

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd, Cu, Zn PADA  
BEBERAPA JENIS KERANG DI PERAIRAN TANJUNG BUNGA  
UJUNG PANDANG SECARA SPEKTROFOTOMETRI  
SERAPAN ATOM

OLEH :

WAWANG DJUWANGSIH

8903043



FACULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM	
No. Serah	18-9-95
Asal dari	F. MIPA
Pengantar	1.11.95
Karya	Handis
No. Inventaris	95-18-09149
No. Rias	

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
UJUNG PANDANG  
1995

# SKRIPSI

OLEH :

**WAWANG DJUWANGSIH**

**8903043**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
UJUNG PANDANG**

**1995**

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd, Cu, Zn PADA  
BEBERAPA JENIS KERANG DI PERAIRAN TANJUNG BUNGA  
UJUNG PANDANG SECARA SPEKTROFOTOMETRI  
SERAPAN ATOM

OLEH :

WAWANG DJUWANGSIH

8903043

S K R I P S I

Untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi  
syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
UJUNG PANDANG  
1995

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd, Cu, Zn PADA  
BEBERAPA JENIS KERANG DI PERAIRAN TANJUNG BUNGA  
UJUNG PANDANG SECARA SPEKTROFOTOMETRI  
SERAPAN ATOM



Disetujui Oleh :

PEMBIMBING UTAMA

(DR. H. TADJUDDIN NAID, M.Sc)

Pada Tanggal,

PEMBIMBING PERTAMA

(Dra. JEANNY WUNAS, MS)

1995

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan ucapan syukur alhamdulillah, dipanjatkan kehadiran Allah subhanahu wata'ala, karena atas karunia-Nyalah kami dapat menyusun skripsi ini yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin dapat terwujud.

Melalui skripsi ini penyusun menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Tadjuddin Naid, MSc selaku pembimbing utama dan Ibu Dra. Jeanny Wunas, MS selaku pembimbing pertama, atas ketulusan dalam membimbing. Semoga Allah Yang Maha Esa membalas budi baik mereka, karena telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan bimbingan mulai saat perencanaan penelitian hingga selesainya skripsi ini.

Selain itu kami ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan yang telah diberikan selama mengikuti kuliah di fakultas ini.
2. Ketua Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin yang memberi bimbingan hingga terlaksananya skripsi ini.
3. Bapak Drs. Frans A Rimate, selaku penasehat Akademik yang telah memberikan perhatian dan petunjuk.
4. Kepala Laboratorium Kimia Farmasi yang telah memberi fasilitas selama melakukan penelitian.

5. Seluruh staf dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, khususnya jurusan Farmasi.
6. Ayahanda H. M Roedhy dan Ibunda H. Siti Rohaya serta saudara-saudaraku (Yayak, Imas, Dadang, Nur, Neneng dan Mama) yang memberi Doa restu, jerih payah dan pengorbanan baik material maupun moril sehingga penyusun dapat menyelesaikan studi di Fakultas ini.
7. Sahabat-sahabat mahasiswa dan semua pihak yang telah memberikan bantuan selama penyusunan penelitian dan pembuatan skripsi ini dengan caranya masing-masing yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kepada Allah jualah kami memohon agar memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semua pihak yang telah memberikan andil bagi kami dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Skripsi ini tentu saja mempunyai kelemahan sehingga saran dan kritik membangun akan kami terima dengan lapang dada disertai ucapan terima kasih.

Semoga skripsi yang sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang berkepentingan, khususnya kepada khasanah ilmu farmasi di Indonesia. Amin

Wassalam

April 1995

Penyusun

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai analisis kandungan logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn pada beberapa jenis kerang di Perairan Tanjung Bunga Ujung Pandang. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kadar logam kadmium, tembaga, timbal dan seng yang terdapat dalam daging kerang. Dalam penelitian ini digunakan metode analisis secara spektrofotometri serapan atom, setelah contoh didestruksi secara kombinasi yaitu dengan metode kering dan basah, dengan suhu pengabuan 375°C dan penambahan HCl 6N dan HCl 3N.

Kerang yang ditemukan di sekitar perairan Tanjung Bunga adalah *Anadara granosa*, *Tagellus plebeius* dan *Mercenaria farmae*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan unsur kadmium, tembaga, timbal dan seng dalam ketiga jenis kerang cukup rendah bila dibandingkan dengan persyaratan FDA (Food and Drug Administration) Amerika Serikat kecuali unsur tembaga yang ditemukan relatif tinggi berkisar antara 1,9519 - 2,1663 bpj. Kandungan unsur timbal dalam ketiga jenis kerang yaitu berkisar antara 0,5018 - 0,7442 bpj. Kandungan unsur kadmium dan seng dalam ketiga jenis kerang yaitu berkisar antara 0,2576 - 0,4444 bpj untuk kadmium dan 5,0670 - 9,4990 bpj untuk seng.

## ABSTRACT

The analysis of Pb, Cd, Cu and Zn heavy metals content on several types of clam from Tanjung Bunga coastal water of Ujung Pandang had been carried out. The aim of this study was to find out the amount of cadmium, copper, lead and zinc contained in the clams flesh. In this study, the analysis was carried out by Atomic Absorption Spectroscopy, after the sample had been destructed by combinations methods, i.e. dry and wet methods, with ashing temperature of 375°C and the addition of HCl 6N and 3N.

The clams that founded around Tanjung Bunga coastal water were *Anadara granosa*, *Tagellus plebeius*, and *Mercenaria farmae*. The result of this study showed that cadmium, copper, lead and zinc content of the three types of clam was quite low in the comparison with the US FDA guide line except for the copper which was found relatively high i.e. in the average of 1,9519 - 2,1663 bpj. The lead content in the three types of clams i.e. in the average of 0,5018 - 0,7442 bpj. The cadmium and zinc contents find to in the three types of clams i.e. in the average of 0,2576 - 0,4444 bpj for cadmium and 5,0670 - 9,4990 bpj for zinc.



## DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
BAB II. POLA PENELITIAN .....	4
II.1 Pengambilan Contoh .....	4
II.2 Penyiapan Contoh .....	4
II.3 Penyediaan Alat dan Bahan .....	4
II.4 Metode Analisis .....	4
II.4.1 Penyiapan larutan contoh ...	4
II.4.2 Penetapan kadar logam Pb, Cd, Cd dan Zn secara spektro fotometri serapan atom ....	5
II.5 Pengumpulan dan Analisis Data .....	5
BAB III. TINJAUAN PUSTAKA .....	8
III.1 Uraian Kerang .....	6
III.1.1 Uraian umum .....	6

III.1.2	Sistematika dan morfologi kerang .....	8
III.1.3	Nama daerah setempat .....	9
III.1.4	Penyebaran kerang .....	11
III.2	Uraian Logam Berat .....	12
III.2.1	Logam kadmium .....	13
III.2.2	Logam timbal .....	14
III.2.3	Logam tembaga .....	15
III.2.4	Logam seng .....	16
III.3	Spektrofotometer Serapan Atom ....	17
III.3.1	Prinsip kerja spektrofotometer serapan atom .....	17
III.3.2	Hubungan absorpsi dengan konsentrasi .....	19
III.3.3	Peralatan spektrofotometer serapan atom .....	21
III.3.4	Cara-cara melarutkan cuplikan .....	26
III.3.5	Keunggulan dan kelemahan metode SSA .....	30
BAB IV.	PELAKSANAAN PENELITIAN .....	33
IV.1	Alat-Alat yang Digunakan .....	33
IV.2	Bahan-Bahan yang Digunakan .....	33
IV.3	Pengambilan Contoh .....	34
IV.4	Penyiapan Contoh .....	34

IV.5 Metode Analisis .....	34
IV.5.1 Penyiapan larutan contoh ....	34
IV.5.2 Penetapan kadar logam Pb, Cd, Cu dan Zn secara spektrofotometri serapan atom .....	35
IV.5.2.1 Pembuatan larutan baku .....	35
IV.5.2.2 Pembuatan kurva baku .....	37
IV.5.2.3 Pengukuran logam Pb, Cd, Cu dan Zn secara spektrofotometri serapan atom .....	38
IV.6 Analisis Data .....	38
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	41
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....	44
VI.1 Kesimpulan .....	44
VI.2 Saran .....	44
DAFTAR PUSTAKA .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
I.	Hasil Pengamatan Serapan larutan Baku Logam Kadmium (Cd) Pada Panjang Gelombang 228,8 nm .....	48
II.	Hasil Pengamatan Serapan larutan Baku Logam Tembaga (Cu) Pada Panjang Gelombang 324,7 nm .....	49
III.	Hasil Pengamatan Serapan Larutan Baku Logam Timbal (Pb) Pada Panjang Gelombang 217,0 nm .....	50
IV.	Hasil Pengamatan Serapan Larutan Baku Logam Seng (Zn) Pada Panjang Gelombang 213,9 nm .....	51
V.	Hasil Analisis Kandungan Logam Kadmium (Cd) Dalam Kerang .....	52
VI.	Hasil Analisis Kandungan logam Tembaga (Cu) Dalam Kerang .....	53
VII.	Hasil Analisis Kandungan Logam Timbal (Pb) Dalam Kerang .....	54
VIII.	Hasil Analisis Kandungan Logam Seng (Zn) Dalam Kerang .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Kurva Baku Logam Cd .....	56
2	Kurva Baku Logam Cu .....	57
3	Kurva Baku Logam Pb .....	58
4	Kurva Baku Logam Zn .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
A	Contoh Perhitungan Hasil Analisis	
	Logam Kadmium .....	60
B	Perhitungan Uji Statistik Logam Cd .....	61
C	Perhitungan Uji Statistik Logam Cu .....	64
D	Perhitungan Uji Statistik Logam Pb .....	67
E	Perhitungan Uji Statistik Logam Zn .....	70
F	Peta Lokasi Pengambilan Contoh .....	74

## BAB I

### PENDAHULUAN

Kerang merupakan salah satu jenis moluska yang banyak dijumpai di daerah pantai. Daging kerang adalah salah satu makanan laut yang cukup lezat dan merupakan sumber protein hewani. Berdasarkan laporan Lembaga Penelitian Teknologi Perikanan, Dirjen Perikanan, Departemen Pertanian, kerang-kerangan segar mengandung protein rata-rata sebesar 12,3 % (1,2).

Kerang bertubuh lunak, tidak mempunyai tulang belakang dan secara alami tidak dapat bergerak jauh mengembara selama hidupnya. Daerah rawa dan lumpur di dasar laut pada perairan pantai merupakan tempat yang disukai kerang yaitu dengan membenamkan dirinya di bawah pasir atau lumpur laut. Keadaan ini menyebabkan kerang sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan air di sekitarnya. Bila lingkungan air mengandung cemaran yang tinggi maka kerang dapat menyerap dan mengakumulasikan bahan pencemar tersebut lebih tinggi dan demikian lebih cepat terkontaminasi daripada jenis biota lain (3)

Di kotamadya Ujung Pandang, kita mengetahui bahwa daerah pantai menjadi tempat buangan utama dari beberapa saluran besar yang berasal dari dalam kota.

Akibat buangan ini, baik yang berasal dari aktivitas penduduk maupun yang berasal dari aktivitas industri disekitar pantai, dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan laut. Diannanjaya, I (4), yang telah meneliti distribusi logam berat dalam sedimen permukaan laut dangkal di perairan pantai Kotamadya Ujung Pandang, menyatakan bahwa perairan Tanjung Bunga Ujung Pandang telah mengalami pencemaran oleh unsur logam berat.

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat pencemaran dilingkungan laut adalah kandungan logam berat yang terdapat di dalam daging kerang yang diambil di pantai Tanjung Bunga Ujung Pandang. Logam berat pada umumnya bersifat toksik terhadap makhluk hidup. Karena kerang dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein hewani oleh manusia maka (secara tidak langsung) unsur logam berat yang mencemarinya akan masuk ke tubuh manusia yang mengkonsumsinya dan dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan.

Logam berat sangat berbahaya karena tidak dapat mengalami metabolisme dalam tubuh, dan tetap berada dalam tubuh serta menyebabkan efek toksik dengan cara bergabung dengan satu atau beberapa gugus reaktif yang esensial bagi fungsi fisiologis normal (5). Batas maksimum kandungan logam berat yang diteliti dalam bahan makanan hasil laut menurut FDA Amerika Serikat ialah Cd 1 bpj, Cu 1 bpj, Pb 2 bpj, Zn 50 bpj.

Berdasarkan hal di atas, maka dilakukan analisis terhadap logam-logam berat kadmium, tembaga, timbal dan seng dalam beberapa daging kerang di sekitar pantai Tanjung Bunga Ujung Pandang dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam kadmium, tembaga, timbal dan seng yang terdapat dalam daging kerang.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai sumber informasi tentang tingkat kontaminasi bahan makanan kerang oleh suatu bahan cemaran, agar penggunaan kerang sebagai sumber gizi dapat dipantau keamanannya.

## BAB II

### POLA PENELITIAN

#### II.1 Pengambilan Contoh

Contoh berupa tiga jenis kerang yang diambil secara acak di sekitar pantai Tanjung Bunga Ujung Pandang.

#### II.2 Penyiapan Contoh

Setiap jenis contoh dikumpulkan, dicuci dengan air, kemudian direbus selama 10 menit. Setelah didinginkan daging kerang dipisahkan dari cangkangnya, lalu dikeringkan dengan pemanasan tidak langsung. Setelah kering diserbukkan.

#### II.3 Penyediaan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang disediakan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

#### II.4 Metode Analisis

##### II.4.1 Penyiapan Larutan Contoh (8,9,10)

Ditimbang teliti 5 gram contoh daging kerang dalam cawan porselin lalu dipijarkan dalam tungku pemanas (tanur) pada suhu  $375^{\circ}\text{C}$ , sampai diperoleh abu yang berwarna keputih-putihan, didinginkan dan ditambahkan HCl 6N lalu dipanaskan sampai kering, didinginkan lagi. Kemudian ditambahkan HCl 3N dan dipanaskan sampai mendidih, didinginkan dan disaring lalu filtrat dimasukkan ke dalam

labu tentukur 100 ml dan dicukupkan volumenya dengan air suling hingga batas.

#### II.4.2 Penetapan Kadar Logam Pb, Cd, Cu dan Zn Secara Spektrofotometri Serapan Atom

II.4.2.1 Pembuatan larutan baku

II.4.2.2 Pembuatan kurva baku

II.4.2.3 Pengukuran logam Pb, Cd, Cu dan Zn dalam contoh

#### II.5 Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom dikumpulkan. Data yang berupa serapan dari larutan contoh dihitung konsentrasinya dan diolah secara statistik berdasarkan Rancangan Acak Kelompok Faktorial, dengan parameter jenis kerang, lokasi pengambilan contoh dan waktu pengambilan.

## BAB III

### TINJAUAN PUSTAKA

#### III.1 Uraian Kerang

##### III.1.1 Uraian Umum (3,11)

Binatang yang disebut kerang-kerangan adalah binatang lunak (Filum Molluska) dan masuk dalam kelas pelecypoda. Kerang mempunyai dua keping cangkang yang setangkup. Diperkirakan terdapat sekitar 1000 jenis kerang yang hidup di perairan Indonesia, mereka hidup menetap di dasar laut, ada yang membenamkan diri dalam pasir atau lumpur bahkan ada pula yang membenamkan diri di dalam kerangka karang-karang batu. Berbagai jenis melekat diri ke substratnya dengan menggunakan organ bernama byssus yang berupa benang-benang yang kuat. Ada kerang yang bisa merangkak dalam substratnya dan ada pula yang bisa berenang dengan jalan menyemburkan air karena mengepakkan kedua keping cangkangnya kuat-kuat. Kira-kira 2/3 bagian dari jenis kerang yang masih hidup terdapat di laut, sisanya hidup di air tawar, yaitu di danau-danau, rawa-rawa dan sungai-sungai.

Kerang bernafas dengan menggunakan insang yang terdapat dalam rongga mantelnya. Kerang-kerang yang membenamkan diri dalam pasir atau lumpur mempunyai tabung yang disebut sifon yang terdiri atas saluran untuk memasukkan air dan saluran lainnya untuk mengeluarkan. Makin dalam kerang membenamkan diri, makin panjang sifonnya. Bentuk cangkang mempunyai pula kaitan dengan kedalaman kerang tersebut membenamkan diri.

Pada umumnya kerang memperoleh makanannya dengan menyaring partikel-partikel yang terdapat dalam air laut. Insangnya mempunyai rambut-rambut getar yang menimbulkan arus yang mengalir masuk ke dalam mantelnya, sekaligus menyaring plankton makanannya dan memperoleh oksigen untuk respirasinya.

Sebagian besar jenis kerang mempunyai kelamin terpisah, yaitu ada yang jantan dan ada yang betina, namun ada juga yang hermaphrodit. Pada waktu gonada (kandung kelamin) masak, dikeluarkanlah sel-sel telur dan sperma, sehingga terjadi pembuahan diluar tubuhnya.

### III.1.2 Sistematika dan Morfologi Kerang (11,23)

a. Filum : Molluska  
 Kelas : Pelecypoda  
 Anak kelas : Pteriomorpha  
 Bangsa : Eutaxodontidae  
 Suku : Arcidae  
 Marga : Anadara  
 Jenis : *Anadara granosa* L ✓

b. Filum : Molluska  
 Kelas : Pelecypoda  
 Anak kelas : Heterodonta  
 Bangsa : Veneroidea  
 Suku : Solecurtidae  
 Marga : Tagellus  
 Jenis : *Tagellus plebeius*

c. Filum : Molluska  
 Kelas : Pelecypoda  
 Anak kelas : Heterodonta  
 Bangsa : Veneroidea  
 Suku : Veneridae  
 Marga : Mercenaria  
 Jenis : *Mercenaria farmae*

### III.1.3 Nama Daerah Makassar

- a. *Anadara granosa* : Tude bulu
- b. *Tagellus plebeius* : Tude campaleang
- c. *Mercenaria farmae* : Tude licing

Uraian morfologi ketiga jenis kerang yang diteliti adalah sebagai berikut :

- a. Jenis *Anadara granosa* lebih di kenal dengan nama kerang darah. Tanda-tanda kerang darah ini adalah bentuk cangkang bulat telur, dengan bagian belakang terpancung, bersudut dan tebal, keras dan sama besar. Bagian muka cangkang membulat, dan pada permukaannya terdapat rusuk-rusuk (ribs) yang radial ke arah ventral, jarak rusuk ini semakin melebar. Pada bagian rusuk ini terdapat tonjolan-tonjolan yang disebut granosa, dan pada setiap cangkang terdapat rusuk sebanyak 20-21 buah yang jaraknya renggang, dan pada tepi cangkang jarak ini semakin renggang. Ligamen berwarna hitam bagian puncaknya berwarna coklat kehitaman. Karena banyak granosa diberikan nama *Anadara granosa*.

- b. Jenis *Tagellus plebeius* adalah salah satu contoh kerang yang memiliki perlengkapan pedal. Jenis ini mempunyai kedua belahan cangkang berukuran sama, dan memiliki sifon. Jenis ini mengalami peleburan mantel yang intensif, tidak hanya membantu penurunan pencemaran tetapi juga penting dalam mempertahankan tekanan hidrolis di dalam rongga mantel, terdapat peralatan menghisap dan meniup sebagai akibat dari hasil peleburan, yaitu tepi-tepi mantel yang mengelilingi peralatan tersebut menjadi memanjang membentuk sifon tubular dengan panjang yang bervariasi. Dengan sifon hewan tersebut dapat terpendam sempurna dalam lumpur dan hanya ujung sifon tersebut yang muncul di atas dasar. Jenis ini mempunyai katup yang sangat memanjang dan sebuah kaki panjang yang memungkinkannya bergerak dengan cepat.
- c. Jenis *mercenaria* mempunyai cangkang berbentuk melingkar, lebar kira-kira 6 cm dan panjangnya dapat mencapai 5 cm. Lapisan luar cangkang berwarna putih kecoklatan dengan jalur-jalur melingkar.

Jalur-jalur tersebut agak meninggi, sehingga merupakan tonjolan-tonjolan yang berderet-deret. Selain itu terdapat jalur-jalur membujur yang berupa garis-garis. Bagian dalam cangkang seluruhnya berwarna putih.

#### III.1.4 Penyebaran Kerang (11,23)

- a. Jenis kerang darah atau *Anadara granosa* hidup dengan cara membenamkan diri di pantai-pantai yang berpasir. Sedangkan penyebaran kerang ini menurut KOBELT (1891) dan PRASHAD (1932), sangat luas yaitu meliputi daerah perairan Indo Pasifik dan banyak terdapat di daerah estuaria; tersebar mulai dari danau Khilka sampai ke delta sungai gangga. Di Indonesia terdapat di pulau Lombok, teluk Bima, selat Buton dan Sulawesi serta Jawa.
- b. Jenis *tagellus* dan *mercenaria* hidup dengan cara membenamkan diri di daerah pantai berpasir, sehingga seluruh tubuhnya berada di bawah permukaan pasir, terlihat hanyalah dua buah lubang kecil. *Tagellus* membenamkan dirinya sedalam 30-40 cm sedangkan *mercenaria* tergantung dari besar kecilnya kerang.

### III.2 Uraian Logam Berat (12,13)

Logam berat adalah logam yang mempunyai sifat membentuk garam dengan asam, logam yang mempunyai bobot molekul antara 59 - 232 dengan nomor atom 22 sampai 92 dan terletak pada periode 3 sampai 7 di dalam susunan berkala. Logam ini yang dapat bereaksi dengan ligand dalam tubuh.

Logam berat dapat bereaksi dengan bermacam-macam ligand, yaitu pengikat berupa gugus atom, ion atau molekul yang mempunyai kesanggupan untuk menjadi donor pasangan elektron dalam satu atau lebih ikatan koordinat. Dalam larutan air, ion logam mengalami hidrasi dengan oksigen dari  $H_2O$  berfungsi sebagai ligand. Ligand lain dapat menggantikan air pada hidrasi untuk membentuk kompleks logam atau ikatan koordinat. Dalam sistem biologi, logam berat bersifat toksik karena bereaksi dengan ligand yang penting untuk fungsi normal sistem tersebut. Dalam sel hidup terdapat berbagai ligand sebagai berikut :  $-OH^-$ ,  $-COO^-$ ,  $-PO_3H^-$ ,  $-SH^-$ ,  $-NH_2$  dan imidazol. Sebagian logam berat menunjukkan aktivitas yang kuat terhadap gugus  $SH^-$ . Sehingga inaktivasi enzim yang mengandung gugus  $SH^-$  dianggap sebagai dasar mekanisme kerja untuk sebagian besar efek logam berat terhadap alat tubuh.

#### III.2.1 Logam Kadmium (5,12,14)

Kadmium terletak pada golongan II B dalam sistem periodik. Kadmium adalah logam

yang berwarna putih kebiru-biruan, dapat membentuk paduan logam dengan tembaga untuk pembuatan kabel transmisi listrik. Dapat larut dengan lambat dalam HCl dan  $H_2SO_4$ , larut dengan mudah dalam  $HNO_3$  dan membentuk garan tak berwarna yang toksik. Senyawa ini terutama digunakan pada pembuatan baterai, dan kuningan serta untuk melapisi logam supaya tidak terjadi karat. Sumber pencemaran kadmium antara lain endapan dari atmosfer, pengendapan dalam air dan pembuangan sampah serta kotoran.

Pada pemasukan bersama makanan secara oral, hanya sekitar 5% yang diabsorpsi. Selanjutnya kadmium diangkut dalam darah dan sebagian besar terikat pada sel darah merah dan albumin. Setelah terdistribusi, kira-kira 50% dari jumlah kadmium dalam tubuh ditemukan pada hati dan ginjal. Adanya kadmium dapat menurunkan fungsi ginjal dan kemampuan ginjal untuk memetabolisme rangkaian protein terganggu.

Pada keracunan kadmium secara akut, karena pemasukan secara oral timbul gejala mual, muntah-muntah yang hebat, salivasi, diare dan kejang perut.

Pada keracunan kadmium secara kronis, terjadi kerusakan ginjal dengan

proteïnuria, berjalan bergoyang-goyang karena terjadi kelainan pada tulang serta hipertensi.

### III.2.2 Logam Timbal (5,12,14)

Logam timbal terletak pada golongan IV A dalam sistem periodik. Logam timbal berwarna abu-abu, lunak, mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi. Timbal banyak dipakai pada industri logam, pembuatan mesiu, pelapisan kabel, logam cetak, patri atau solder. Selain itu digunakan untuk pembuatan lempengan, baterai dan aki. Timbal dalam alam terdapat sebagai unsur atau persenyawaan yaitu sebagai  $PbS$  (galena),  $PbSO_4$  (anglisite),  $PbCO_3$  (cerrussite) dan  $Pb(OH)_2.PbCO_3$  (timbal putih). Logam timbal masuk ke perairan melalui pengendapan, jatuhnya debu yang mengandung Pb yaitu dari hasil pembakaran bensin yang mengandung tetraetil lead, erosi dan limbah industri.

Timbal akan diabsorpsi oleh saluran cerna sekitar 8 - 10 % dari jumlah yang diabsorpsi oleh saluran cerna. Pada fase distribusi pertama, konsentrasi timbal tertinggi ditemukan dalam ginjal dan hati, sebagian akan diekskresi melalui empedu. Dalam bagian usus yang lebih ujung, logam

ini akan membentuk timbal sulfida yang diekskresi bersama tinja. Sebagian akan mengalami reabsorpsi kembali. Timbal yang beredar dalam darah sebagian besar terikat pada eritrosit.

Keracunan akut karena timbal jarang terjadi dan ditandai dengan adanya muntah, kolik usus, suhu tubuh merendah dan penurunan tekanan darah. Disamping itu terjadi pula kerusakan yang parah pada hati, ginjal dan sistem syaraf pusat serta anemia hemolitik.

### III.2.3 Logam Tembaga (5,12,14)

Tembaga terletak pada golongan I B dalam daftar unsur periodik. Tembaga adalah logam dengan warna merah coklat, tidak mudah mengalami korosi, dapat menghantar arus listrik dan kalor dengan baik. Tembaga murni bersifat sangat lunak dan dapat digunakan dalam bentuk lembaran, dapat ditempa menjadi tipis dan menjadi kabel. Logam ini dapat membentuk senyawa sulfida,  $CuS$ , dan dapat bereaksi dengan  $HNO_3$  encer.

Penakaaian tembaga sangat luas antara lain pada industri kabel listrik, alat-alat rumah tangga dan peralatan elektronik.

Tembaga merupakan logam yang diperlukan dalam proses metabolisme tubuh manusia. Tembaga memegang peranan dalam enzim-enzim oksidase seperti katalase, peroksidase, sitokrom oksidasi. Kekurangan tembaga pada manusia dapat menyebabkan hypochromic myocroctie dan gejala kekurangan darah. Tembaga terdistribusi secara oral sepanjang jaringan, dalam konsentrasi cukup tinggi pada hati, ginjal, sumsum tulang dan otak. Dalam konsentrasi yang besar dapat mengakibatkan kerusakan pada ginjal.

Keracunan akut karena masuknya sejumlah tembaga secara oral yang berlebihan, umumnya ( $\text{CuSO}_4$ ) dapat menyebabkan kematian. Gejalanya adalah mual, muntah, koma dan penyakit kuning.

#### III.2.4 Logam Seng (5,12,14)

Seng terletak pada golongan II B dalam sistim periodik. logam seng adalah logam dengan warna putih kebiru-biruan, mudah menghantarkan panas dan arus listrik.

Pemakaian seng yang paling umum adalah sebagai pelapis pada atap, digunakan pada perkakas rumah tangga dan juga merupakan bahan logam campuran. Penggunaan lain dari Zn yaitu pada pabrik penyepuhan besi, perunggu, cat putih, email, kaca,

kertas dan sebagai pengawet kayu. Diperairan terdapat sebagai hasil buangan industri.

Seng tersebar luas di lingkungan, ditemukan dalam air, udara dan dalam semua organisme hidup.

Seng adalah unsur yang diperlukan oleh tubuh manusia untuk aktivitas insulin dan bekerjanya enzim-enzim tertentu pada tubuh. Secara normal otot, hati, ginjal dan pankreas mengandung seng dalam jumlah besar. Keracunan melalui mulut dilaporkan terjadi pada manusia. Gejala keracunan ini adalah demam, muntah, lambung kejang dan diare.

### III.3 Spektrofotometer Serapan Atom

#### III.3.1 Prinsip Kerja Spektrofotometer Serapan Atom (16,17)

Spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah suatu metode spektrofotometer yang memanfaatkan fenomena serapan sebagai dasar pengukurannya. Penyerapan energi sinar terjadi oleh atom-atom netral dalam keadaan gas, sinar yang diserap itu biasanya sinar tampak atau ultra lembayung.

Dalam analisis secara SSA, unsur yang dianalisis berada sebagai atom yang netral, dalam keadaan uap dan disinari

13

dengan berkas sinar yang berasal dari sumber sinar. Proses ini dapat dilaksanakan dengan jalan menghisap cuplikan melalui tabung kapiler dan menyemprotkannya ke dalam nyala api yang memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu sebagai kabut yang halus. Dengan demikian nyala api itu berfungsi sama seperti sel (kuvet) dan larutan dalam spektrofotometer serapan molekul. Untuk membebaskan atom-atom dari persenyawaannya dibutuhkan sejumlah energi yang umumnya diperoleh dari nyala hasil reaksi pembakaran. Untuk itu diperlukan bahan bakar gas.

Bila suatu senyawa tertentu dimasukkan dalam nyala, maka pertama-tama akan terjadi proses desolvasi (penguapan pelarut), sesudah terjadi proses desolvasi ini, sehingga yang tinggal adalah butiran-butiran halus padatan cuplikan. Berikutnya ada dua kemungkinan : pertama, butir-butir padat cuplikan itu langsung terurai, menjadi atom-atom unsur yang akan ditetapkan, atau butir-butir padat cuplikan itu berubah dulu menjadi uap dan uap inilah yang kemudian terurai menjadi atom-atom unsur.

Pada suhu kamar praktis semua atom suatu cuplikan berada dalam keadaan asas. Elektron dalam keadaan asas ini dapat tereksitasi ke tingkat energi elektron yang lebih tinggi oleh kalor nyala api. Keadaan tereksitasi ini terjadi amat singkat, kira-kira  $10^{-9}$  detik atau lebih pendek, kemudian akan segera kembali ke keadaan asas. Pada waktu kembali inilah akan dipancarkan oleh atom tersebut suatu kuantum energi sinar yang sesuai dengan nilai panjang gelombang tertentu.

### III.3.2 Hubungan Absorpsi Dengan Konsentrasi (17,21)

Seperti dijelaskan di atas, atom-atom unsur logam dapat menyerap sinar dengan panjang gelombang tertentu, penyerapan sinar ini sebanding dengan konsentrasi atom dalam nyala. Dengan mengukur penyerapan cahaya oleh atom-atom dalam nyala maka konsentrasi logam dalam contoh dapat ditentukan.

Hubungan antara penyerapan cahaya dan konsentrasi dinyatakan oleh hukum Lambert-Beer :

$$I = I_0 \cdot e^{-abc}$$

$$A = \log I_0/I = a b c$$

keterangan,

$I$  = Intensitas cahaya yang sampai pada detektor

$I_0$  = Intensitas cahaya dari sumber sinar

$A$  = Absorban

$a$  = Konstanta absorptivita

$b$  = Panjang medium absorpsi

$c$  = Konsentrasi

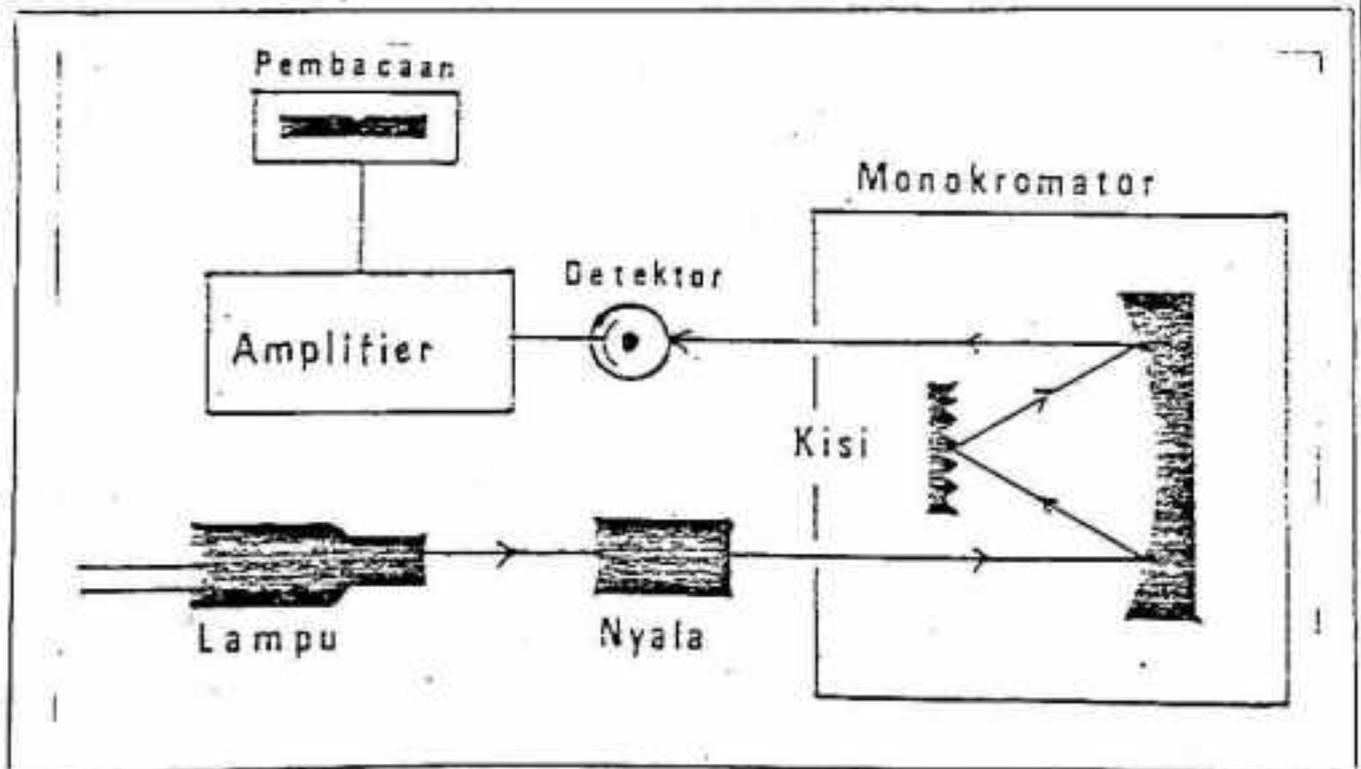
Dalam analisis unsur dengan panjang gelombang tertentu, absorptivita ( $a$ ) dan panjang medium absorpsi ( $b$ ) telah tertentu pula, sehingga nilai  $a$  dan  $b$  dalam persamaan di atas adalah tetap. Dengan demikian maka  $A$  sebanding dengan konsentrasi ( $c$ ).

Cara untuk menentukan konsentrasi larutan cuplikan adalah dengan membandingkan nilai absorban ( $A$ ) larutan cuplikan tersebut dengan nilai  $A$  dari larutan baku yang telah diketahui konsentrasinya. Selanjutnya dari  $A$  larutan baku tersebut dibuat kurva kalibrasi yaitu grafik hubungan antara absorban terhadap konsentrasi larutan baku yang merupakan sebuah garis lurus. Nilai absorban dari larutan cuplikan kemudian dialurkan pada grafik kurva kalibrasi tersebut sehingga konsentrasi larutan cuplikan dapat ditentukan.

### III.3.3 Peralatan Spektrofotometri Serapan Atom (15,17,21)

Instrumentasi spektrofotometer serapan atom secara garis besarnya terdiri atas 5 komponen utama yaitu :

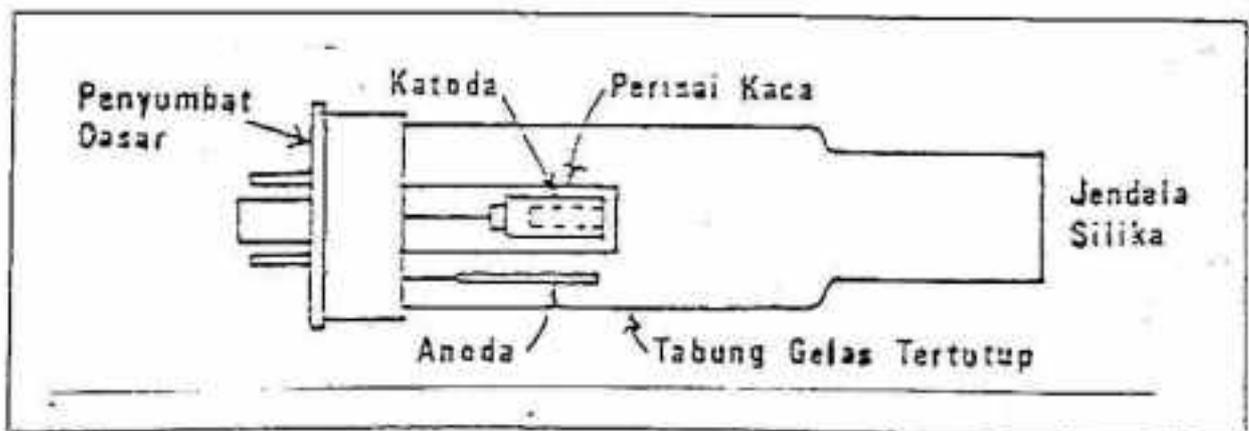
1. Sumber cahaya
2. Pengabut dan pembakar
3. Monokromator
4. Detektor
5. Amplifier dan pembacaan



Gambar : Skema rangkaian alat SSA

## 1. Sumber cahaya

Sumber cahaya berfungsi untuk memancarkan cahaya yang akan dipakai untuk mengeksitasi atom-atom dari unsur yang akan dianalisis. Sumber cahaya utama ini harus memancarkan cahaya resonan yang tajam dan interaksinya stabil. Sebagai sumber cahaya dipakai lampu katoda berongga. Lampu katoda ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan suatu anoda. Di bawah ini digambarkan susunan dari suatu lampu katoda berongga.



Gambar : Lampu katoda berongga

Katoda tersebut berbentuk silinder berongga yang terbuat dari atau yang permukaannya dilapisi dengan unsur yang sama dengan unsur yang dianalisis. Tabung lampu tersebut diisi dengan gas

mulia neon atau argon. Bila antara katoda dan anoda tersebut dipasang selisih tegangan yang tinggi, sampai 600 volt, maka mula-mula katoda akan memancarkan berkas elektron yang akan menuju ke anoda dengan kecepatan dan energi yang tinggi. Elektron-elektron yang bergerak dengan energi kinetik yang tinggi itu dalam perjalanannya menuju anoda akan bertabrakan dengan atom-atom gas mulia. Akibat dari tabrakan ini, maka atom-atom gas mulia itu akan kehilangan elektron dan berubah menjadi ion-ion positif. Ion-ion positif gas mulia ini akan menuju ke katoda dengan kecepatan dan energi yang tinggi, dan akan menabrak permukaan katoda tersebut dengan energi yang tinggi.

Akibatnya atom-atom unsur bahan katoda (yang sama dengan unsur yang dianalisis) akan terlempar keluar dan kemudian mengalami eksitasi ke tingkat yang lebih tinggi dan pada saat dieksitasi akan memecahkan spektrum pancaran dari unsur bahan katoda yang sama dengan unsur yang akan dianalisis. Jadi untuk

setiap jenis unsur yang akan dianalisis, harus digunakan lampu katoda berongga tersendiri yang sesuai,

## 2. Pengabut dan pembakar.

Pengabut berfungsi untuk mengubah larutan menjadi kabut. Pembakar berfungsi untuk mengubah ion logam menjadi atom. Dalam SSA yang menyerap cahaya adalah atom, sehingga unsur-unsur dalam senyawa yang akan ditentukan kadarnya harus direduksi ke bentuk atomnya. Oleh karena itu proses pengatoman memegang peranan penting dalam analisa ini.

Proses yang terjadi dalam sistem ini terdiri dari 2 tingkat :

1. pengabutan larutan agar dapat masuk ke dalam nyala, dan
2. Pengatoman unsur di dalam nyala dengan menggunakan pembakar.

Di dalam pembakar, campuran gas dan bahan dinyalakan untuk menghasilkan nyala, yang akan digunakan untuk mengatomkan unsur yang akan dianalisis.

Campuran gas yang biasa dipakai untuk menghasilkan nyala ialah : udara

dan asetilena;  $N_2O$  dan asetilena; campuran udara dan propana menghasilkan nyala dengan suhu  $1925^{\circ}C$ , dipakai untuk unsur-unsur yang mudah diatomkan, misalnya Cu dan Zn. Nyala campuran udara dan asetilena ( $2300^{\circ}C$ ) merupakan nyala standar, karena dapat mengatomkan kurang lebih 30 unsur. Campuran  $N_2O$  dan asetilena menghasilkan nyala yang paling tinggi suhunya ( $3300^{\circ}C$ ), biasanya dipakai untuk mengatomkan unsur Al, Si dan logam alkali tanah,

### 3. Monokromator,

Untuk menghilangkan gangguan yang berasal dari spektrum kontinyu yang dipancarkan oleh molekul-molekul gas bahan bakar yang tereksitasi di dalam nyala, digunakan monokromator. Monokromator ini terdiri dari kisi difraksi dan prisma. Monokromator berfungsi untuk menyaring cahaya, sehingga cahaya yang masuk ke larutan contoh adalah cahaya tunggal.

### 4. Detektor

Detektor berfungsi mengubah energi cahaya yang diterima menjadi

sinyal listrik. Detektor akan menerima 2 macam isyarat yang berselang seling dan akan diubah menjadi isyarat listrik bolak balik. Sedang isyarat kontinyu yang berasal dari nyala akan diubah menjadi isyarat arus searah. Isyarat arus bolak-balik dan isyarat arus searah itu oleh detektor akan diteruskan ke amplifier arus bolak-balik.

#### 5. Amplifier dan pembacaan

Amplifier akan menguatkan isyarat arus bolak balik dan melalui mekanisme pengolahan sinyal selanjutnya akan diperoleh hasil yang dapat terbaca pada alat pencatat. Isyarat arus searah yang berasal dari isyarat sinar kontinyu dari nyala, tidak akan diperkuat oleh amplifier.

#### III.3.4 Cara-Cara Melarutkan Cuplikan (8,8,17)

Karena peralatan yang tersedia mengharuskan cuplikan atau contoh yang akan ditentukan unsur logamnya berupa larutan, maka perlu diketahui cara-cara melarutkan contoh. Cara melarutkan contoh akan tergantung dari susunan dan bentuk.

Beberapa cara untuk melarutkan contoh dari materi biologis :

1. Melarutkan dengan air

Beberapa macam materi biologis dapat langsung dilarutkan dalam air. Namun demikian agar hasil analisis memberikan hasil yang baik dan pengatoman dari unsur yang lebih mudah, maka biasanya kepada larutan yang diperiksa ditambahkan sedikit asam nitrat.

2. Melarutkan dengan cara hidrolisis

Penentuan unsur-unsur logam dengan cara ini banyak digunakan, terutama untuk memeriksa unsur-unsur tersebut dari cuplikan buah-buahan dan tanah.

3. melarutkan dengan cara ekstraksi

Cara ini biasanya menggunakan zat pereaksi pengompleks seperti EDTA yang membentuk kompleks kelat dengan ion logam. Cara ekstraksi ini memberikan hasil yang baik untuk penetapan unsur Co, Ni, Fe dan Cr dari berbagai contoh pada pH 6.

4. Melarutkan dengan cara destruksi

Cara ini bertujuan untuk menghilangkan zat organik dari materi biolo-

gis sehingga yang tinggal hanya senyawa anorganiknya. Ada dua cara destruksi yang sering digunakan yaitu cara destruksi kering dan destruksi basah.

- Destruksi kering

Dalam cara kering, contoh dipanaskan secara bertahap di udara terbuka untuk menguapkan air, menguraikan dan mengoksidasi contoh, dan akhirnya contoh diabukan dalam tungku pemanas dalam suhu maksimum yang berkisar antara  $450^{\circ}$  -  $550^{\circ}\text{C}$ , yaitu bergantung pada contoh yang akan diperiksa.

Namun ada juga destruksi kering dengan suhu maksimum atau suhu pengabuan mencapai  $750^{\circ}\text{C}$  atau bahkan sampai  $980^{\circ}\text{C}$ . Hal ini akan mempercepat proses destruksi tersebut. Di lain pihak, untuk analisis unsur tertentu, kadang-kadang diperlukan suatu pengabuan yang tidak boleh terlalu tinggi, misalnya hanya  $300^{\circ}$ - $320^{\circ}\text{C}$ . Hal ini dapat dijumpai dalam analisis unsur-unsur kadmium yang dikhawatirkan akan menguap pada suhu pengabuan yang lebih tinggi. Makin rendah suhu pengabuan,

akan makin lama pula waktu yang diperlukan untuk proses tersebut, sedangkan makin tinggi suhu pengabuan, akan makin besar pula kemungkinan kehilangan unsur analit karena terbentuknya senyawa yang sukar larut.

- Destruksi basah

Cara destruksi basah menggunakan asam nitrat sebagai pengoksidasi, dengan dikombinasikan asam dengan pengoksidasi yang lain seperti asam sulfat, asam perklorat dan hidrogen peroksida. Karena adanya masalah yang ditimbulkan oleh penggunaan dari zat-zat tersebut sehingga cara ini jarang dipakai.

Dibandingkan dengan cara kering cara basah ini jelas berlangsung pada suhu yang jauh lebih rendah. Hal ini berarti bahwa kehilangan unsur analit karena penguapan akan jauh lebih kecil atau bahkan dapat ditiadakan. Di lain pihak cara basah menyita waktu lama dan diperlukan perhatian analisis yang besar terus menerus di samping banyaknya uap toksik yang

terjadi. Jumlah asam-asam yang dipakai juga merupakan sumber kontaminan yang potensial.

- Metode kombinasi

Baru-baru ini telah dikembangkan suatu cara, yang sebenarnya merupakan kombinasi dari cara basah dan cara kering, yang pada garis besarnya adalah sebagai berikut :

- a. Mula-mula contoh didestruksi secara kering dalam tungku , dengan suhu pengabuan yang relatif rendah yaitu  $375^{\circ}\text{C}$ .
- b. Kemudian kepada residu/abu yang diperoleh dibubuhkan asam klorida untuk dipanaskan sampai  $90^{\circ}\text{C}$
- c. Akhirnya larutan dikisatkan sampai tepat kering, didinginkan dan residu dilarutkan dalam asam encer yang sesuai.

### III.3.5 Keunggulan dan Kelemahan Metode SSA (17,21)

#### III.3.5.1 Keunggulan SSA

##### 1. Kepekaan (sensitivitas)

Metode SSA mempunyai kepekaan tinggi, karena dapat mengukur kadar logam pada

tingkat di bawah 1 bpj, bahkan alat shimadzu AA-640-13 ini pada unsur-unsur tertentu dapat mengukur hingga tingkat bpb.

## 2. Selektivitas

Metode ini cukup tinggi selektivitasnya sehingga dapat digunakan untuk menentukan beberapa unsur sekaligus dalam suatu larutan cuplikan tanpa perlu penisahan.

## 3. Ketelitian dan ketepatan

Ketelitian SSA relatif baik karena gangguan dalam pengukuran ternyata lebih kecil dibandingkan dengan cara spektrofotometri biasa dan cara instrumen lainnya. Ketepatannya juga baik karena kesederhanaan isyarat dan ketelitian hasil pengukuran yang menjadi dasar pembuatan kurva kalibrasi.

## 4. Pengerjaan dan pemeliharaan alat SSA tidak memerlukan ketrampilan yang tinggi.

### III.3.5.2 Kelemahan SSA

1. Gangguan kimia yang merupakan hasil dari berbagai proses kimia yang terjadi selama proses atomisasi, sehingga dapat merubah karakteristik serapan dari zat yang akan di ukur. Contoh dari gangguan kimia yaitu karena terjadinya disosiasi yang tidak sempurna dari senyawa.
2. Beberapa nyala lebih tepat untuk beberapa jenis unsur tertentu, sehingga bertambahnya analit yang akan ditentukan memerlukan tidak hanya suatu penukaran sumber sinar dan setting, tetapi juga penukaran terhadap nyala, pembakar dan sumber gas.
3. Gangguan spektral kadang-kadang juga memberikan kesulitan yang cukup berarti. Gangguan spektral timbul bila serapan atau emisi zat pengganggu mempengaruhi atau dekat sekali dengan serapan atau emisi dari zat yang akan diukur.

**BAB IV**  
**PELAKSANAAN PENELITIAN**

**IV.1 Alat-alat yang Digunakan**

1. Spektrofotometer Serapan atom (Shimadzu AA640 13)
2. Tanur (Sybron)
3. Neraca Analitik (Sartorius)
4. Blender
5. Lampu katoda berongga Cd, Cu, Pb, Zn
6. Kompor listrik
7. Cawan porselin
8. Labu tentukur 50 ml, 100 ml, 1000 ml
9. Pipet volume 1 ml, 5 ml, 10 ml
10. Erlenmeyer 250 ml, 500 ml
11. Gelas kimia 250 ml
12. Corong
13. Batang aduk
14. Gelas ukur
15. Karet hisap

**IV.2 Bahan-bahan yang Digunakan**

- |                     |          |
|---------------------|----------|
| 1. Asam nitrat p.a  | E. Merck |
| 2. Asam klorida p.a | E. Merck |
| 3. Kadmium klorida  | E. Merck |
| 4. Timbal nitrat    | E. Merck |
| 5. Serbuk seng      |          |
| 6. Logam tembaga    |          |

7. Air suling

8. Asetilena

#### IV.3 Pengambilan Contoh

Sebelum dilakukan pengambilan contoh kerang di perairan Tanjung Bunga Ujung Pandang, terlebih dahulu lokasi pengambilan contoh dibagi dalam 2 zona yaitu :

- Zona 1, disebelah selatan, dekat muara sungai jeneberang
- Zona 2, disebelah utara, dekat menara.

#### IV.4 Penyiapan Contoh

Setiap jenis contoh dikumpulkan, dicuci dengan air, kemudian direbus selama 10 menit. Setelah didinginkan daging kerang dipisahkan dari cangkangnya, lalu dikeringkan dengan pemanasan tidak langsung. Setelah kering diserbukkan.

#### IV.5 Metode Analisis

##### IV.5.1 Penyiapan Larutan Contoh (8,9,10)

- a. Ditimbang dengan teliti 5 gram contoh kerang dalam cawan porselin.
- b. Diabukan dalam tanur pada suhu  $375^{\circ}\text{C}$  sampai diperoleh abu yang berwarna keputih-putihan, didinginkan.
- c. Ditambahkan 5 ml HCl 8N ke dalam cawan yang berisi abu, kemudian dipanaskan dengan pemanasan rendah sampai kering.

- d. Ditambahkan 15 ml HCl 3N, dipanaskan sampai mendidih, didinginkan dan disaring melalui kertas saring, filtrat dimasukkan ke dalam labu tentukur.
- e. Cawan dicuci dengan air sedikitnya tiga kali, disaring air cucian lalu dimasukkan ke dalam labu tentukur.
- f. Kertas saring dicuci dan dimasukkan air cucian ke dalam labu tentukur 100 ml yang sama, dicukupkan volumenya dengan air suling hingga batas

#### IV.5.2 Penetapan Kadar Logam Pb, Cd, Cu dan Zn Secara Spektrofotometri Serapan Atom

##### IV.5.2.1 Pembuatan Larutan Baku (9)

- a. Pembuatan larutan baku Cd  
1000 bpj

Ditimbang dengan teliti 0,1790 gram  $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , dilarutkan dalam asam nitrat 1:1, larutan masukkan ke dalam labu tentukur 100 ml dan dicukupkan volumenya dengan air suling hingga batas.

b. Pembuatan larutan baku Cu  
1000 bpj

Ditimbang dengan teliti 0,1000 gram tembaga, kemudian dilarutkan dalam 10-15 ml asam nitrat lalu dipanaskan, kemudian didinginkan. Larutan masukkan ke dalam labu tentukur 100 ml dan dicukupkan volumenya dengan air suling hingga batas.

c. Pembuatan larutan baku Pb  
1000 bpj

Ditimbang dengan teliti 0,1599 gram  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , kemudian dilarutkan dalam asam nitrat 1:1, larutan masukkan ke dalam labu tentukur 100 ml dan dicukupkan volumenya dengan air suling hingga batas.

d. Pembuatan larutan baku Zn  
1000 bpj

Ditimbang dengan teliti 0,1000 gram serbuk seng, dilarutkan dalam asam klorida pekat lalu dipanaskan, kemudian didinginkan. Larutan masukkan

ke dalam labu tentukur 100 ml dan dicukupkan volumenya dengan air suling hingga batas.

- e. Pembuatan larutan baku Cd, Cu, Pb dan Zn masing-masing 100 bpj  
 Dipipet masing-masing 10 ml dari larutan baku 1000 bpj untuk keempat jenis logam tersebut lalu di masukkan dalam labu tentukur 100 ml. Diencerkan dan tepatkan volumenya dengan air suling hingga batas.

#### IV.5.2.2 Pembuatan Kurva Baku

Dari keempat larutan baku 100 bpj di atas, dibuatlah deret larutan baku sebagai berikut :

Cd : 0,01 bpj; 0,03 bpj; 0,05 bpj;  
 0,07 bpj

Cu : 0,08 bpj; 0,11 bpj; 0,14 bpj;  
 0,18 bpj

Pb : 0,01 bpj; 0,06 bpj; 0,1 bpj;  
 0,2 bpj .

Zn : 0,2 bpj; 0,4 bpj; 0,8 bpj;  
 1,2 bpj

#### IV.5.2.3 Pengukuran Logam Pb, Cd, Cu dan Zn Dalam Contoh

Dipindahkan larutan contoh ke dalam alat pengukuran kemudian diukur serapannya dengan menggunakan alat spektrofotometer serapan atom, pada :

- panjang gelombang 228,8 nm  
untuk Cd
- panjang gelombang 324,7 nm  
untuk Cu
- panjang gelombang 217,0 nm  
untuk Pb
- panjang gelombang 213,9 nm  
untuk Zn

#### IV.6 Analisis Data (18,19)

Dari hasil pengukuran serapan larutan baku pada panjang gelombang tertentu dibuatlah grafik untuk masing-masing logam. Untuk menarik garis lurus pada grafik antara serapan dengan konsentrasi ini perlu bantuan persamaan garis regresi. Sumbu X adalah konsentrasi dalam bpj, sedangkan sumbu Y adalah nilai serapan (A).

Persamaan garis lurus adalah  $Y = a + bx$ , dengan :

a adalah suatu konstanta

b adalah  $\text{tg } \alpha$

Nilai-nilai a dan b dapat dihitung dengan memakai rumus

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

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

Bila sudah didapatkan, maka antara serapan dan konsentrasi diuji korelasinya dengan menggunakan persamaan koefisien korelasi sebagai berikut :

$$r = \frac{n \times \Sigma XY - \Sigma X \times \Sigma Y}{[(n \times \Sigma X^2) - (\Sigma X)^2]^{1/2} [(n \times \Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2]^{1/2}}$$

nilai r secara teori bisa :

- +1 : berarti ada korelasi positif
- 0 : berarti tidak ada korelasi
- 1 : berarti ada korelasi negatif

Penelitian ini menggunakan data statistik *Rancangan Acak Kelompok Faktorial*, menggunakan taraf signifikan 5% atau 1%, sehingga apabila harga F hitung lebih besar dari F tabel, berarti terdapat perbedaan yang berarti (signifikan) dan apabila harga F hitung lebih kecil dari F tabel, berarti tidak terdapat perbedaan yang berarti (non signifikan).

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis kimia terhadap tiga jenis kerang yaitu *Anadara granosa*, *Tagellus plebeius*, *Mercenaria farmae* yang berasal dari perairan Tanjung Bunga selama periode Desember 1994 - Januari 1995, diperoleh data kandungan unsur Cd, Cu, Pb dan Zn, yang dinyatakan dalam bpj ( $\mu\text{g/g}$  bobot kering), sebagaimana terlihat pada Tabel V, VI, VII, VIII.

#### A. Logam Kadmium (Cd)

Uji F terhadap data yang diperoleh (Tabel V) menunjukkan bahwa kandungan unsur Cd pada daging kerang dengan parameter jenis kerang, lokasi pengambilan dan periode pengambilan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ( $F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$  pada taraf kepercayaan 5% dan 1%), (Lampiran B).

Hasil penentuan ini dapat memberikan gambaran tentang kandungan unsur Cd pada daging kerang berdasarkan jenis kerang, lokasi pengambilan contoh dan periode pengambilan yaitu berkisar antara 0,2576 - 0,4444 bpj. Harga rata-rata ini masih relatif aman bila dibandingkan dengan batas maksimum unsur Cd dalam bahan makanan yang dipersyaratkan yaitu 1 bpj.

Adanya logam kadmium diduga berasal dari buangan sampah perkotaan yang masuk ke lokasi tersebut. Seperti telah disebutkan pada bab III,

kadmium sangat luas pemakaiannya dalam produk-produk industri seperti baterai, alat-alat listrik.

#### B. Logam Tembaga (Cu)

Uji F terhadap data yang diperoleh (Tabel VI) menunjukkan bahwa kandungan unsur Cu pada daging kerang dengan parameter jenis kerang terdapat perbedaan yang sangat nyata, lokasi pengambilan tidak terdapat perbedaan yang nyata dan parameter periode pengambilan menunjukkan perbedaan yang nyata, (Lampiran C).

Kadar logam Cu pada daging kerang berdasarkan jenis kerang, lokasi pengambilan dan periode pengambilan berkisar antara 1,9519 - 2,1663 bpj. Kandungan unsur Cu dalam daging kerang bila dibandingkan dengan batas maksimum yang dipersyaratkan oleh US FDA yaitu 1 bpj maka daging kerang telah mengandung unsur Cu yang melebihi kadar yang dianggap aman.

Adanya logam tembaga diduga berasal dari buangan kota, yang berasal dari produk industri kabel listrik dan alat rumah tangga, dan juga digunakan untuk bahan pengawet kayu.

Terjadinya perbedaan konsentrasi logam Cu dalam ketiga jenis kerang disebabkan oleh kemampuan masing-masing jenis kerang dalam mengeliminasi kadar logam tembaga yang terakumulasi dalam tubuhnya, sedangkan terjadinya perbedaan konsentrasi logam Cu

dalam daging kerang selama periode pengambilan mungkin karena faktor lingkungan yang mempengaruhi kandungan logam dalam air.

### C. Logam Timbal (Pb)

Uji F terhadap data yang diperoleh (Tabel VII) menunjukkan bahwa kandungan unsur Pb pada daging kerang dengan parameter jenis kerang, lokasi pengambilan tidak terdapat perbedaan yang nyata, sedangkan parameter periode pengambilan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata, (Lampiran D).

Kadar unsur timbal (Pb) pada daging kerang berdasarkan jenis kerang, lokasi pengambilan dan periode pengambilan yaitu berkisar antara 0,5018 - 0,7442 bpj. Kandungan unsur Pb dalam daging kerang ini masih relatif aman bila dibandingkan dengan batas maksimum unsur Pb dalam bahan makanan yang dipersyaratkan yaitu 2 bpj.

Terjadinya perbedaan konsentrasi timbal selama periode pengambilan hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan yang mempengaruhi kandungan logam dalam air. Adanya logam timbal disebabkan buangan sampah kota yang berasal dari lempengan baterai dan aki serta dari pewarna cat, diduga pula oleh adanya pemakaian tetra etil timbal sebagai zat anti knock dalam bahan bakar bensin.

#### D. Logam Seng (Zn)

Uji F terhadap data yang diperoleh (Tabel VIII) menunjukkan bahwa kandungan unsur Zn pada daging kerang dengan parameter jenis kerang, lokasi pengambilan dan periode pengambilan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata, (Lampiran E).

Hasil penentuan ini dapat memberikan gambaran tentang kandungan unsur Zn pada daging kerang yaitu berkisar antara 5,0670 - 9,4990 bpj. Harga rata-rata ini masih relatif aman bila dibandingkan dengan batas maksimum unsur Zn dalam bahan makanan yang dipersyaratkan tidak boleh melebihi 50 bpj.

Adanya logam seng diduga berasal dari pelapis atap rumah tangga karena banyaknya populasi perumahan penduduk, dan sumber alami juga menjadi akibat sehingga kandungan seng dijumpai pada organ tubuh.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis kandungan logam Pb, Cd, Cu dan Zn pada tiga jenis kerang yang berasal dari perairan Tanjung Bunga Ujung Pandang dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Ketiga jenis kerang yang diteliti mengandung logam Pb, Cd, Cu dan Zn.
2. Kandungan logam Cu dalam daging kerang yang diteliti melebihi batas yang diizinkan oleh US FDA, sedangkan kadar Cd, Pb dan Zn masih dibawah batas yang dianggap berbahaya.

#### VI.2 Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis kandungan logam berat merkuri (Hg), arsen (As) pada kerang.
- Penelitian lebih lanjut sebagai upaya monitoring setiap saat perlu dilakukan, tentu saja dengan metode yang sama. Sehingga data yang diperoleh pada penelitian kali ini dapat dijadikan bahan rujukan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Dharma, B. (1988), *Siput dan Kerang Indonesia I*, P.T. Sarana Graha, Jakarta, 1-3, 9, 15-16.
2. Asikin, J. (1982), *Kerang Hijau*, Penerbit Teratai, Bandung, 25.
3. Nontji, A. (1987), *Laut Nusantara*, Djambatan, Jakarta, 166-170.
4. Diannanjaya, I. (1989), *Distribusi Logam Berat Cd, Cu, Pb dan Zn Dalam Sedimen Permukaan Laut Dangkal*, Skripsi Sarjana Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
5. Sjamsudin, U. (1987), *Logam Berat dan Antagonis*, dalam *Farmakologi dan Terapi* (Gan, S. dan Setiabudy, R. Eds.), Edisi III, Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta, 706-710, 717-718.
6. Pomeranz, Y. dan Meloan, E.C. (1971), *Food Analysis Theory And Practice*, Revised Edition, AVI Publishing Company, INC, Westport, Connecticut, 551-556.
7. Garratt, D.C. (1960), *The Quantitative Analysis of Drugs*, Third Edition, Toppan Company, Limited, Tokyo, Japan, 856-858.
8. Boes, E. (1991), *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, Volume I, No. 1, Jakarta.

9. Pearson, D. (1976), *The Chemical Analysis of Food*, Seventh Edition, Churchill Livingstone, London, 79-94.
10. Apriyantono, A., dkk. (1989), *Analisis Pangan*, Departemen Pendidikan dan kebudayaan, IPB, Bogor, 30-32.
11. Storer, T.I., Usinger, R.L., Stabbins, R.C., dan Nybakken, J.W. (1978), *General Zoology*, 6<sup>th</sup>Ed, Mc Graw Hill Book Co, New York, 494-500.
12. Goyer, R. (1975), *Toxic Effects of Metals* dalam *Toxicology The Basic Science of Poison*, (Klaassen, C.D., Andur, M.O., Doull, J. Eds.), Macmillan Publishing Company, New York, 468-470, 472-473, 496-498.
13. Istiantoro, Y.H. (1981), *Logam Berat dan antagonis* dalam *Farmakologi dan Terapi* (Soeharto, B. dan Gan, S. Eds.), Edisi II, Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Univeristas, Jakarta, 826.
14. Mutschler, E. (1981), *Dinamika Obat*, edisi Kelima, Penerbit ITB, Bandung. 738-741.
15. Hutagalung, H. (1980), *Mengenal A.A.S. Pewarta Oseana*, LIPI, Lembaga Oseanologi Nasional, Jakarta, 17-22.
16. Permadi, W., (1989), *Perkembangan Instrumentasi dan Metode Analisis Spektrofotometri Ultra Violet - Sinar Tampak, Spektrofotometri Infra Merah dan*

- Spektrofotometri Resapan Atom Serta Beberapa Aspek Penting Yang Berkaitan Dengan Metode Tersebut*, Laboratorium Riset dan Aplikasi P.T. Ditek Jaya, 34-42.
17. Noor, A. (1989), *Spektroskopi Analitik*, Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia, FMIPA, UNHAS, Ujung Pandang, 3-20.
  18. Hanafiah, A.K. (1994), *Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Palembang, 100-115.
  19. Martin, A., Swarbrick, J., Cammarata, A. (1990), *Farmasi Fisik*, Edisi Ketiga, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 19-25.
  20. Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. (1988), *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*, Liberty, Yogyakarta, 152-158.
  21. Van Loon, J.C. (1980), *Analytical Atomic Absorption Spectroscopy*, Department of Geology and Chemistry, Universitas Toronto, Canada, 161-173.
  22. Kasin, S. (1991), *Analisis Logam Berbahaya Pb, Zn dan Cd Dalam Daging Bekicot (Achatina fulica, Bowdich) Asal Daya Kotamadya ujung Pandang Secara Spektrofotometri Serapan Atom*, Lembaga Penelitian Universitas Hasanuddin, Ujung Pandang.
  23. Barnes, D.R. (1980), *Invertebrata Zoology*, Fourth Edition, Saunders College Philadelphia, Holt-Saunders, Japan, Tokyo, 404-407, 414, 431.

Tabel I

Hasil Pengamatan Serapan Larutan Baku Logam Kadmium (Cd)  
Pada Panjang Gelombang 228,8 nm

Konsentrasi (bpj)	Serapan
0,01	0,0028
0,03	0,0054
0,05	0,0083
0,07	0,0109

Persamaan garis regresi :  $Y = a + bX$

dimana Y adalah serapan

X adalah konsentrasi dalam bpj

Berdasarkan rumus yang telah diterangkan pada

BAB IV butir 8, maka didapat nilai

$$a = 0,0015$$

$$b = 0,1345$$

$$r = 0,999$$

maka persamaan garis regresi menjadi

$$Y = 0,0015 + 0,1345 X$$

Tabel II

Hasil Pengamatan Serapan Larutan Baku Logam Tembaga (Cu)  
Pada Panjang Gelombang 324,7 nm

Konsentrasi (bpj)	Serapan
0,08	0,0011
0,11	0,0034
0,14	0,0065
0,18	0,0101

Persamaan garis regresi :  $Y = a + bX$

dimana Y adalah serapan

X adalah konsentrasi dalam bpj

Berdasarkan rumus yang telah diterangkan pada

BAB IV butir 6, maka didapat nilai

$$a = - 0,0064$$

$$b = 0,0913$$

$$r = 0,998$$

maka persamaan garis regresi menjadi

$$Y = - 0,0064 + 0,0913 X$$

Tabel III

Hasil Pengamatan Serapan Larutan Baku Logam Timbal (Pb)  
Pada Panjang Gelombang 217,0 nm

Konsentrasi (bpj)	Serapan
0,01	0,0049
0,06	0,0069
0,10	0,0086
0.20	0,0130

Persamaan garis regresi :  $Y = a + bX$

dimana Y adalah serapan

X adalah konsentrasi dalam bpj

Berdasarkan rumus yang telah diterangkan pada

BAB IV butir 6, maka didapat nilai

$$a = 0,0044$$

$$b = 0,0428$$

$$r = 0,999$$

maka persamaan garis regresi menjadi

$$Y = 0,0044 + 0,0428 X$$

Tabel IV

Hasil Pengamatan Serapan larutan baku Logam seng (Zn)  
Pada Panjang gelombang 213,9 nm

Konsentrasi (bpj)	Serapan
0,2	0,015
0,4	0,034
0,8	0,066
1,2	0,096

Persamaan garis regresi :  $Y = a + bX$

dimana Y adalah serapan

X adalah konsentrasi dalam bpj

Berdasarkan rumus yang telah diterangkan pada

BAB IV butir 6, maka didapat nilai

$$a = 0,0005$$

$$b = 0,0804$$

$$r = 0,998$$

Persamaan garis regresi menjadi

$$Y = 0,0005 + 0,0804 X$$

TABEL V

Hasil Analisis Kandungan Logam Kadmium (Cd) Dalam Kerang

Lokasi / Jenis	Serapan			Konsentrasi ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Periode Pengambilan			Periode Pengambilan		
	I	II	III	I	II	III
<u>Zone A</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0040	0,0050	0,0030	0,3717	0,5204	0,2230
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0040	0,0040	0,0043	0,3717	0,3717	0,4164
<i>Tagellus plebeius</i>	0,0050	0,0040	0,0038	0,5204	0,3717	0,3123
<u>Zone B</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0035	0,0037	0,0025	0,2974	0,3271	0,1487
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0037	0,0030	0,0038	0,3271	0,2230	0,3123
<i>Tagellus plebeius</i>	0,0040	0,0040	0,0046	0,3717	0,3717	0,4608

Keterangan :

Zone A : Terletak di bagian selatan di dekat muara sungai Jeneberang. Keadaan lokasi ini berlumpur bercampur pasir serta mengandung sedikit tanah liat.

Zone B : Terletak di bagian utara di dekat menara. Keadaan lokasi ini berpasir dan lumpur sedikit.

Tabel VI

Hasil Analisis Kandungan logam Tembaga (Cu) Dalam kerang

Lokasi / Jenis	Serapan			Konsentrasi ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Periode Pengambilan			Periode Pengambilan		
	I	II	III	I	II	III
<u>Zone A</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0034	0,0023	0,0026	2,1468	1,9058	1,9715
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0034	0,0036	0,0036	2,1468	2,1906	2,1906
<i>Tagellus plebeius</i>	0,0031	0,0028	0,0023	2,0810	2,0153	1,9058
<u>Zone B</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0035	0,0025	0,0026	2,1687	1,9496	1,9715
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0036	0,0036	0,0033	2,1906	2,1906	2,1249
<i>Tagellus. plebeius</i>	0,0028	0,0027	0,0023	2,0153	1,9934	1,9058

Tabel VII

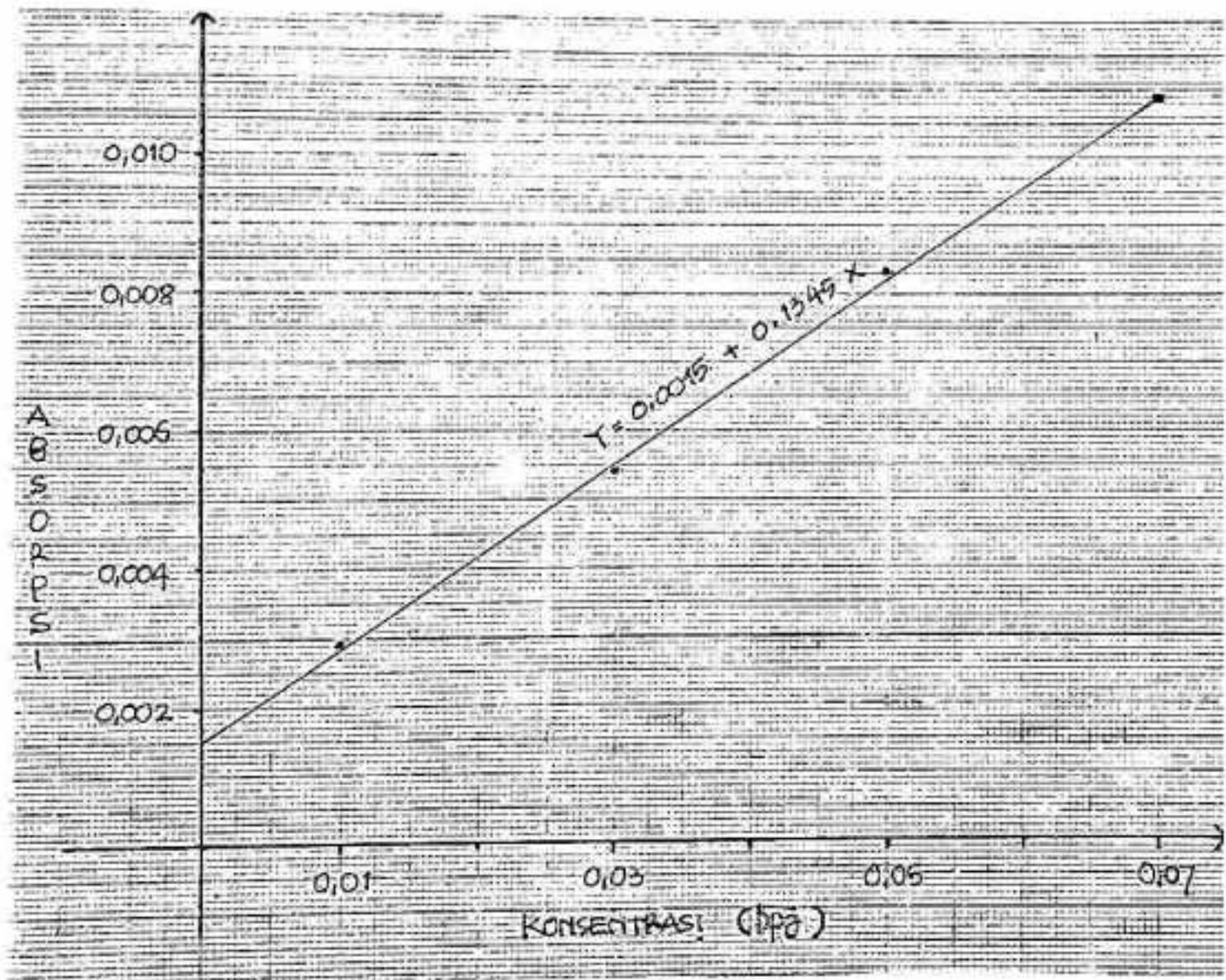
Hasil Analisis Kandungan Logam Timbal (Pb) Dalam Kerang

Lokasi / Jenis	Serapan			Konsentrasi (ug/g)		
	Periode Pengambilan			Periode Pengambilan		
	I	II	III	I	II	III
<u>Zone A</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0052	0,0055	0,0080	0,3738	0,5140	0,7477
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0058	0,0057	0,0061	0,6542	0,6075	0,7944
<i>Tagellus plebeius</i>	0,0056	0,0058	0,0061	0,5607	0,6542	0,7944
<u>Zone B</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0058	0,0056	0,0080	0,6542	0,6542	0,7477
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0053	0,0056	0,0058	0,4208	0,5607	0,6542
<i>Tagellus plebeius</i>	0,0059	0,0054	0,0080	0,7009	0,4673	0,7477

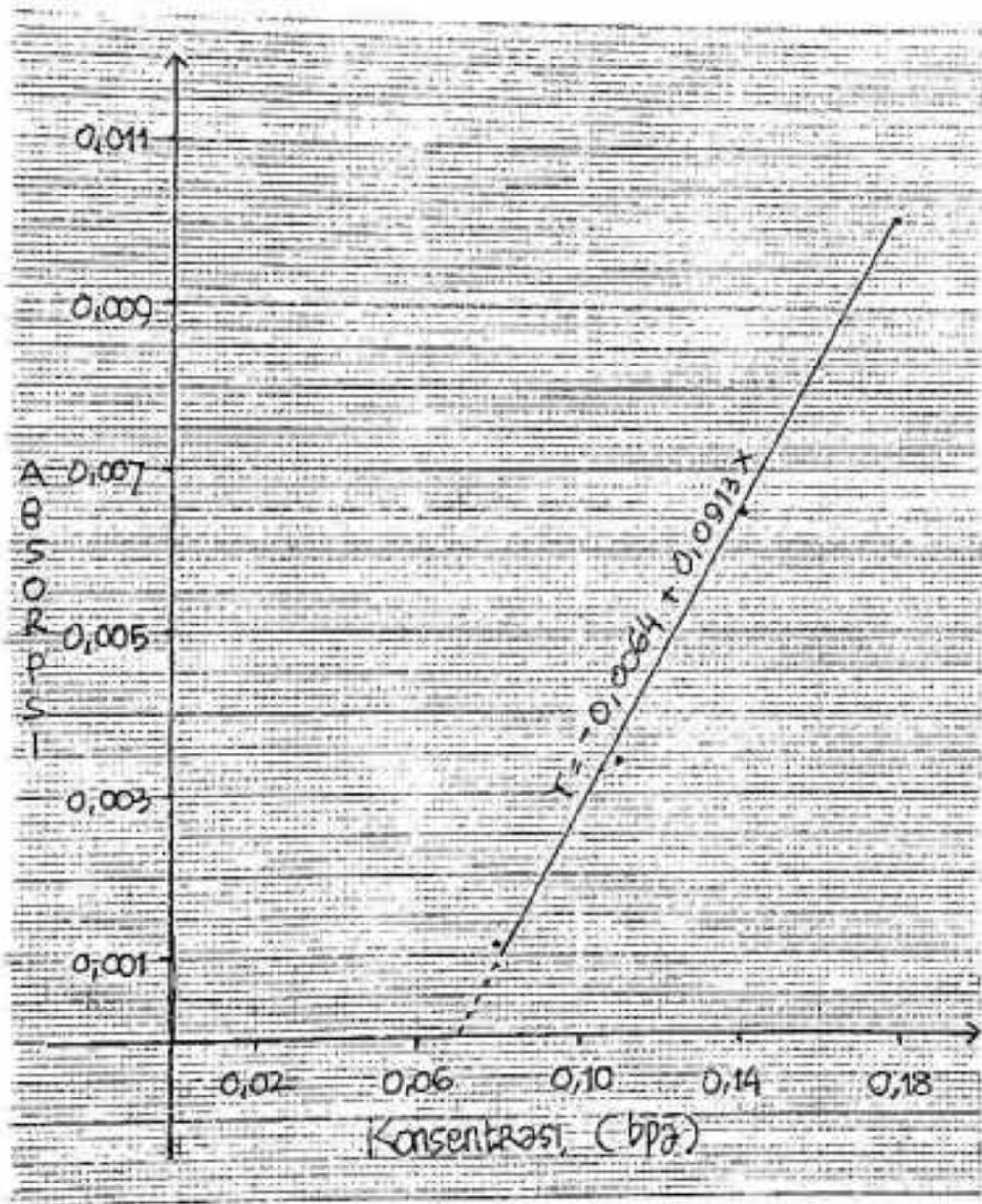
Tabel VIII

Hasil Analisis Kandungan Logam Seng (Zn) Dalam Kerang

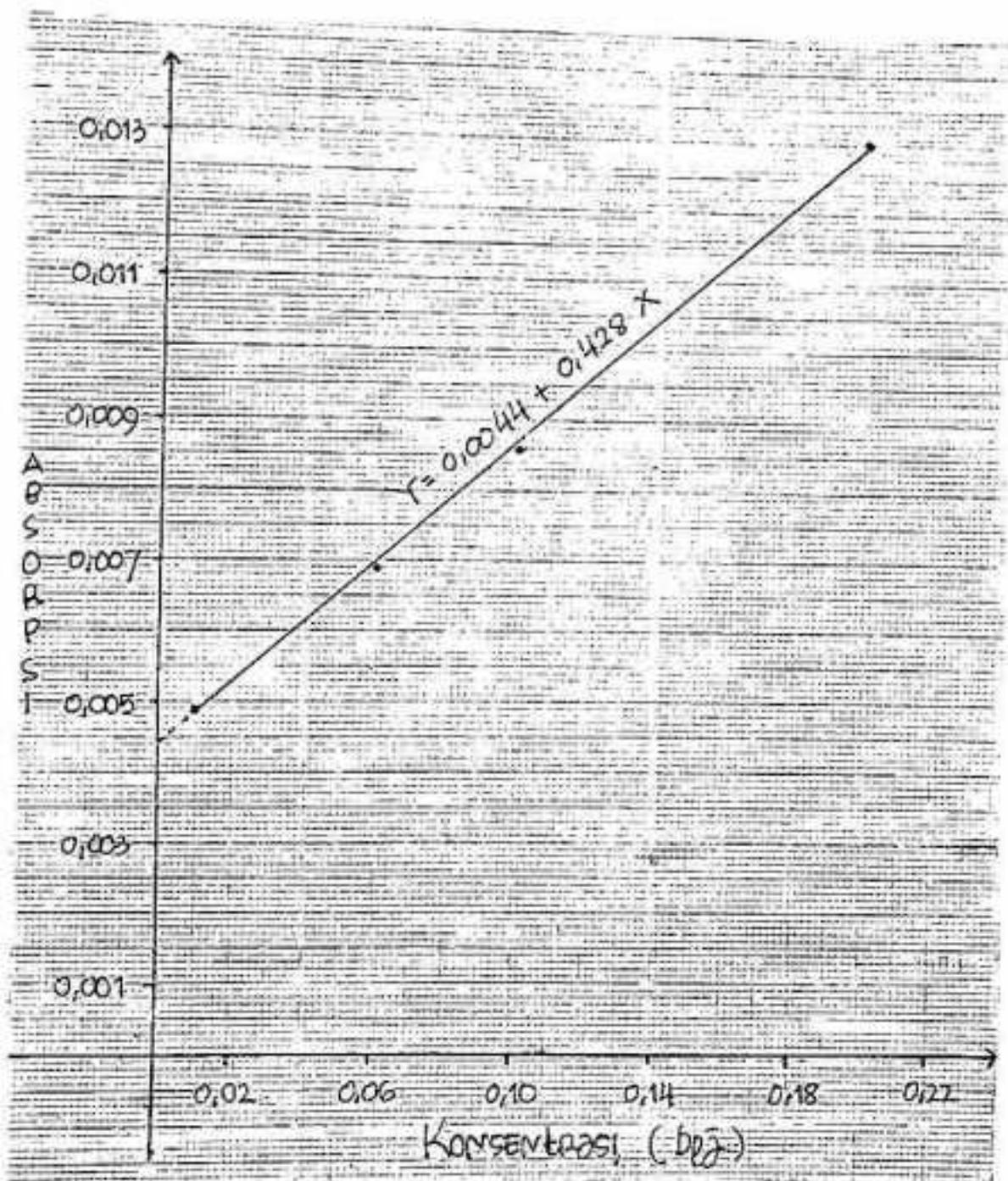
Lokasi / Jenis	Serapan			Konsentrasi ( $\mu\text{g/g}$ )		
	Periode Pengambilan			Periode Pengambilan		
	I	II	III	I	II	III
<u>Zone A</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0340	0,0370	0,0310	8,3333	9,0796	7,5871
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0230	0,0310	0,0280	5,5970	7,5871	6,8408
<i>Tagellus plebeius</i>	0,0360	0,0330	0,0290	8,8308	8,0846	7,0895
<u>Zone B</u>						
<i>Anadara granosa</i>	0,0270	0,0330	0,0210	6,5820	8,0846	5,0995
<i>Mercenaria farmae</i>	0,0270	0,0270	0,0310	6,5820	6,5820	7,5871
<i>Tagellus plebeius</i>	0,0350	0,0300	0,0230	8,5821	7,3383	5,5970



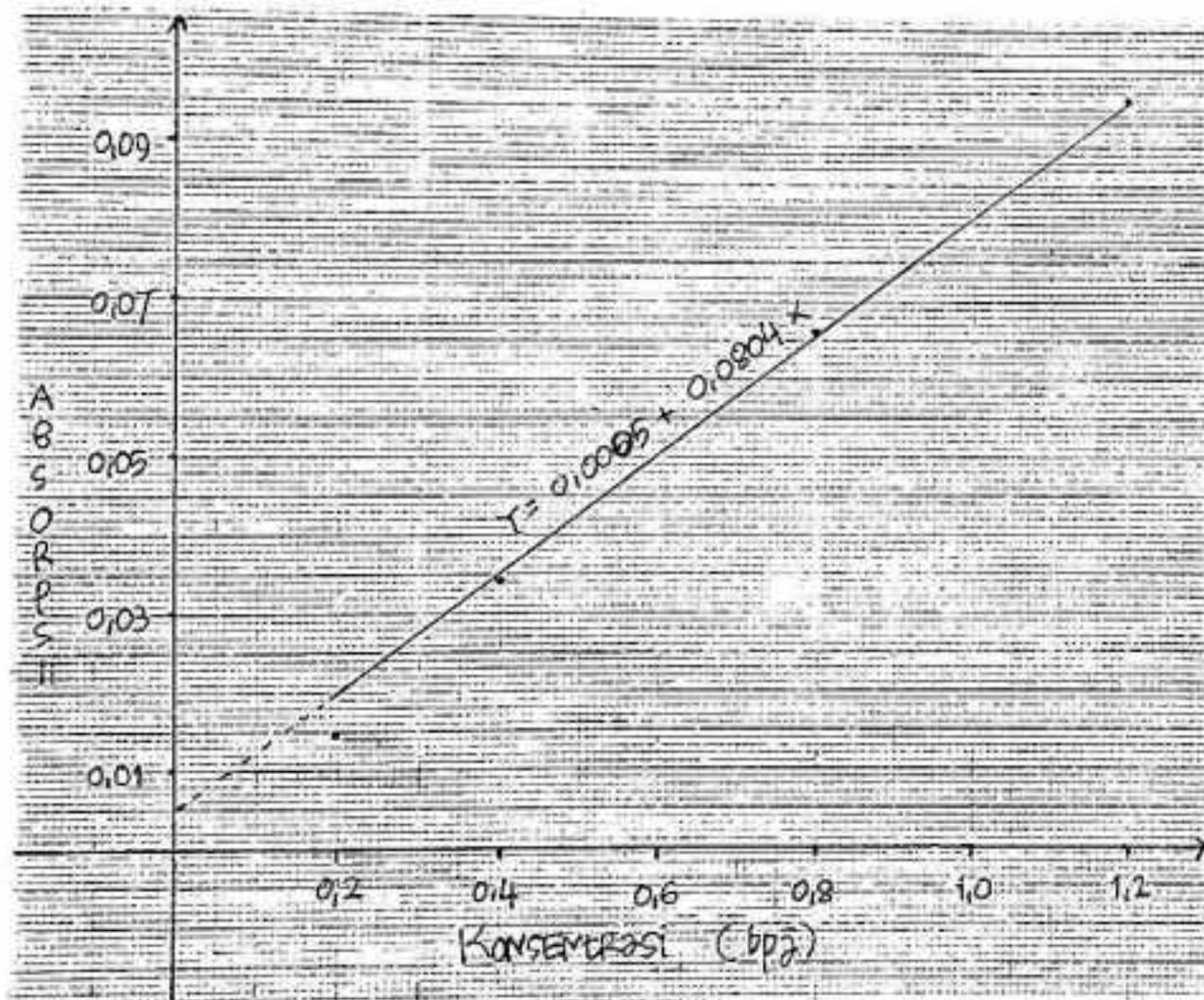
Gambar 1. Grafik Kurva Baku Logan Cd



Gambar 1. Grafik Kurva Baku Logam Cu



Gambar 1. Grafik Kurva Baku Logam Pb



Gambar 1. Grafik Kurva Baku Logam Zn

### Lampiran A

Contoh Perhitungan Hasil Analisis Unsur Kadmium

Nama contoh : *Anadara granosa*

Serapan : 0,0040

Konsentrasi :  $Y = 0,0015 + 0,1345 X$

$$0,0040 = 0,0015 + 0,1345 X$$

$$0,0040 - 0,0015$$

$$X = \frac{\quad}{0,1345}$$

$$= 0,0186 \mu\text{g/ml}$$

Volume contoh : 100 ml

Bobot kering : 5 g

Sehingga konsentrasi dalam  $\mu\text{g/g}$  dapat diperoleh :

$$\text{Konsentrasi} = \frac{V_p \text{ (ml)} \times \text{konsentrasi } (\mu\text{g/ml})}{\text{Bobot kering (g)}}$$

$$= \frac{100 \text{ ml} \times 0,0186 \mu\text{g/ml}}{5 \text{ g}}$$

$$= 0,3717 \mu\text{g/g}$$

$$= 0,3717 \text{ bpj}$$

### Lampiran B

Perhitungan Uji Statistik Logam Cd Terhadap Kadar Masing-masing Jenis Kerang, Lokasi dan Waktu Pengambilan Menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial

Lokasi / Jenis	Periode Pengambilan			Jumlah
	I	II	III	
<u>Zone A</u>				
<i>Anadara granosa</i>	0,3717	0,5204	0,2230	1,1151
<i>Mercenaria farmae</i>	0,3717	0,3717	0,4184	1,1598
<i>Tagellus plebeius</i>	0,5204	0,3717	0,3123	1,2044
<u>Zone B</u>				
<i>Anadara granosa</i>	0,2974	0,3271	0,1487	0,7732
<i>Mercenaria farmae</i>	0,3271	0,2230	0,3123	0,8624
<i>Tagellus plebeius</i>	0,3717	0,3717	0,4609	1,2043
Jumlah Total	2,2600	2,1856	1,8736	6,3192

Data Kandungan Unsur Cd (bpj) Dalam Kerang Menurut Kombi-nasi Lokasi-Jenis Kerang

Jenis Kerang	Lokasi		Jumlah
	A	B	
<i>Anadara granosa</i>	1,1151	0,7732	1,8883
<i>Mercenaria farmae</i>	1,1598	0,8624	2,0222
<i>Tagellus plebeius</i>	1,2044	1,2043	2,4087
Jumlah	3,4793	2,8399	6,3192

$$\begin{aligned}
 \text{Jk rata-rata} &= \frac{8,3192^2}{18} = 2,2185 \\
 \text{Jk total} &= 0,3717^2 + 0,3717^2 + \dots + 0,3123^2 \\
 &\quad + 0,4609^2 - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,1570 \\
 \text{Jk periode} &= \frac{2,2600^2 + 2,1856^2 + 1,8738^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0140 \\
 \text{Jk kombinasi} &= \frac{1,1151^2 + \dots + 0,4609^2}{3} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0585 \\
 \text{Jk sisa} &= \text{Jk total} - \text{Jk periode} - \text{Jk kombinasi} \\
 &= 0,1570 - 0,0140 - 0,0585 \\
 &= 0,0845 \\
 \text{Jk lokasi} &= \frac{3,4783^2 + 2,8399^2}{9} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0227 \\
 \text{Jk jenis} &= \frac{1,8883^2 + 2,0222^2 + 2,4087^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0243 \\
 \text{Jk interaksi} &= \text{Jk kombinasi} - \text{Jk lokasi} - \text{Jk jenis} \\
 &= 0,0585 - 0,0227 - 0,0243 \\
 &= 0,0115
 \end{aligned}$$

TABEL ANAVA

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	FH	FT	
					5%	1%
periode	2	0,0140	0,007	0,83	4,10	7,56
kombinasi	5	0,0585	0,0117	1,39	3,33	5,64
lokasi	1	0,0227	0,0227	2,70	4,96	10,04
jenis	2	0,0243	0,0122	1,45		
interaksi	2	0,0115	0,0058	0,69		
siswa	10	0,0845	0,0084			
T o t a l	17	0,1570				

Hasil pengujian statistika

- FH < FT pada tahap kepercayaan 5% dan 1% berarti tidak berbeda nyata (non signifikan) untuk semua sumber keragaman

### Lampiran C

Perhitungan Uji Statistik Logam Cu Terhadap Kadar Masing-masing Jenis Kerang, Lokasi dan Waktu Pengambilan Menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial

Lokasi / Jenis	Periode Pengambilan			Jumlah
	I	II	III	
<u>Zone A</u>				
<i>Anadara granosa</i>	2,1468	1,9058	1,9715	6,0241
<i>Mercenaria farmae</i>	2,1468	2,1908	2,1908	6,5280
<i>Tagellus plebeius</i>	2,0810	2,0153	1,9058	6,0021
<u>Zone B</u>				
<i>Anadara granosa</i>	2,1687	1,9496	1,9715	6,0898
<i>Mercenaria farmae</i>	2,1908	2,1908	2,1249	6,5061
<i>Tagellus plebeius</i>	2,0153	1,9934	1,9058	5,9145
Jumlah Total	12,7492	12,2453	12,0701	37,0646

Data Kandungan Unsur Cu (bpj) Dalam Kerang Menurut Kombi-nasi Lokasi- Jenis

Jenis Kerang	Lokasi		Jumlah
	A	B	
<i>Anadara granosa</i>	6,0241	6,0898	12,1139
<i>Mercenaria farmae</i>	6,5280	6,5061	13,0341
<i>Tagellus plebeius</i>	6,0021	5,9145	11,9166
Jumlah	18,5542	18,5104	37,0646

$$\begin{aligned}
 \text{Jk rata-rata} &= \frac{37,0846^2}{18} = 76,3214 \\
 \text{Jk total} &= 2,1488^2 + 2,1488^2 + \dots + 2,1249^2 \\
 &\quad + 1,9058^2 - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,2070 \\
 \text{Jk periode} &= \frac{12,7492^2 + 12,2453^2 + 12,0701^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0414 \\
 \text{Jk kombinasi} &= \frac{6,0241^2 + \dots + 5,9145^2}{3} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,1206 \\
 \text{Jk sisa} &= \text{Jk total} - \text{Jk periode} - \text{Jk kombinasi} \\
 &= 0,2070 - 0,0414 - 0,1206 \\
 &= 0,0450 \\
 \text{Jk lokasi} &= \frac{18,5542^2 + 18,5104^2}{9} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0001 \\
 \text{Jk jenis} &= \frac{12,1139^2 + 13,0341^2 + 11,9166^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,1185 \\
 \text{Jk interaksi} &= \text{Jk kombinasi} - \text{Jk lokasi} - \text{Jk jenis} \\
 &= 0,1206 - 0,0001 - 0,1185 \\
 &= 0,0020
 \end{aligned}$$

TABEL ANAVA

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	FH	FT	
					5%	10%
periode	2	0,0414	0,0207	4,60*	4,10	7,56
kombinasi	5	0,1206	0,0241	5,36*	3,33	5,64
lokasi	1	0,0001	0,0001	0,02	4,98	10,04
jenis	2	0,1185	0,0590	13,11**		
interaksi	2	0,0020	0,0010	0,22		
sisa	10	0,0450	0,0045			
T o t a l	17	0,2070				

Keterangan :

\* = nyata

\*\* = sangat beda nyata

Hasil pengujian statistika

- FH periode (4,60) > FT 5% (4,10)  
berarti berbeda nyata (signifikan)
- FH jenis (13;11) > FT 5% (4,10) dan 1% (7,56)  
berarti sangat berbeda nyata (signifikan)

### Lampiran D

Perhitungan Uji Statistik Logam Pb Terhadap Kadar Masing-masing Jenis Kerang, Lokasi dan Waktu Pengambilan Menggunakan Rancangan Acak kelompok Faktorial

Lokasi / Jenis	Periode Pengambilan			Jumlah
	I	II	III	
<u>Zone A</u>				
<i>Anadara granosa</i>	0,3738	0,5140	0,7477	1,6355
<i>Mercenaria farmae</i>	0,6542	0,6075	0,7944	2,0561
<i>Tagellus plebeius</i>	0,5607	0,6542	0,7944	2,0093
<u>Zone B</u>				
<i>Anadara granosa</i>	0,6542	0,5607	0,7477	1,9626
<i>Mercenaria farmae</i>	0,4208	0,5607	0,6542	1,6355
<i>Tagellus plebeius</i>	0,7009	0,4673	0,7477	1,9159
Jumlah Total	3,3644	3,3644	4,4861	11,2149

Data Kandungan Unsur Pb (bpj) Dalam Kerang Menurut Kombi-nasi Lokasi-Jenis Kerang

Jenis Kerang	Lokasi		Jumlah
	A	B	
<i>Anadara granosa</i>	1,6355	1,9626	3,5981
<i>Mercenaria farmae</i>	2,0561	1,6355	3,6916
<i>Tagellus plebeius</i>	2,0093	1,9159	3,9252
Jumlah	5,7009	5,5140	11,2149

$$\begin{aligned}
 \text{Jk rata-rata} &= \frac{11,2149^2}{18} = 6,9874 \\
 \text{Jk total} &= 0,3738^2 + \dots + 0,6542^2 \\
 &\quad + 0,7477^2 - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,2661 \\
 \text{Jk periode} &= \frac{3,3644^2 + 3,3644^2 + 4,4861^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,1398 \\
 \text{Jk kombinasi} &= \frac{1,6355^2 + \dots + 1,9159^2}{3} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0582 \\
 \text{Jk sisa} &= \text{Jk total} - \text{Jk periode} - \text{Jk kombinasi} \\
 &= 0,2661 - 0,1398 - 0,0582 \\
 &= 0,0681 \\
 \text{Jk lokasi} &= \frac{5,7009^2 + 5,5140^2}{9} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0005 \\
 \text{Jk jenis} &= \frac{3,5981^2 + 3,6916^2 + 3,9252^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 0,0094 \\
 \text{Jk interaksi} &= \text{Jk kombinasi} - \text{Jk lokasi} - \text{Jk jenis} \\
 &= 0,0582 - 0,0005 - 0,0094 \\
 &= 0,0483
 \end{aligned}$$

TABEL ANAVA

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	FH	FT	
					5%	1%
periode	2	0,1398	0,0699	10,28**	4,10	7,56
kombinasi	5	0,0582	0,0116	1,70	3,33	5,64
lokasi	1	0,0005	0,0005	0,07	4,98	10,04
jenis	2	0,0094	0,0047	0,69		
interaksi	2	0,0483	0,0241	3,54		
sisas	10	0,0681	0,0068			
T o t a l	17	0,2661				

Keterangan :

\*\* = sangat berbeda nyata

Hasil pengujian statistika

- FH periode (10,28) > FT 5% (4,10) dan 1% (7,56)  
berarti sangat berbeda nyata (signifikan)

## Lampiran E

Perhitungan Uji Statistik Logam Zn Terhadap Kadar Masing-masing Jenis Kerang, Lokasi dan waktu pengambilan Menggunakan Rancangan Acak kelompok faktorial

Lokasi / Jenis	Periode Pengambilan			Jumlah
	I	II	III	
<u>Zone A</u>				
<i>Anadara granosa</i>	8,3333	8,0796	7,5871	25,0000
<i>Mercenaria farmae</i>	5,5970	7,5871	6,8408	20,0249
<i>Tagellus plebeius</i>	8,8308	8,0846	7,0895	24,0049
<u>Zone B</u>				
<i>Anadara granosa</i>	5,5920	8,0846	5,0895	19,7761
<i>Mercenaria farmae</i>	6,5920	6,5920	7,5871	20,7711
<i>Tagellus plebeius</i>	8,5821	7,3383	5,5970	21,5174
Jumlah Total	44,5272	46,7882	39,8010	131,0944

Data Kandungan Unsur Zn (bpj) Dalam Kerang Menurut Kombinasi Lokasi-Jenis Kerang

Jenis Kerang	Lokasi		Jumlah
	A	B	
<i>Anadara granosa</i>	25,0000	19,7761	44,7761
<i>Mercenaria farmae</i>	20,0249	20,7711	40,7960
<i>Tagellus plebeius</i>	24,0049	21,5174	45,5223
Jumlah	69,0298	62,0646	131,0944

$$\begin{aligned}
 \text{Jk rata-rata} &= \frac{131,0944^2}{18} = 954,7634 \\
 \text{Jk total} &= 8,3333^2 + 5,5970^2 + \dots + 7,5871^2 \\
 &\quad + 5,5970^2 - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 22,0980 \\
 \text{Jk periode} &= \frac{44,5272^2 + 46,7662^2 + 39,8010^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 4,2147 \\
 \text{Jk kombinasi} &= \frac{25,0000^2 + \dots + 21,5174^2}{3} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 7,8242 \\
 \text{Jk sisa} &= \text{Jk total} - \text{Jk periode} - \text{Jk kombinasi} \\
 &= 22,0980 - 4,2147 - 7,8242 \\
 &= 10,0591 \\
 \text{Jk lokasi} &= \frac{69,0298^2 + 62,0846^2}{9} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 2,6952 \\
 \text{Jk jenis} &= \frac{44,7761^2 + 40,7960^2 + 45,5223^2}{6} - \text{Jk rata-rata} \\
 &= 2,1520 \\
 \text{Jk interaksi} &= \text{Jk kombinasi} - \text{Jk lokasi} - \text{Jk jenis} \\
 &= 7,8242 - 2,6952 - 2,1520 \\
 &= 2,977
 \end{aligned}$$

TABEL ANAVA

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	FH	FT	
					5%	1%
periode	2	4,2147	2,1073	2,09	4,10	7,58
kombinasi	5	7,8242	1,5648	1,56	3,33	5,84
lokasi	1	2,6952	2,6952	2,68	4,98	10,04
jenis	2	2,1520	1,0760	1,07		
interaksi	2	2,9770	1,4885	1,47		
sisas	10	10,0591	1,00597			
T o t a l	17	22,0980				

Keterangan :

Hasil pengujian statistika

- $FH > FT$  pada taraf kepercayaan 5% dan 1% berarti tidak berbeda nyata (non signifikan) untuk semua sumber keragaman.

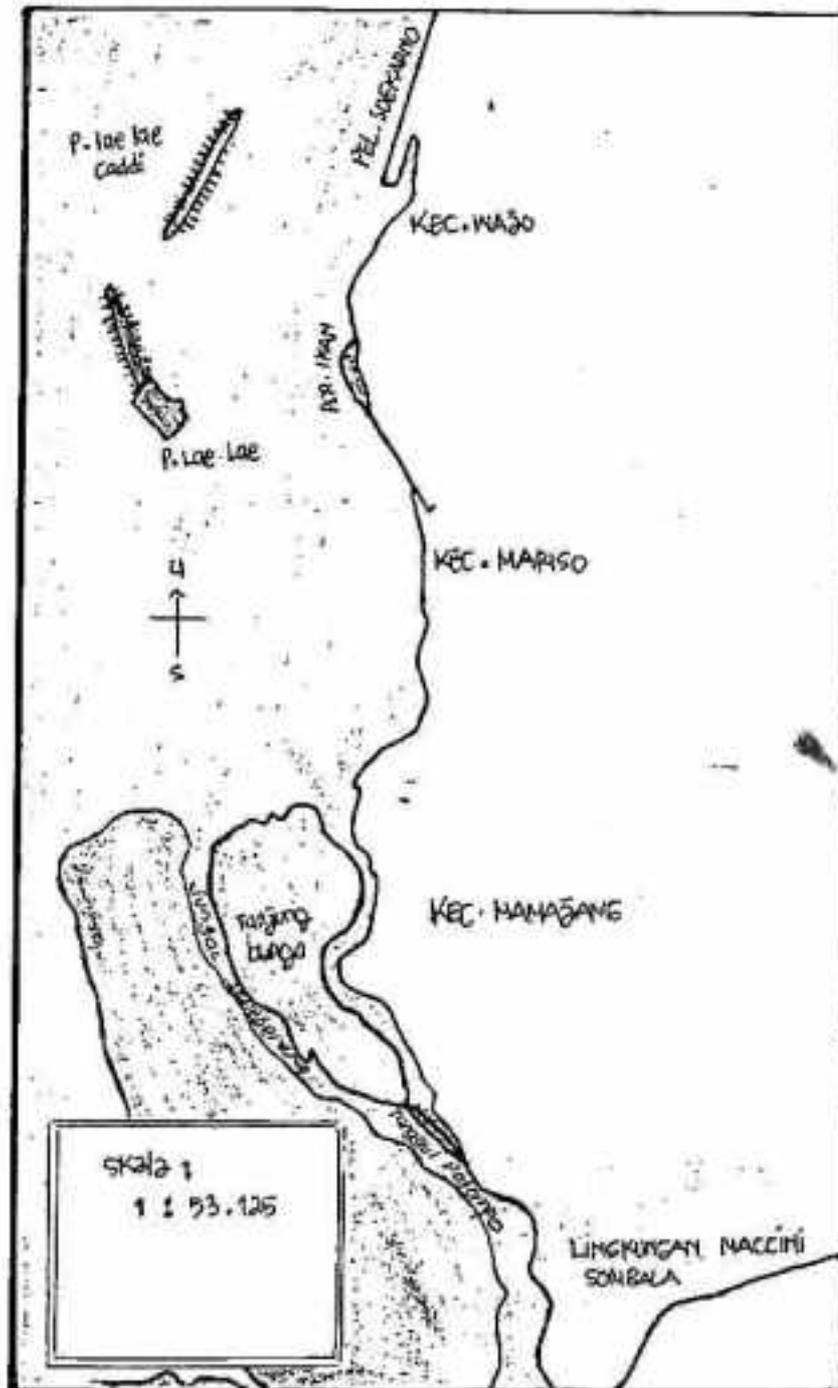
Tabel Anava Kandungan Unsur Cd, Cu, Pb, Zn Dalam Kerang

Sumber Keragaman	DB	F hitung				F tabel	
		Cd	Cu	Pb	Zn	5%	1%
periode	2	0,83	4,60*	10,28**	2,09	4,10	7,58
lokasi	1	2,70	0,02	0,07	2,68	3,33	5,64
jenis	2	1,45	13,11**	0,69	1,07		
interaksi	2	0,69	0,22	3,54	1,47		

Keterangan :

- \* = nyata
- \*\* = sangat berbeda nyata

LAMPIRAN F



Peta Lokasi Pengambilan Contoh Di Perairan Tanjung Bunga KHUP