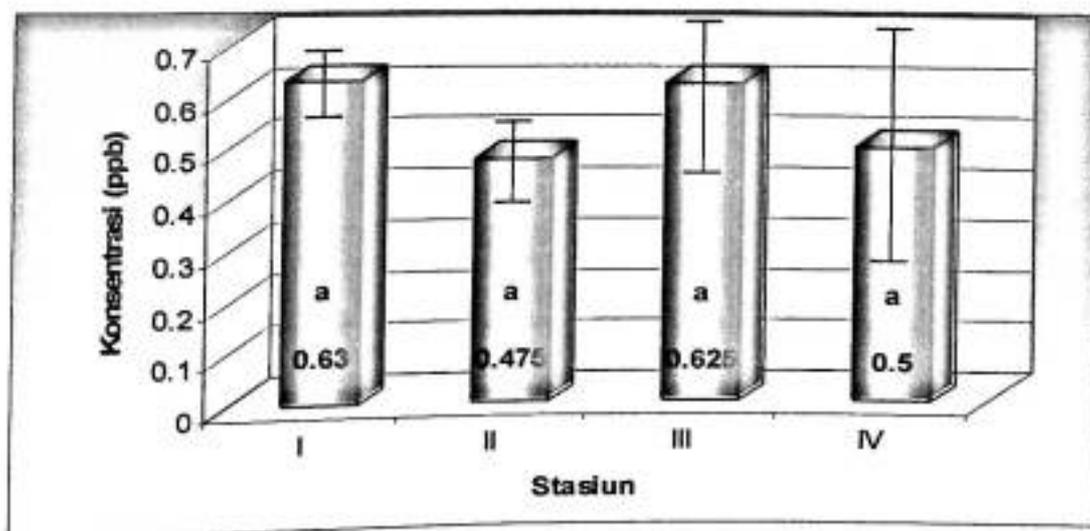
- **Logam Tembaga (Cu)**

Menurut Palar (1994), unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Disamping itu dalam proses produksinya, dipakai dalam industri galangan kapal karena digunakan sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, buangan rumah tangga dan lain sebagainya.

Aktivitas manusia seperti buangan industri, pertambangan Cu, industri galangan kapal dan bermacam-macam aktivitas pelabuhan lainnya merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan-badan perairan (Palar, 1994).

Logam ini secara almah dapat masuk ke badan perairan melalui pengompleksan partikel logam di udara karena hujan dan peristiwa erosi yang terjadi pada batuan mineral yang ada di sekitar perairan (Palar, 1994).

Adapun data konsentrasi Cu pada setiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Konsentrasi Rata-rata Logam Berat Cu pada Fitoplankton Alami di Keempat Stasiun Pengambilan Sampel (huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata pada  $\alpha = 0.05$ ).**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa stasiun I merupakan lokasi yang paling tinggi konsentrasi tembaga pada fitoplankton, kemudian stasiun III, stasiun IV dan kandungan yang paling kecil stasiun II, walaupun demikian, hasil analisa dengan menggunakan Analisis Varians (ANOVA) menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata pada konsentrasi logam berat tembaga di setiap stasiun ( $P > 0.05$ ).

Lokasi penelitian ini merupakan daerah sekitar pantai, yang masukan kontaminasi logamnya berasal dari mulut sungai yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri atau pertambangan.

Perairan stasiun I yang berada di luar pelabuhan ini dipengaruhi oleh aliran limbah yang berasal dari kegiatan-kegiatan PT. IKI, maupun dari aliran limbah sungai Tallo. Arus yang senantiasa bergerak ke luar tanggul juga mempengaruhi masukan Cu yang berasal dari berbagai sumber seperti aliran Sungai Tallo yang membawa berbagai macam limbah serta aktivitas lalu lintas laut. Stasiun III yang berada di sekitar dermaga kapal-kapal kayu sangat berpotensi sebagai tempat terakumulasinya Cu mengingat aktivitas dermaga kapal-kapal kayu salah satunya adalah pengecatan kapal, dan salah satu bahan utama cat adalah Cu. Sedangkan pada stasiun II yang terletak di jalan masuk galangan kapal, konsentrasi logam tembaga paling sedikit di antara stasiun lain. Hal ini disebabkan oleh arus yang relatif cepat (0,27) m/det saat pengambilan sampel pada stasiun tersebut.

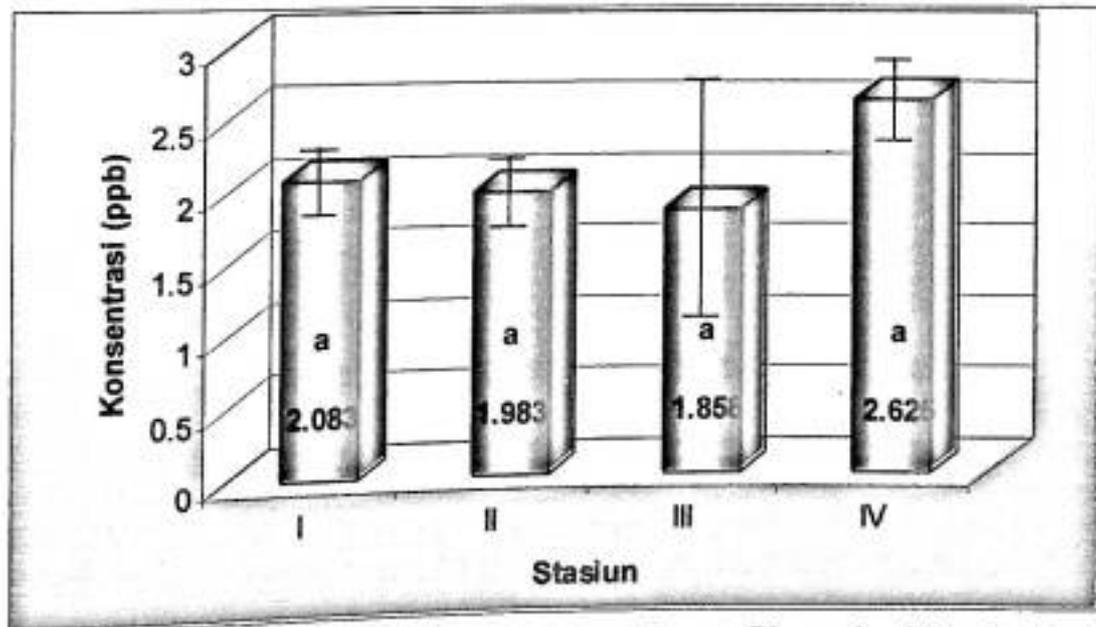
Konsentrasi Cu pada fitoplankton yang diperoleh dari semua stasiun masih berada di bawah konsentrasi yang dapat menghambat kerja enzim sehingga menyebabkan kematian fitoplankton ( $>10$  ppb) (Pinto *et.al*, 2003).

- **Logam Timbal (Pb)**

Pembakaran bahan bakar minyak oleh kapal-kapal merupakan sumbangan terbesar polusi Pb di perairan. Pb yang terkandung dalam bahan bakar sebagai anti pemecah minyak (seperti Pb *tertraethyl* dan *tetramethyl*) ini kemudian dilepaskan ke atmosfer melalui alat pembuangan asap dan bagian ini kemudian terlarut dalam laut (GESAMP, 1976).

Salah satu proses masuknya Pb pada jaringan melalui penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (Palar, 1994), selanjutnya Perez (2003) menambahkan bahwa logam berat pada fitoplankton akan melewati membran plasma menuju sel interior.

Hasil analisis statistik dengan menggunakan Analisis Varians (ANOVA) pada logam timbal juga menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata antar stasiun pengambilan sampel ( $P > 0.05$ ).



**Gambar 4.** Konsentrasi Rata-rata Logam Berat Pb pada Fitoplankton Di Keempat Stasiun Pengambilan Sampel (huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata pada  $\alpha = 0.05$ ).

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada penelitian ini, stasiun IV merupakan lokasi pengambilan sampel fitoplankton yang memiliki kandungan logam timbal tertinggi dibanding stasiun lain. Kemudian stasiun I, lalu stasiun II sedangkan untuk kandungan logam yang paling rendah diperoleh pada stasiun III.

Pada perairan laut lepas, kontaminasi Pb biasanya terjadi secara langsung melalui atmosfer atau karena tumpahan minyak dari kapal tanker yang melewatinya (Darmono, 1995), sedangkan pada lokasi penelitian yang termasuk daerah pantai, kontaminasi kebanyakan berasal dari aktivitas kapal yang lalu lalang, sehingga tingginya kandungan Pb pada keempat stasiun disebabkan oleh fungsi lokasi tersebut sebagai pelabuhan rakyat.

Tingginya kandungan timbal pada stasiun IV disebabkan oleh arus yang mengarah pada lokasi tersebut, dengan demikian pelepasan logam timbal sebagai efek dari penggunaan bahan bakar serta pembuangan limbah mesinnya lebih besar dibanding stasiun-stasiun lain.

Timbal masuk ke perairan melalui pengendapan, jatuhan debu yang mengandung Pb yaitu dari hasil pembakaran bensin yang mengandung limbah *tetraethyl*, erosi dan limbah industri (Saeni, 1989).

Konsentrasi Pb pada setiap stasiun menunjukkan kontribusi logam berat timbal yang diberikan oleh fitoplankton terhadap pencemaran lingkungan perairan. Hal ini disebabkan oleh karena logam berat yang terkandung dalam fitoplankton akan terakumulasi lagi ke dalam organisme yang memiliki tingkat tropik lebih tinggi melalui rantai makanan (Vernberg, 1974), hal ini disebabkan oleh karena predator



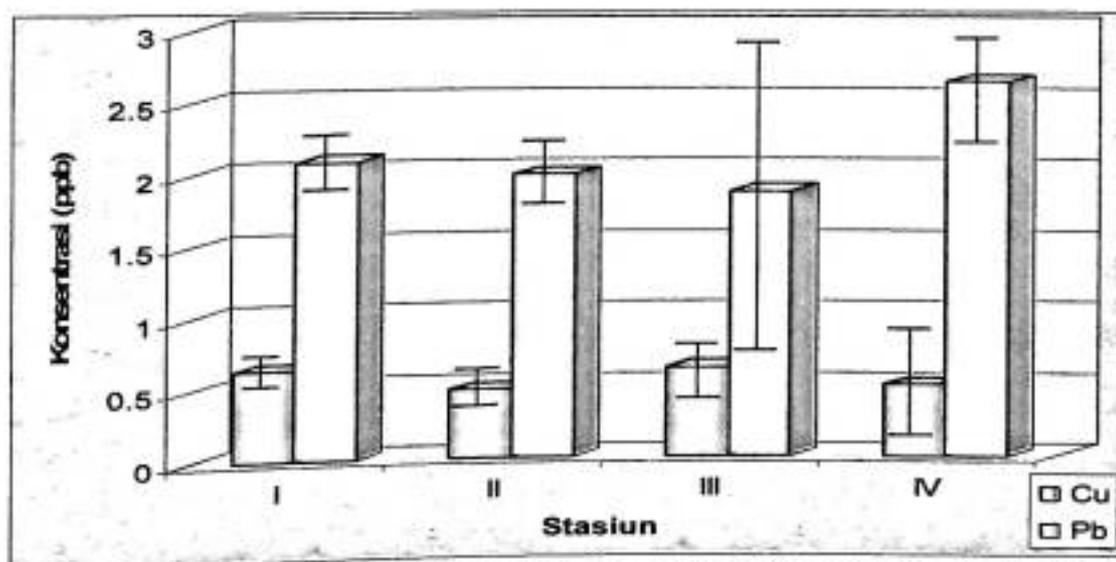
pada satu tropik level makanan, mangsa mereka dari tropik level yang lebih rendah telah tercemar (Hutabarat dan Evans, 1985).

Walaupun demikian, konsentrasi tersebut masih di bawah standar yang dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton ( $>250$  ppb) (Pinto. *et.al*, 2003).

### Perbandingan Antara Akumulasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb)

Pada fitoplankton, khususnya pada *Cyanobacteria* logam berat terakumulasi dalam penyimpanan intraseluler yang dinamakan polifosfat yang juga berfungsi sebagai pelindung organisme ini dari efek racun (Perez, 2003).

Hasil analisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) menunjukkan bahwa Pb merupakan logam berat yang tingkat akumulasinya lebih tinggi dibandingkan dengan logam berat Cu pada populasi alami fitoplankton di semua stasiun pengambilan sampel (Gambar 5).



Gambar 5. Rata-rata Konsentrasi Logam Berat Cu dan Pb pada Populasi Alami Fitoplankton di tiap Stasiun (huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan nyata pada  $\alpha = 0.05$ ).

Hasil uji *t- student* pada masing-masing stasiun menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cu dan Pb pada masing-masing stasiun memperlihatkan adanya perbedaan nyata ( $P < 0.05$ ), kecuali pada stasiun III ( $P > 0.05$ ).

Potensi terakumulasinya logam Cu pada stasiun III sebagai dermaga kapal-kapal kayu besar, disebabkan fungsinya sebagai bahan pengawet dalam industri pengolahan kayu yang merupakan bahan baku dalam pembuatan kapal-kapal kayu. Hal inilah yang menyebabkan konsentrasi Pb dan Cu yang tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata.

Konsentrasi Pb yang lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi Cu disebabkan oleh lokasi penelitian yang berpotensi sebagai tempat terakumulasinya logam berat timbal dilihat dari fungsinya sebagai pelabuhan rakyat. Aktivitas dari kapal-kapal yang lalu lalang dan mengeluarkan hasil pembakaran bahan bakar minyak pada lokasi penelitian memang merupakan sumbangan terbesar polusi timbal di perairan. Logam berat timbal yang terkandung dalam bahan bakar minyak ini kemudian dilepaskan ke atmosfer melalui alat pembuangan asap dan bagian ini kemudian terlarut dalam laut (GESAMP, 1976).

Di antara penyebab rendahnya kandungan logam Cu pada populasi alami fitoplankton di permukaan perairan sekitar Pelabuhan Rakyat Paotere ini, adalah proses masuknya logam tersebut di perairan, yaitu melalui pengendapan yang terjadi secara cepat (Kunarso dan Ruyitno, 1991).

Mekanisme peracunan logam Cu pada fitoplankton terjadi melalui metabolisme. Pada konsentrasi 10 ppb, logam Cu dapat menghambat kerja enzim

sehingga pembelahan sel tidak terjadi dan bahkan pada konsentrasi tersebut peracunan logam Cu dapat menyebabkan kematian pada fitoplankton (Anonymous, 2002).

Salah satu proses masuknya logam timbal pada fitoplankton adalah melalui proses *up take* (pengambilan) langsung dari air yaitu difusi melalui penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (Palar, 1994).

#### Korelasi antara Logam Berat dan Klorofil -a

Walaupun beberapa logam berat (Cu, Fe dan Zn) penting bagi organisme fotosintesis, banyak diantaranya meningkat dalam konsentrasi tinggi di lingkungan dan mempunyai efek kurang baik bagi pertumbuhan dan metabolisme bagi organisme tersebut. Di antara efek yang paling merugikan adalah pengurangan jumlah klorofil dan kloroplas, serta penurunan efektivitas fotosintesis (Shanker, 1996).

Kandungan rata-rata klorofil -a di lokasi penelitian berkisar antara 0,04 – 0,09 (ppm) seperti yang terlihat pada tabel 6.

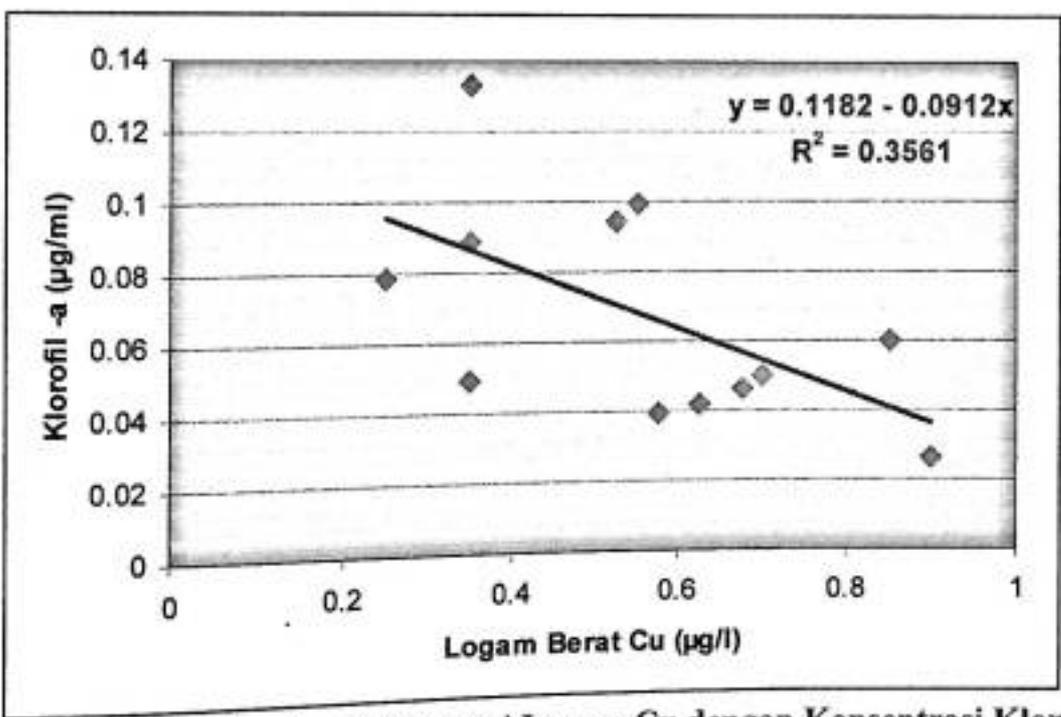
**Tabel 6. Rata-rata Kandungan Klorofil - a pada Populasi Alami Fitoplankton pada setiap Stasiun di Permukaan Perairan Pelabuhan Rakyat Paotere dan Sekitarnya.**

Stasiun	Klorofil - a (ppm)
I	0,04
II	0,09
III	0,05
IV	0,07

Pengujian statistik dengan menggunakan analisis korelasi dan garis regresi, dan diperoleh hasil bahwa terdapat korelasi negatif antara kedua logam dengan konsentrasi klorofil -a di areal penelitian.

- **Logam Tembaga (Cu)**

Tembaga (Cu) adalah logam yang paling beracun terhadap organisme laut selain merkuri dan silver (Clark, 1992). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif ( $y = 0.1182 - 0.0912x$ ). Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam Cu maka konsentrasi klorofil -a semakin rendah.



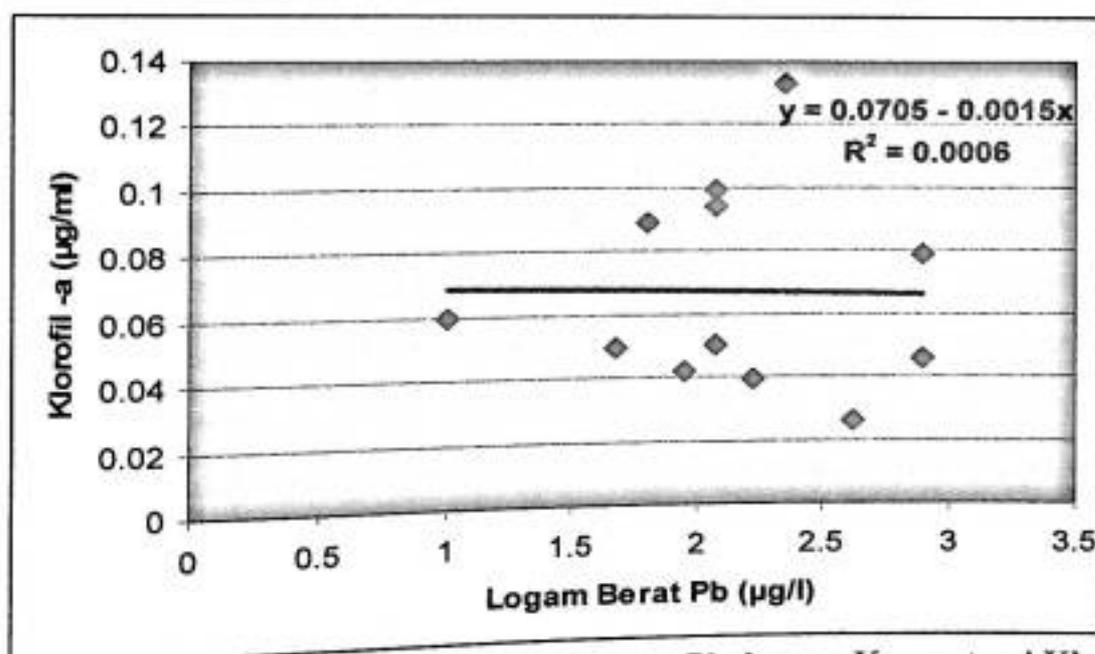
**Gambar 6. Korelasi antara Kosentrasi Logam Cu dengan Konsentrasi Klorofil -a yang terkandung dalam Populasi Alami Fitoplankton pada Lokasi Penelitian.**

Walaupun demikian, hubungan antara konsentrasi logam Cu dan klorofil-a ini tidak kuat, hal ini ditunjukkan oleh  $R^2 = 0.3$ . Salah satu contoh efek merugikan dari

logam Cu untuk fitoplankton adalah dengan menyerap air atau selaput sel *Ulva lactuca* sehingga menyebabkan kematian sel berangsur-angsur (Webster dan Gadd, 1992). Namun pada konsentrasi tertentu seperti fungsinya sebagai logam esensial, logam ini bisa memicu sintesis klorofil.

- **Logam Timbal (Pb)**

Dari hasil analisis statistik diperoleh adanya korelasi negatif dengan persamaan  $y = 0.0705 - 0.0015x$ . Hubungan antara konsentrasi logam Pb dan klorofil-*a* inipun tidak lebih kuat dibandingkan hubungan konsentrasi logam Cu dengan klorofil -*a* yang ditunjukkan dengan  $R^2 = 0.0006$ .



**Gambar 7. Korelasi antara Konsentrasi Logam Pb dengan Konsentrasi Klorofil -*a* yang terkandung dalam Populasi Alami Fitoplankton pada Lokasi Penelitian**

Bisa disimpulkan bahwa walaupun Pb terakumulasi jauh lebih tinggi daripada Cu, tetapi ternyata Cu lebih memberikan dampak negatif terhadap klorofil-*a* pada fitoplankton itu sendiri. Ini terlihat pada korelasi regresi antara Cu dan klorofil-*a*

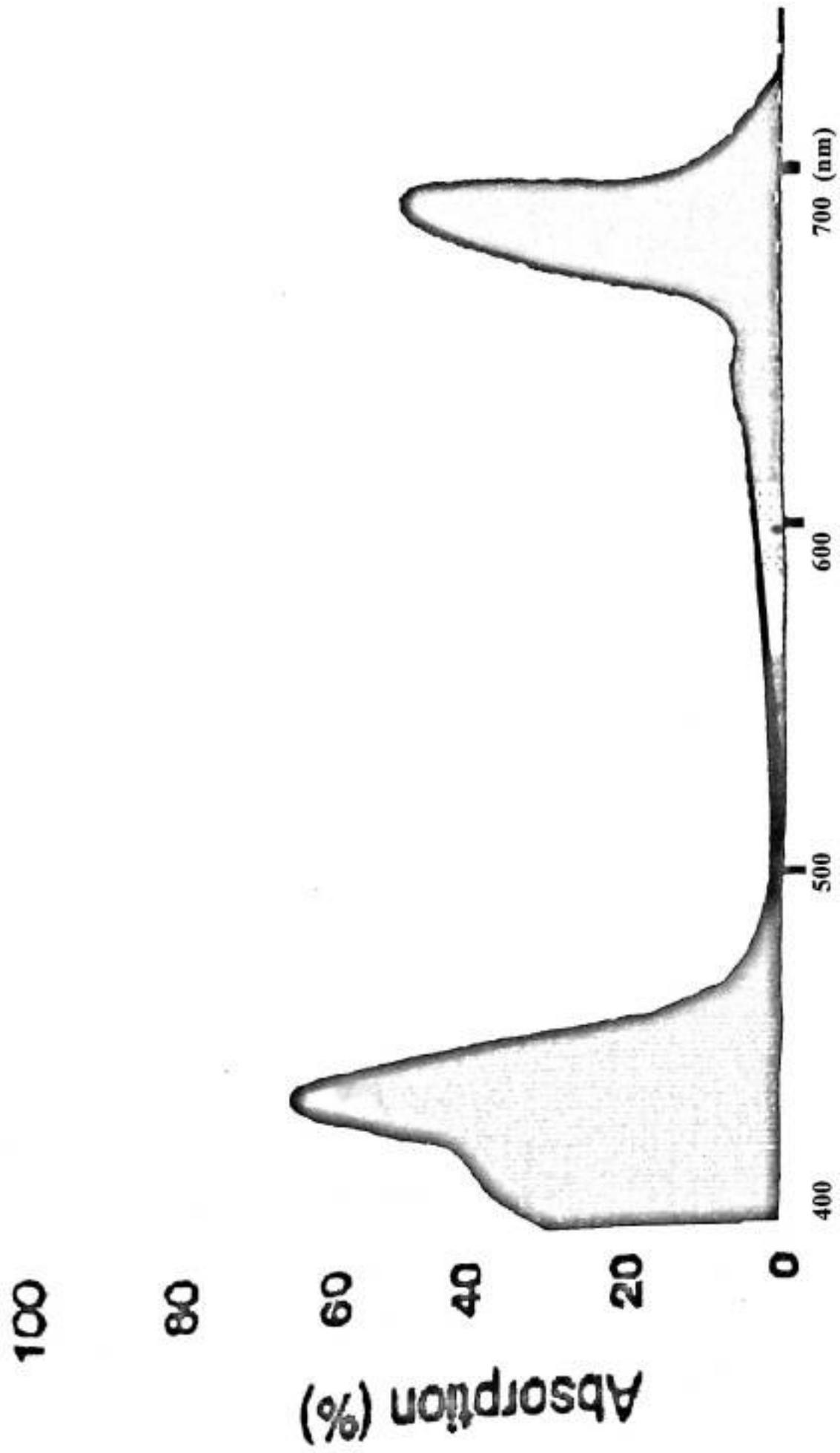
yang menunjukkan penurunan yang lebih nyata ( $P = 0.04$ ) dibandingkan dengan korelasi regresi antara Pb dan Klorofil- $\alpha$  ( $P = 0.469$ ).

Mengenai hal ini, Morris (1980) dalam Isyrini (1995) menjelaskan bahwa memang keberadaan besi, mangan dan tembaga pada tingkat alamiah/natural seringkali dilaporkan merugikan pertumbuhan fitoplankton. Pada efek terhambatnya pertumbuhan pada fitoplankton, Pb membutuhkan konsentrasi yang lebih besar dibandingkan Cu (Pinto *et.al*, 2003).

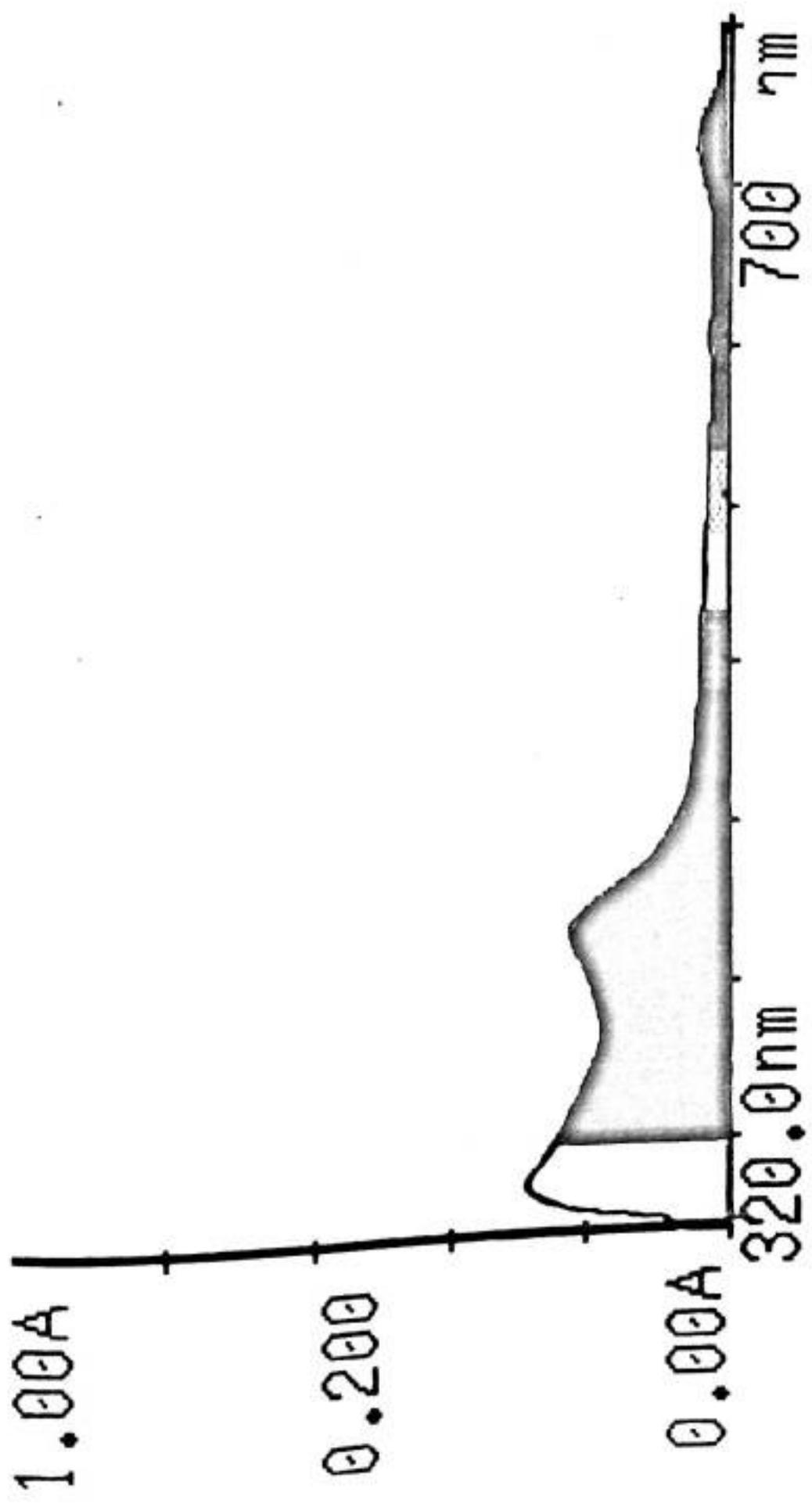
#### **Pola Karakter Spektra UV-Vis (*Ultra Violet Visibel*) Pada Populasi Alami Fitoplankton**

Jarak panjang gelombang di atas disebut juga Radiasi Aktif Fotosintesis (RAF) dan umumnya disamakan dengan warna merah, hijau dan biru. Pigmen fotosintesis yang berbeda, menyerap panjang gelombang cahaya yang berbeda. Misalnya, pigmen merah menyerap cahaya biru dan memantulkan cahaya merah itu sendiri (Shaw, 2001).

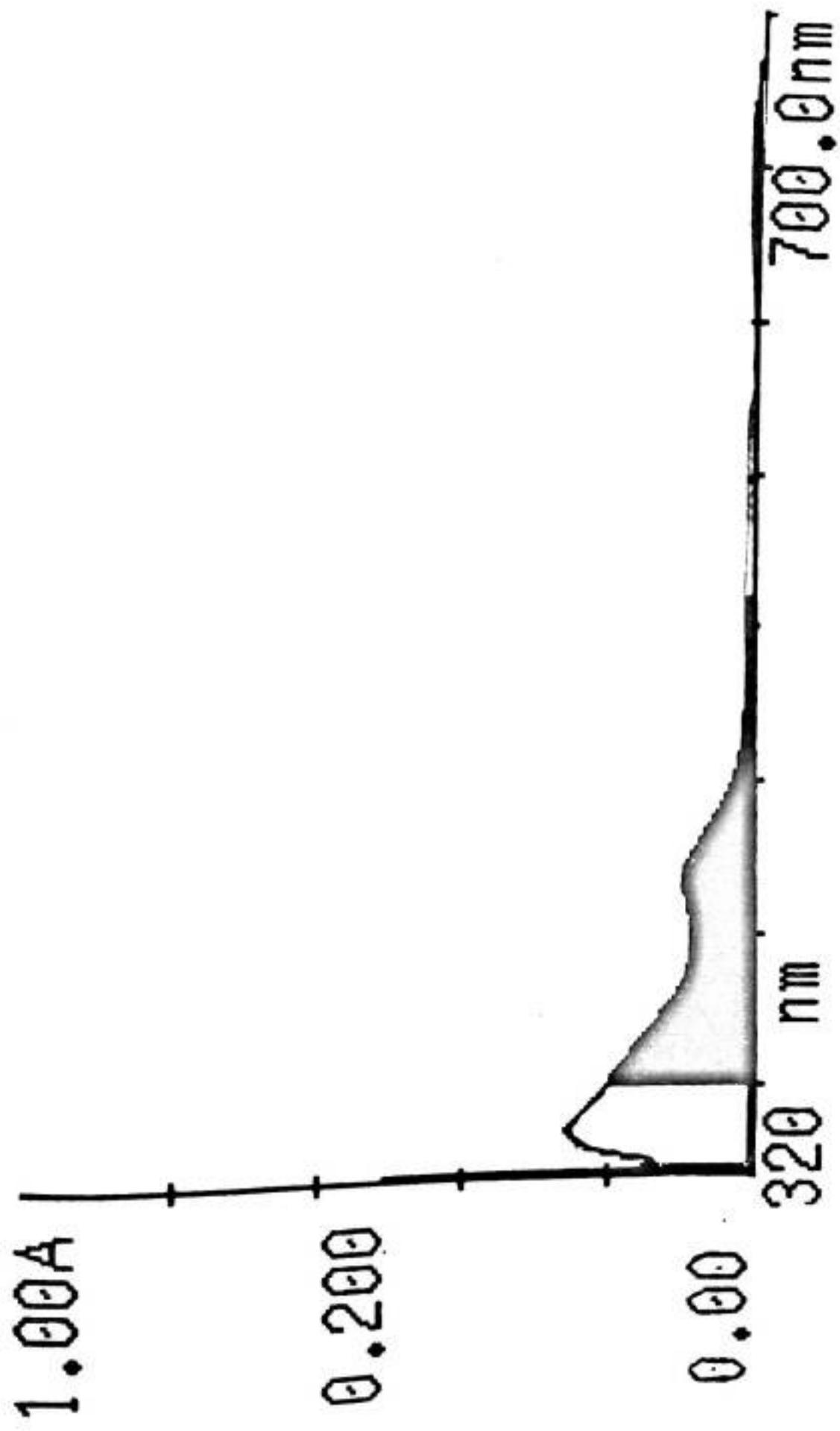
Dalam penandaan spektra, klorofil menyerap maksimal di daerah biru dan merah, dan minimal pada daerah kuning dan hijau. Klorofil sebagai pigmen hijau yang dimiliki oleh fitoplankton dan tumbuhan hijau lainnya sebagai molekul paling penting di muka bumi ini memiliki spektrum absorpsi tertentu (Chamberlin, 2004). Hasil analisis klorofil- $\alpha$ , dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis memberikan suatu spektrum absorpsi seperti yang tampak pada Gambar 8 .



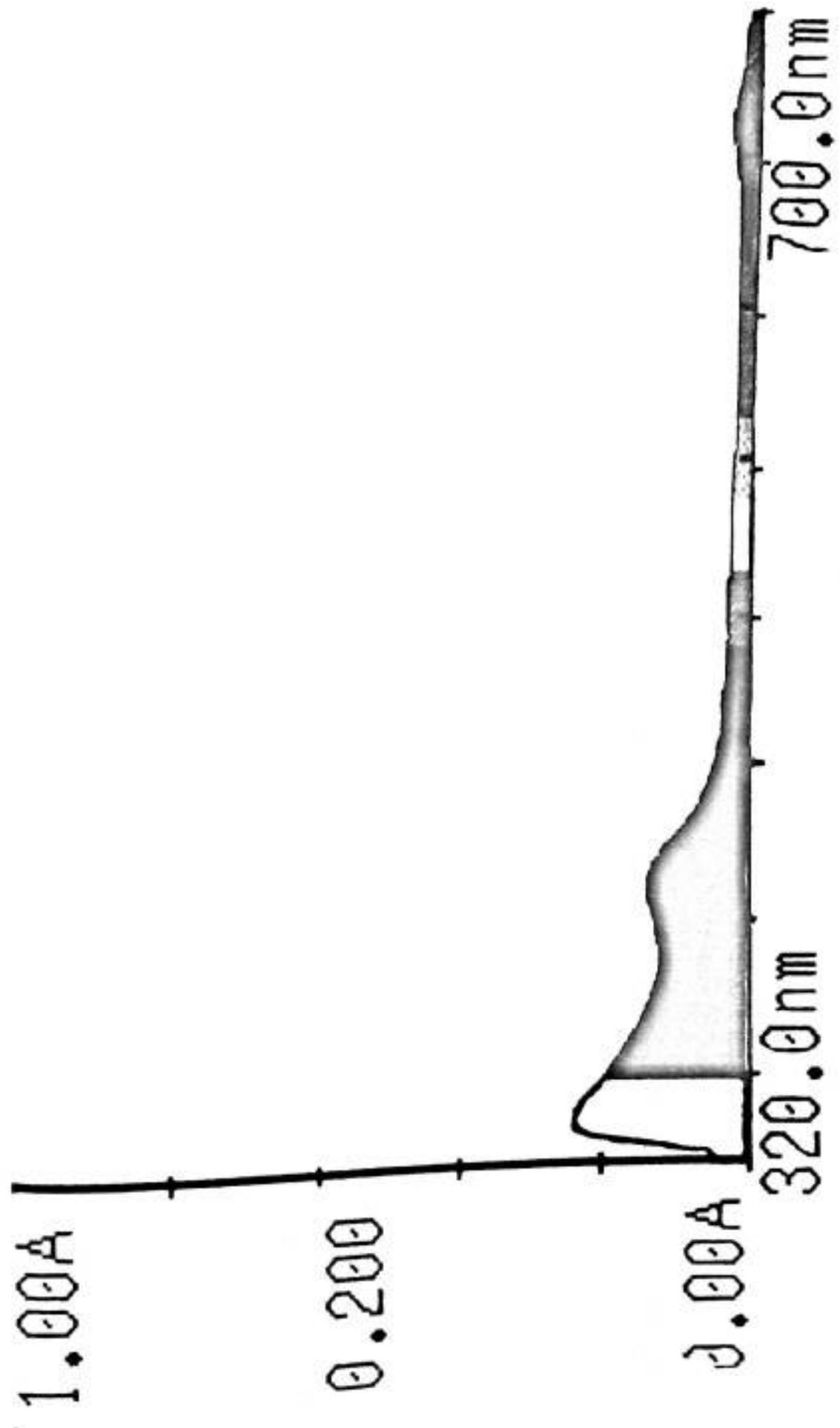
la Karakter Spektra UV-Vis Pada Klorofil-*a* Murni  
(Chamberlin, 2004)



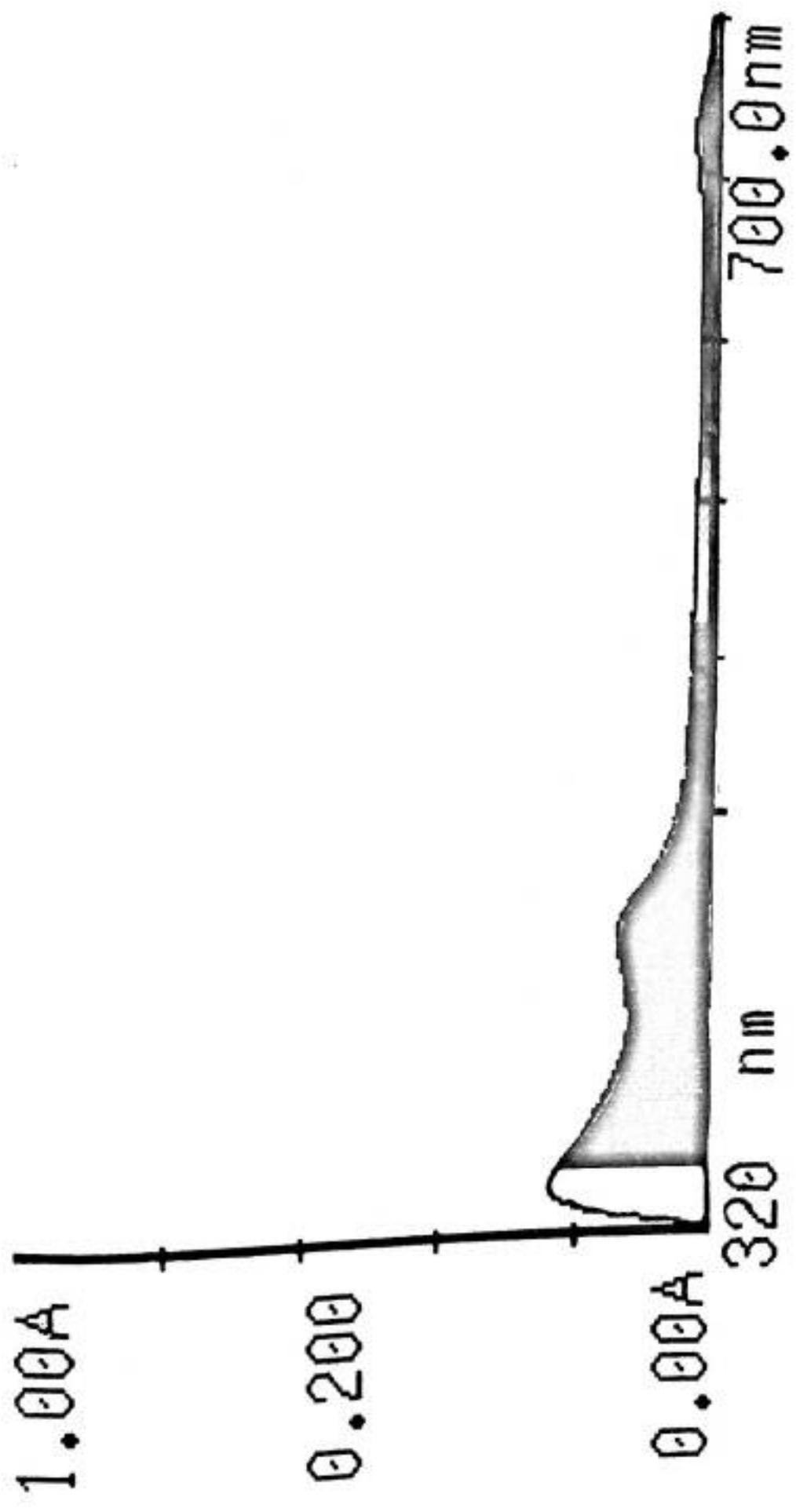
Stasiun I



Stasiun II



Stasiun III



### Stasiun IV

Gambar 9. Pola Karakter Spektra UV-Vis pada tiap stasiun

Pada pola tersebut terdapat satu spektrum maksimal pada panjang gelombang 336 nm kemudian menurun lalu naik kembali pada panjang gelombang sekitar 450 nm. Pola ini kelihatan berbeda dengan serapan spektrum klorofil-*a* murni (Gambar 7), dimana spektrum maksimal terdapat pada panjang gelombang 430 dan 670 nm.

Pada klorofil murni, serapan spektra maksimal terdapat pada cahaya merah dan biru serta minimal pada hijau dan kuning. Sedangkan serapan spektra yang di dapatkan pada lokasi penelitian, maksimal pada cahaya biru serta minimal pada cahaya kuning, hijau dan merah. Walaupun demikian, pada cahaya merah, amplitudo gelombang sedikit naik (memiliki puncak) dibandingkan pada cahaya hijau dan kuning. Hal ini disebabkan oleh kondisi klorofil itu sendiri, apakah masih aktif atau terlarut pada beberapa zat kimia seperti eter, alkohol dan aseton (Chamberlin, 2004). Disamping itu, terdapat banyak pigmen fotosintesis yang juga menyerap cahaya, sehingga pola/bentuk/karakter serapan spektra berubah. Beberapa puncak amplitudo yang rendah juga disebabkan oleh beberapa pigmen fotosintesis yang berbeda dan interaksinya dengan logam-logam toksik. Pendapat ini diperkuat oleh Morris (1980), bahwa salah satu penyebab bergesernya puncak amplitudo yaitu adanya aktivitas ion logam yang tinggi sehingga fotosintesis dan respirasi berhenti dan pigmen-pigmen karotenoid hancur. Dengan demikian absorpsi puncak klorofil dalam daerah biru bergeser dan amplitudonya menurun. Hal ini memberi kesan bahwa magnesium dari molekul klorofil digantikan oleh logam toksik, baik itu Cu dan Pb sendiri maupun logam-logam toksik yang lain.

# KESIMPULAN DAN SARAN

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian melalui analisis statistik, diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Rata-rata konsentrasi logam berat timbal (Pb) yang terdapat pada fitoplankton lebih tinggi dari pada logam berat tembaga (Cu) pada setiap stasiun pengambilan sampel.
2. Kandungan rata-rata klorofil *-a* di lokasi penelitian berkisar antara 0.04 – 0.09 ppm.
3. Terdapat korelasi yang negatif antara konsentrasi klorofil-*a* dengan kedua logam yang diteliti yaitu Cu dan Pb.
4. Pola Karakter Spektra UV-Vis di areal penelitian memperlihatkan terjadinya perubahan pola serapan oleh pigmen fotosintesis dibandingkan dengan pola serapan klorofil *-a* murni.

### Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai korelasi antara konsentrasi logam-logam berat dan konsentrasi klorofil *-a* yang terdapat pada populasi alami fitoplankton dengan memfokuskan keterkaitannya pada efek sinergis/antagonis serta ketersediaan nutrient, seperti fosfat, nitrat dan silikat.
2. Keterkaitan antara klorofil *-a* yang dimiliki oleh fitoplankton dengan laju fotosintesis yang dilakukannya.

3. Lebih lanjut juga tentang Oseanografi Bio-optik yang berhubungan dengan penandaan spektra.



# DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2002. *Pencemaran Laut*. Bahan Kuliah. FIKP.UNHAS: Makassar.
- Anonimous. 2004. *A Citizen Guide to Understanding and Monitoring Lakes and Stream*: Washington State Department of Ecology. Water Quality Home (Online), (<http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/management/joymanual/chlorophyll/html>), diakses 11 maret 2004).
- Bougis, P., 1976. *Marine Plankton Ecology*. North-Holland Publishing Company. Amsterdam.
- Clark, R.B. 1992. *Marine Pollution*. 3<sup>rd</sup> ed. Calendron Press, Oxford.
- Chamberlin, S. 2004. *The Remarkable Ocean World: Light In The Sea* (Online), ([http://www.oceansonline.com/light\\_in\\_the\\_sea.htm](http://www.oceansonline.com/light_in_the_sea.htm)), diakses 13 April 2004)
- Connel, D.W dan Gregory, J.M. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Cotton, F.A and G.Wilkinson., 1976. *Kimia Organik Dasar*. UI-Press. Jakarta
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press: Jakarta.
- Dojilido, J.R dan Best, G.A. 1993. *Chemistry of Water and Water Polution*. Ellis Horwood. Limited. England.
- Ernanto, J., 1994. *Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Pantai Ujung Karangwangi Jawa Barat*. Skripsi. Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius: Jakarta.
- Fergusson, J.E. 1991. *The Heavy Elements: Chemistry Enviromental Impact and Health Effects*. Pergamon Press: England.
- GESAMP. 1976. *Review of Harmful Substances*. IMCO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Expert on the Scientific Aspect of Marine Pollution (GESAMP) Reports and Studies (2): New York.

- Greeberg, 1992. *Standar Methods of Water and Waste Water*. Ed. APHA – AWWA – WPFC. American Public Health Association: Washington.
- Isyrini, R. 1995. *Analisis Spektrokimia Pada Populasi Alami Fitoplankton Di Sekitar Pelabuhan Paotere Kotamadya Ujung Pandang*. Skripsi. Universitas Hasanuddin: Ujung Pandang.
- Junindra, E. C., 2002. *Hubungan Antara Unsur Hara Nitrat dan Fosfat Dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Tanjung Labellang Kecamatan Mallusetassi Kabupaten Barru*. Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Hadisuwoyo, M. 1991. *Penuntun Praktikum Analisis Spektrofotometri Serapan Atom*. Buku Materi Pokok Cara-cara Optik.: Ujung Pandang.
- Hatta, M. 2002. *Hubungan Klorofil-a dan ikan pelagis dengan kondisi Oseanografi di Perairan Utara Irian Jaya*. Artikel Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Hutabarat, S., S. M. Evans. 2000. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1994. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen Dan Biota*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta
- Kinne, O. 1984. *Marine Ecology. A Comprehensive Integrated Treatise On Life In Oceans and Coastal Waters*. Volume 5. Ocean Management. Part. 3: Pollution and Protection of The Seas – Radioactive Materials. Heavy Metals and Oil. A Wiley – Interscience Publication: New York.
- Kunarso, D.H dan Ruyitno. 1991. *Status Pencemaran laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. LON-LIPI. Jakarta.
- Kutsal, T dan Sag. 1987. *The Use of Zooglea ramigera for Removal and Recovery of Cr<sup>-6</sup> Ion from Industrial in Enviromental Technology*. Martinus Nijhoff Publ: Netherlands.
- Mance, G. 1990. *Threat of Heavy Metal in Aquatic Environment*. Occurance Analysis and Biologycal Relevance. New York
- Moosa, M.K dan Suharsono. 1995. *Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang: Suatu Usaha Menuju Pemanfaatan Sumber Daya Terumbu Karang*

- Secara Lestari*. Prosiding Seminar Nasional (Pengelolaan Terumbu Karang Puslitbang Oseanologi LIPI). Jakarta.
- Morris, I. 1980. *The Physiological Ecology of Phytoplankton*. Studies in Ecology Vol:7. University of California Press. Los Angeles.
- Newel, G.E. dan R.C. Newel. 1977. *Marine Plankton*. A Practical Guide 5 th Edition. Hutchinson of London
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Penerbit Jembatan: Jakarta.
- Noor, A. 1997. *Kimia Unsur Runut*. Laboratorium Kimia Radiasi. MIPA. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Nybakken. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia. Jakarta
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology Third Edition*. W.B. Sounder Company, Toronto.
- Oswald, W.J. 1992. *Microalgae and Waste Water Treatment*. In: *Micro-algal Biotechnology* (Eds. M.A. Borowitzka). Cambridge University Press, New York.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Perez, 2003. *Interactions Between Heavy Metal and Phytoplankton* (Online), ([www.admu.edu.ph/files/211/03\\_Perez.pdf](http://www.admu.edu.ph/files/211/03_Perez.pdf)), diakses 15 Agustus 2004).
- Pinto, E, dkk. 2003. *Heavy Metal-Induced Oxidative Stress In Algae*. University of Sao Paulo: Brazil.
- Razak, 1980. *Pengaruh Logam Berat terhadap lingkungan*. *Pewarta Oseana* Vol.VI. P<sub>3</sub>O-LIPI. Jakarta. Hal.15-19
- Riyono, Hadi S. 1997. *Penentuan Kadar Klorofil Fitoplankton*. P3O LIPI. Jakarta
- Russel, F dan M. Yonge. 1978. *Advances in Marine Biology*. Volume 15. Academic Press: London.
- Sachlan, M. 1982. *Planktonologi : Correspondence Course Centre*. Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Saeni. 1989. *Kimia Lingkungan*. PAV Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor: Bogor.

- Sanaky, A. 2003. *Struktur Komunitas Fitoplankton Serta Hubungannya dengan Parameter Fisika Kimia perairan Di Muara Sungai Bengawan Solo, Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB: Bogor.
- Sastrawijaya, T.A. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Sidjabat, M.M. 1973. *Pengantar Oseanografi*. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Shanker. 1996. *Mechanisms of Metal Detoxification in Photosynthetic Organisms* (On line) ([http://www.geocities.com/metal\\_accumulation\\_by\\_algae/1.3.1](http://www.geocities.com/metal_accumulation_by_algae/1.3.1). Toxic effect of heavy metals on photosynthesis, diakses tanggal 26 November 2004)
- Shaw, dkk. 2001. *A Study of Relationship Between Depth and Light Absorption by Phytoplankton in Shallow Lakes in Sewance, Tennessee*. (Online), ([www.emc.mericopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookPS.htm](http://www.emc.mericopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookPS.htm), diakses 13 April 2004).
- Supriharyono. 1989. *Laporan Penelitian Monitoring Logam Berat di Perairan Pantai Semarang*. LIPI. Semarang.
- Vernberg, F.J. 1974. *Pollution and Physiology of Marine Organism*. Academic Press: London.
- Wardoyo, S.T.H. 1975. *Pengelolaan Kualitas Air. (Water Quality Management)*. Fakultas Perikanan. IPB: Bogor.
- Webster, E.A and Gadd, G.M. 1992. *Cadmiun as an uncoupler of respiration in Ulva lactuca*. Environmental Toxicology and Water Quality.