

**KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN  
KROMIUM (Cr) PADA KERANG BULU (*Anadara antiquata*), KERANG  
DARAH (*Anadara granosa*), DAN KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DI  
PESISIR TELUK LAMPUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI  
SERAPAN ATOM**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**DWI ANGGRAINI**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

## ABSTRACT

### STUDY OF HEAVY METAL CONCENTRATION CADMIUM (Cd) AND CHROMIUM (Cr) IN *Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, AND *Perna viridis* OF THE COASTAL BAY LAMPUNG USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY

By

**Dwi Anggraini**

Heavy metal distribution study of Cd and Cr in mussels had been conducted at Pasaran Island, Bandar Lampung. Determination of metals concentrations (Cd and Cr) in mussel were conducted by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) Shimadzu AA-7000. Analysis were done with four verification methods: linierity ( $R^2$ ), limit detection (LoD) and limit quantification (LoQ), acuration, and precision. Verification methods of Cd the determination showed correlation coefficient is 0,996, limit detection 0,005 ppm, limit quantification 0,02 ppm, precision for each individual mussel (*Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, *Perna viridis*) are 2,24 %, 1,48 %, and 4,07 %, accuration for each individual mussel (*Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, *Perna viridis*) are 107,00 %, 80,17 %, and 112,49 %. The determination showed correlation coefficient of Cr is 0,998, limit detection 0,04 ppm, limit quantification 0,13 ppm, precision for each individual mussel (*Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, *Perna viridis*) are 26,23 %, 16,83 %, and 21,27 %, accuration for each individual mussel (*Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, *Perna viridis*) are 110,28 %, 107,04 %, and 111,93 %. The analysis result shows that concentrations of Cd in *Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, and *Perna viridis* of Pasaran Island are  $0,21 \pm 0,005$  mg/Kg;  $0,48 \pm 0,01$  mg/Kg; and  $0,17 \pm 0,01$  mg/Kg. Concentration range of Cr in *Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, and *Perna viridis* are  $2,33 \pm 0,62$  mg/Kg;  $0,89 \pm 0,15$  mg/Kg; and  $1,65 \pm 0,35$  mg/Kg.

Keyword: Distribution of heavy metals, Cd, Cr, *Anadara antiquata*, *Anadara granosa*, *Perna viridis*, Pasaran Island

## ABSTRAK

### **KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN KROMIUM (Cr) PADA KERANG BULU (*Anadara antiquata*), KERANG DARAH (*Anadara granosa*), DAN KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DI PESISIR TELUK LAMPUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

Oleh

**Dwi Anggraini**

Telah dilakukan kajian kandungan logam berat Cd dan Cr pada kerang di Pulau Pasaran, Teluk Lampung. Konsentrasi logam Cd dan Cr ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu AA-7000 dengan menggunakan empat verifikasi metode, yaitu: linieritas ( $R^2$ ), limit deteksi (LoD) dan limit kuantifikasi (LoQ), presisi (RSD), serta akurasi (%). Verifikasi metode menunjukkan  $R^2$  untuk logam Cd sebesar 0,996, limit deteksi 0,005 ppm, limit kuantifikasi 0,02 ppm, nilai presisi untuk sampel kerang (bulu, darah, dan hijau) berturut-turut adalah 2,24 %, 1,48 %, dan 4,07 %, serta nilai akurasi untuk sampel kerang (bulu, darah, dan hijau) berturut-turut adalah 107,00 %, 80,17 %, dan 112,49 %. Untuk logam Cr, menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,998, limit deteksi 0,04 ppm, limit kuantifikasi 0,13 ppm, nilai presisi untuk sampel kerang (bulu, darah, dan hijau) berturut-turut adalah 26,23 %, 16,83 %, dan 21,27 %, serta nilai akurasi untuk sampel kerang (bulu, darah, dan hijau) berturut-turut adalah 110,28 %, 107,04 %, dan 111,93 %. Hasil analisis menunjukkan kadar logam Cd pada sampel kerang (bulu, darah, dan hijau) berturut-turut adalah  $0,21 \pm 0,005$  mg/Kg;  $0,48 \pm 0,01$  mg/Kg; dan  $0,17 \pm 0,01$  mg/Kg, serta kadar logam berat Cr pada sampel kerang (bulu, darah, dan hijau) berturut-turut adalah  $2,33 \pm 0,62$  mg/Kg;  $0,89 \pm 0,15$  mg/Kg; dan  $1,65 \pm 0,35$  mg/Kg. Hasil analisis kadar kromium dalam sampel kerang bulu menunjukkan bahwa kandungan kromium berada di atas ambang batas yang ditetapkan oleh *National Food Safety Standard of Maximum Levels of Contaminants in Food* (GB 2762-2012) yaitu 2 mg/Kg.

**Kata Kunci:** Kajian kandungan logam berat, Cd, Cr, Kerang Bulu, Kerang Darah, Kerang Hijau, Pulau Pasaran

**KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN  
KROMIUM (Cr) PADA KERANG BULU (*Anadara antiquata*), KERANG  
DARAH (*Anadara granosa*), DAN KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DI  
PESISIR TELUK LAMPUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI  
SERAPAN ATOM**

Oleh

**DWI ANGGRAINI**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

Judul Skripsi

: **KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT  
KADMIUM (Cd) DAN KROMIUM (Cr)  
PADA KERANG BULU (*Anadara antiquata*),  
KERANG DARAH (*Anadara granosa*), DAN  
KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DI PESISIR  
TELUK LAMPUNG SECARA  
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

Nama Mahasiswa

: **Dwi Anggraini**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1217011016

Jurusan

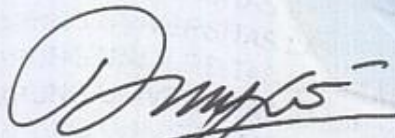
: Kimia

Fakultas

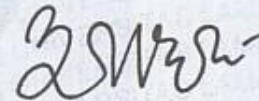
: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing



**Diky Hidayat, M.Sc.**  
NIP 19740609 200501 1 002



**Dian Septiani Pratama, M.Si.**  
NIP 19800908 200912 2 003

2. Ketua Jurusan Kimia




**Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T.**  
NIP 19740705 200003 1 001



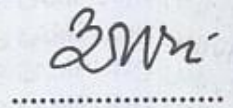
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : **Diky Hidayat, M.Sc.**



Sekretaris : **Dian Septiani Pratama, M.Si.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Ni Luh Gede Ratna J, M.Si.**



### 2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D.**  
NIP 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 Agustus 2016**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 04 Juli 1994, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, putri dari bapak Syahlanuddin (Alm) dan ibu Kartini. Jenjang pendidikan diawali dari Taman Kanak-kanak (TK) Riana Al'Amin Bandar Lampung, diselesaikan pada tahun 2000. Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Sawah Lama Bandar Lampung, diselesaikan pada tahun 2006. Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 5 Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Utama 2 Bandar Lampung, diselesaikan pada tahun 2012. Tahun 2012, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Unila melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Pada tahun 2015 Penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia FMIPA Unila, Bandar Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Sains Dasar jurusan Biologi periode 2014/2015, Kimia Dasar II jurusan Teknologi Hasil Pertanian 2015/2016, Kimia Analitik II jurusan Kimia periode 2015/2016, dan Cara-cara Pemisahan jurusan Kimia periode 2015/2016. Penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai Kader

Muda Himaki (KAMI) periode 2012/2013, anggota Biro Usaha Mandiri periode 2013/2014, anggota Biro Kesekretariatan 2014/2015, dan anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Penelitian (UKMP) Universitas Lampung 2012/2013.



## MOTTO

*La tahzan Innallaha Ma'ana*  
(Al-taubah; 40)

Wanita cantik melukis kekuatan lewat masalahnya . . . Tersenyum saat tertekan. . . Tertawa disaat hati sedang menangis . . . Tabah disaat terhina . . . Mempesona karena memaafkan . . . Mengasihi tanpa pamrih . . . juga bertambah kuat dengan doa dan pengharapan.

*Man jaddah wajadah, selama kita bersungguh-sungguh, maka kita akan memetik buah yang manis. Segala keputusan hanya ditangan kita sendiri, kita mampu untuk itu.*  
(B.J Habibie)

Allah mendidik kita dengan cara yang sulit diterima oleh akal dan hati manusia. Sungguh berterimakasihlah atas apa saja yang diberikan-Nya, karena "terima kasih" tidak hanya ketika dipenuhi "mawar", tetapi juga ketika duri mencabik-cabik hati. Dialah yang paling memahami apa yang terbaik bagi kita melebihi cara kita memahami-Nya.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala Puji dan Syukur kepada Allah SWT  
Kupersembahkan Karya sederhana ini Teruntuk

Kedua Orang tuaku,  
Bapak Syahlanuddin (Alm) dan Ibu Kartini yang telah  
memberikan rasa kasih sayang, cinta, pengorbanan, serta do'a indah  
untukku. Terima kasih kalianlah inspirasi dan motivatorku selama  
ini.

Seluruh keluarga besarku, teman dan sahabatku

Seseorang yang kelak akan mendampingi hidupku

Almamater tercinta  
Universitas Lampung

## SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas segala rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul "Kajian Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Kerang Bulu (*Anadara antiquata*), Kerang Darah (*Anadara granosa*), dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pesisir Teluk Lampung secara Spektrofotometri Serapan Atom" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat penulis lalui berkat rahmat dan ridha Allah SWT serta bantuan dan dorongan semangat dari orang-orang yang hadir dalam kehidupan penulis. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Warsito, D.E.A., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

2. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila.
3. Bapak Diky Hidayat, M.Sc. selaku Pembimbing utama yang telah memberikan ilmu dan bimbingan, saran, nasihat, motivasi, serta arahan yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Dian Septiani Pratama, M.Si. selaku Pembimbing kedua yang telah banyak memberikan ilmu, nasihat, saran, motivasi, perhatian, serta kesabaran dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Ni Luh Gede Ratna J, M.Si. selaku Pembahas atas segala arahan, saran dan kritik serta motivasinya dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas seluruh ilmu yang diberikan.
7. Seluruh karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung terkhusus Mba Iin dan Mas Udin selaku Laboran Kimia Analitik dan Instrumentasi, serta Pak Gani, dan Mba Nora atas seluruh bantuan yang diberikan kepada penulis.
8. Teristimewa untuk kedua orang tuaku yang sangat aku cintai dan banggakan bapak Syahlanuddin (Alm) dan ibu Kartini, terima kasih ayah atas segala bentuk pengorbanan, cinta yang begitu besar dan kasih sayangmu yang tulus. Ibuku Kartini yang dengan tulus menyayangi, sabar dalam menghadapi sikap burukku, dan senantiasa mendoakan kesuksesanku. Terima kasih atas segala kebaikan, keikhlasan, kerja keras dan segala perjuangan kalian yang telah diberikan kepadaku.

9. Kakakku Pratu Dedy Novriansyah beserta istri Dhyna Safitri, A.Md. terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama ini. Adikku tercinta M. Kurniawan Saputra yang menjadi *partner* bertengkar dan yang selalu sabar aku *bully*, terima kasih atas keceriaan yang menjadi sumber motivasi.
10. Kakekku, Bapak Karsono atas segala doa, saran, kasih sayang dan nasihat-nasihatnya. Serta keluarga besar dan saudara-saudaraku yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas doa dan dukungannya.
11. Juni Febriyanto, A.Md. atas doa, semangat, saran dan bantuannya. Semoga Allah membalas semua kebaikanmu.
12. Sahabat-sahabat terbaikku Novia Haeryanti, dan Any Nadhirah, S.E. atas bantuan, motivasi, dan persaudaraannya hingga saat ini.
13. Sahabat-sahabat SMA ku Siti Fauziah, S.Pd., Atika Tri Wulandari, S.H., Rahmalita Tiari Putri, S.Pd, Sinta Amalia, S.Kep., Eryn Tria Andarini, S.Pd., Yati Octavia, S.Pd., Neli Nanda, A.Md., Yongky Lavia Foda, S.P., terima kasih atas bantuan, semangat, motivasi, dan kebersamaannya.
14. Sahabat-sahabat semasa kuliah, Lita yang selalu jadi tempat curhat dan selalu bersama dikala senang ataupun susah. Ka'Patun, *partner* lab yang selalu mau aku repotin, selalu memotivasi, terima kasih atas segala doa dan bantuannya. Murni, dan Dewi yang dengan ikhlas membantu. Maul, Ajeng, Intan, Imah, Fenti, Ismi, dan Iin. Terimakasih atas motivasi, serta panggilan-panggilan kesayangannya.
15. Rekan-rekan dan keluargaku Kimia Angkatan 2012, Adi, Adit, Adam, Ana, Welda, Arif, Arya, Atma, Imani, Ningrum, Deby, Derry, Didi, Edi, Eka, Elsa, Febita, Feby, Ferdinand, Fifi, Handri, Hiqi, Indry, Jeje, Jenny, Anwar, Meta,

Rizal, Nila, Dona, Radius, Riandra, Rifki, Rio, Putri, Ruli, Ruwai, Ais, Fian, Kamto, Susy, Dela, Syathira, Tazkia, Reno, Tiara, Debo, Tri, Wiwin, Yepi, Yungsi dan Zubai.

16. Teman-teman KKN Marga Jaya Indah, Tulang Bawang Barat.
17. Seluruh keluarga besar Jurusan Kimia
18. Almamater tercinta, Universitas Lampung
19. Semua pihak yang telah membantu penulis selama kuliah, penelitian, hingga penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan mereka serta senantiasa menjaga mereka dalam lindungan-Nya. *Aamiin*. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan penulisan di masa datang.

Bandar Lampung, 18 Agustus 2016  
Penulis

**Dwi Anggraini**



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian .....	4
C. Manfaat penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
A. Pesisir Teluk Lampung .....	5
B. Pulau Pasaran.....	7
1. Kedalaman .....	7
2. Kecepatan Arus .....	8
3. Oksigen Terlarut .....	8
4. Salinitas, pH, dan temperatur .....	8
5. Kekerusuhan .....	9
6. Substrat (lumpur : pasir) .....	9
C. Pencemaran Sungai dan Pesisir Teluk Lampung.....	9
D. Logam Berat .....	11
E. Kadmium (Cd).....	12
1. Sifat Fisik dan Kimia Kadmium .....	12
2. Kegunaan Kadmium .....	12
3. Toksisitas Kadmium .....	12
F. Kromium (Cr).....	13
1. Sifat Fisik dan Kimia Kromium.....	13
2. Kegunaan Kromium.....	14
3. Toksisitas Kromium.....	14
G. Kerang.....	15
1. Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ) .....	15
2. Kerang Darah ( <i>Anadara granosa</i> ) .....	16

3. Kerang Bulu ( <i>Anadara antiquata</i> ) .....	17
H. Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Kerang .....	18
I. Pengaruh Logam Berat Terhadap Kerang .....	18
J. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) .....	19
1. Prinsip Dasar .....	19
2. Sistem Instrumentasi .....	20
3. Sumber Cahaya .....	21
4. Jenis-jenis gangguan .....	23
K. Verifikasi Metode .....	25
1. Linieritas .....	25
2. Batas Deteksi dan Batas Kuantitasi .....	25
3. Akurasi .....	26
4. Presisi .....	27
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>29</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
B. Alat dan Bahan .....	29
C. Prosedur Kerja .....	30
1. Pembuatan Larutan .....	30
1.1 Larutan HNO <sub>3</sub> 5% .....	30
1.2 Larutan Standar Cd 1000 mg/L .....	30
1.3 Larutan Standar Cr 1000 mg/L .....	30
2. Metode Pengambilan Sampel .....	30
2.1 Persiapan Pengambilan Sampel .....	30
2.2 Pengambilan Sampel .....	30
3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Cd dan Cr .....	31
4. Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	32
4.1 Kurva Kalibrasi Kadmium .....	32
4.2 Kurva Kalibrasi Kromium .....	32
5. Verifikasi Metode .....	33
5.1 Linieritas .....	34
5.2 Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantifikasi (LoQ) .....	34
5.3 Presisi .....	34
5.4 Akurasi .....	34
5.4.1 Uji Perolehan Kembali Cd .....	35
5.4.2 Uji Perolehan Kembali Cr .....	35
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>37</b>
A. Pengambilan Sampel Kerang di Pulau Pasaran, Teluk Lampung .....	37
1. Kerang Bulu ( <i>Anadara antiquata</i> ) .....	37
2. Kerang Darah ( <i>Anadara granosa</i> ) .....	38
3. Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ) .....	39
B. Preparasi Sampel .....	39
C. Kondisi Optimum Alat .....	41
D. Kandungan Logam Cd dan Cr pada Kerang Pulau Pasaran, Teluk Lampung .....	42
1. Kandungan Logam Cd pada Kerang Pulau Pasaran, Teluk Lampung .....	43

2. Kandungan Logam Cr pada Kerang Pulau Pasaran, Teluk lampung .....	45
E. Verifikasi Metode .....	47
1. Linieritas .....	47
2. LoD ( <i>limit of detection</i> ) dan LoQ ( <i>limit of quantification</i> ).....	49
3. Akurasi .....	50
4. Presisi .....	51
<b>KESIMPULAN</b> .....	53
A. Kesimpulan .....	53
B. Saran .....	54

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kualitas Air di Perairan Teluk Lampung.....	6
2. Pengamatan Kualitas Air Pulau Pasaran .....	7
3. Kisaran Level BOD, COD, dan pH limbah industri dari tahun 1995-1998 .....	10
4. Nilai Persen <i>Recovery</i> Berdasarkan Nilai Konsentrasi Sampel .....	27
5. Hubungan Konsentrasi dengan RSD.....	28
6. Kondisi Optimum SSA .....	41
7. Nilai LoD dan LoQ Logam Cd dan Cr .....	50
8. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Cd dan Cr pada Kerang .....	50
9. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cd dan Cr pada Kerang .....	51
10. Absorbansi Logam Cd pada Kerang Bulu, Kerang Darah, dan Kerang Hijau .....	66
11. Absorbansi Logam Cr pada Kerang Bulu, Kerang Darah, dan Kerang Hijau .....	67
12. Perhitungan Data <i>Outlier</i> Logam Cd pada Kerang Bulu .....	68
13. Perhitungan Data <i>Outlier</i> Logam Cr pada Kerang Darah.....	69
14. Data Nilai Statistik Grubbs (G) pada Uji <i>Outlier</i> .....	69
15. Konsentrasi Logam Cd pada Kerang Bulu, Kerang Darah, serta Kerang Hijau .....	71

16. Konsentrasi Logam Cr pada Kerang Bulu, Kerang Darah, serta Kerang Hijau .....	72
17. Absorbansi Larutan Standar Kadmium (Cd) .....	74
18. Absorbansi Larutan Sampel pada Kerang Bulu .....	75
19. Absorbansi Larutan Standar Kromium (Cr).....	76
20. Absorbansi Larutan Sampel pada Kerang Bulu .....	77
21. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk logam Cd .....	78
22. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk logam Cr.....	79
23. Nilai M dan Logam Cd .....	84
24. Nilai M dan Logam Cr .....	85
25. Nilai SD, RSD, dan Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Cd dan Cr .....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Sistematis Spektrofotometer Serapan Atom.....	21
2. Komponen Sepktrofotometer Serapan Atom.....	21
3. Skema <i>Hallow cathode lamp</i> .....	22
4. Lokasi Pengambilan Sampel Kerang di Pulau Pasaran, Teluk Lampung....	31
5. Kerang Bulu ( <i>Anadara antiquata</i> ) .....	37
6. Kerang Darah ( <i>Anadara granosa</i> ) .....	38
7. Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ) .....	38
8. Rerata Kandungan Logam Cd pada Sampel Kerang Pulau Pasaran, Teluk Lampung .....	43
9. Rerata Kandungan Logam Cr pada Sampel Kerang Pulau Pasaran, Teluk Lampung .....	45
10. Kurva Regresi Larutan Standar Cd .....	48
11. Kurva Regresi Larutan Standar Cr.....	48



## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kota Bandar Lampung merupakan Ibu kota Provinsi Lampung dan merupakan Provinsi paling selatan di Pulau Sumatera, Indonesia. Kota Bandar Lampung terletak pada posisi  $5^{\circ}20'LS - 5^{\circ}30'LS$  dan  $105^{\circ}28'BT - 105^{\circ}37'BT$  merupakan suatu wilayah pesisir. Luas total wilayah daratannya adalah 127.902 ha, dan luas perairan adalah 161.178 ha. Pesisir Teluk Lampung meliputi daratan dan perairan, dengan posisi geografis terletak antara  $5^{\circ}25' - 5^{\circ}59' LS$  dan  $104^{\circ}56 - 105^{\circ}45' BT$ . Teluk Lampung merupakan teluk terbesar di Pulau Sumatera (Helfinalis, 2000).

Wilayah Pesisir Teluk Lampung merupakan daerah yang rentan terhadap pencemaran yang berasal dari limbah domestik maupun limbah industri yang mengalir sungai-sungai yang bermuara ke wilayah perairan pesisir. Hasil identifikasi yang telah dilakukan oleh Wiryawan dkk (2000), diketahui bahwa setidaknya terdapat 9 sungai yang bermuara ke pesisir Teluk Lampung yang berpotensi mencemarkan wilayah pantai tersebut, sungai-sungai tersebut ialah: Way Sukamaju, Way Keteguhan, Way Tataan, Way Balau, Way Kunit, Way Kuala, Way Lunik, Way Pancoran, dan Way Galih.

Sumber pencemaran yang berasal dari limbah industri diperkirakan berasal dari berbagai kegiatan industri yang berada di DAS (Daerah Aliran Sungai) tersebut. Sebagai contoh, setidaknya terdapat 22 industri di DAS Way Kuala, 13 industri di DAS Way Lunik, 5 industri di DAS Way Pancoran, dan 2 industri di DAS Way Kunyit.

Di suatu industri, limbah yang dihasilkan sangat bervariasi tergantung dari jenis dan ukuran industri, pengawasan pada proses industri, derajat penggunaan air, dan derajat pengolahan air limbah yang ada. Selain limbah cair, limbah padat (sampah) juga merupakan beban pencemaran yang dapat masuk ke perairan baik secara langsung maupun tak langsung. Pada limbah industri seringkali terdapat bahan pencemar yang sangat membahayakan seperti logam berat (Palar, 1994). Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mencemari laut. Selain mencemari air, logam berat juga akan mengendap di dasar perairan yang mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun dan logam berat akan terkonsentrasi ke dalam tubuh makhluk hidup dengan proses bioakumulasi dan biomagnifikasi melalui beberapa jalan yaitu: melalui saluran pernapasan, saluran makanan dan melalui kulit (Darmono, 2001).

Salah satu bioindikator pencemaran di lingkungan perairan yaitu dengan analisis kandungan logam berat yang terakumulasi di dalam biota air di perairan tersebut diantaranya yakni kerang. Jenis kerang-kerangan merupakan bioindikator pencemaran yang efisien untuk menduga pencemaran logam berat karena merupakan *filter feeder* dan mempunyai toleransi yang besar terhadap tekanan ekologis yang tinggi (Yennie dan Murtini, 2005).

Berdasarkan hasil kajian BPLHD (2014) diketahui bahwa kualitas air di perairan Teluk Lampung telah tercemar dengan berbagai logam diantaranya logam Cr (0,001-0,028 ppm), Cd (0,0015-0,0021 ppm), Cu (0,19-2,88 ppm), Pb (0,006-0,007 ppm), Zn (0,011-3,5 ppm), dan Ni(<0,01 ppm). Kandungan logam berat tersebut telah melebihi nilai baku mutu logam berat di perairan menurut Kep-02/Men-KLH/1988 yaitu untuk logam Cr <0,005 ppm, Cd <0,001 ppm, Cu <0,008 ppm, Pb <0,008 ppm, Zn dan Ni 0,05 ppm.

Hasil identifikasi yang telah dilakukan oleh BPLHD belum memberikan data tentang kandungan logam berat Cd dan Cr pada kerang di Pulau Pasaran, Teluk Lampung. Keracunan logam berat Cd dan Cr dapat menyebabkan efek terhadap kesehatan manusia. Efek kronis dari keracunan logam Cd, mengakibatkan kerusakan ginjal, kerusakan sistem syaraf, dan kerusakan pada sebagian *renal tubules*. Sedangkan efek toksisitas Cr dapat merusak serta mengiritasi hidung, paru-paru, lambung, dan usus (Pallar, 1994). Terkait dengan adanya dampak negatif tersebut, maka perlu dilakukan suatu kajian lanjutan untuk mengetahui keberadaan logam berat Cd dan Cr pada beberapa jenis kerang yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat setempat sebagai bahan pangan. Hal ini perlu dilakukan sebagai bentuk pemantauan dalam rangka jaminan keamanan pangan bagi masyarakat. Analisis kadar logam Cd dan Cr dilakukan dengan metoda spektrofotometer serapan atom, dengan preparasi sampel menggunakan teknik dekstruksi basah menggunakan HNO<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan kadar logam berat Cd dan Cr pada beberapa jenis kerang di perairan Teluk Lampung dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).
2. Untuk mengetahui tingkat pencemaran logam Cd dan Cr pada beberapa jenis kerang di perairan Teluk Lampung.

## **C. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi mengenai tingkat pencemaran logam berat Cd dan Cr pada beberapa jenis kerang di perairan Teluk Lampung sehingga dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah, pihak industri dan masyarakat dalam mengelola kegiatan industri yang berwawasan lingkungan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Pesisir Teluk Lampung**

Pesisir Teluk Lampung meliputi daratan dan perairan, dengan posisi geografis terletak antara 5°25' – 5°59' LS dan 104°56' – 105°45' BT. Luas total wilayah daratan 127.902 ha, dan perairan 161.178 ha. Teluk Lampung merupakan salah satu dari dua teluk di ujung paling selatan pulau Sumatera, Kota Bandar Lampung yang terletak pada pangkal teluk, sedangkan bagian mulut teluk (arah selatan-tenggara) berhadapan langsung dengan selat sunda yang merupakan perairan penghubung antara Laut Jawa di sebelah utara dan Samudera Hindia di selatan (Helfinalis, 2000).

Berdasarkan Peraturan Daerah Propinsi Lampung No. 10 tahun 1993, tentang Rencana Struktur Tata Ruang Propinsi, perairan Teluk Lampung terutama pesisirnya diperuntukkan antara lain sebagai kawasan pariwisata. Di wilayah ini juga beroperasi beberapa industri, antara lain tiram mutiara dan pembesaran ikan laut di dalam jaring apung. Kualitas air teluk Lampung ditunjukkan dengan penggambaran beberapa parameter yang dirujuk dari berbagai sumber, seperti disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kualitas Air di Perairan Teluk Lampung.

No.	Parameter	Baku Mutu	Lokasi Sampling				
			Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5
<b>FISIKA</b>							
1.	Warna (PtCo)	-	8	10	18	31	21
2.	Kecerahan (meter)	>5	5.35	4.99	7.66	3.91	4.15
3.	Kekeruhan (NTU)	<5	2.37	2.41	2.82	4.28	2.17
4.	Padatan Tersuspensi Total (mg/l)	80	2	8	1	1	3
<b>KIMIA</b>							
5.	pH	7 – 8.5	7.96	7.75	7.84	7.91	7.81
6.	Salinitas (0/00)	alami	39.15	36.93	1.72	34.88	38.97
7.	Oksigen Terlarut (DO) (mg/L)	>5	7.46	7.51	7.58	7.55	7.51
8.	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	20	3.37	15.05	13.30	16.72	14.36
9.	Amoniak Bebas (NH <sub>3</sub> -N) (mg/L)	-	5.80	6.00	5.75	5.79	5.74
10.	Fosfat (PO <sub>4</sub> -P) (mg/L)	0.015	0.07	0.09	0.04	0.06	0.05
11.	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N) (mg/L)	0.008	1.60	1.80	1.80	1.10	1.9
12.	Sulfida (H <sub>2</sub> S) (mg/L)	0.01	0	0	0.006	0	0.004
13.	Senyawa Fenol (mg/L)	-	0.057	0.007	<0.001	<0.001	0.09
14.	Surfaktan (Detergen) (mg/L)	1	0.015	0.03	0.015	0.027	0.007
15.	Minyak dan Lemak (mg/L)	1	4.00	0.09	3.00	2.50	3.00
<b>LOGAM TERLARUT</b>							
16.	Raksa (Hg) (mg/L)	0.001	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
17.	Kromium Heksavalen (Cr VI) (mg/L)	0.005	0.028	0.017	0.014	<0.001	0.013
18.	Arsen (As) (mg/L)	0.012	ttd	ttd	ttd	ttd	Ttd
19.	Cadmium (Cd) (mg/L)	0.001	0.002	0.0015	0.0018	0.0016	0.0021
20.	Tembaga (Cu) (mg/L)	0.008	0.71	1.82	1.32	2.88	0.19
21.	Timbal (Pb) (mg/L)	0.008	0.006	0.006	0.007	0.006	0.006
22.	Seng (Zn) (mg/L)	0.05	0.011	3.5	0.11	0.08	0.09
23.	Nikel (Ni) (mg/L)	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>BIOLOGI</b>							
24.	E Coliform (faecal) (MPN/100 mL)	-	300	780	550	780	780
25.	Total Coliform (MPN/100 mL)	1000	1000	1500	1200	1200	1500
26.	Patogen (sel/100 mL)	nihil	negatif	negatif	negatif	negatif	negatif
27.	Plankton (sel/100 mL)	-	1.565	2.156	2.089	2.491	2.062

Sumber : BPLHD, Propinsi Lampung (2014)

Keterangan : Titik 1 (Teluk Sukaraja, S. 05° 27' 11,1", E. 105° 17' 16,3")  
 Titik 2 (Teluk Panjang, S. 05° 29'02,9"; E. 105° 18' 32,2")  
 Titik 3 (Teluk Mutun, S. 05° 30' 33,9", E. 105° 15'57,7")  
 Titik 4 (Teluk PPI, S. 05° 29' 17,8" E. 105° 15' 18,8")  
 Titik 5 (Teluk GdLelang, S. 05° 27' 10,3"E. 105° 16' 25,9")

Baku Mutu : Kep-51/Men-KLH/2004



## B. Pulau Pasaran

Pulau pasaran merupakan salah satu pulau di Provinsi Lampung yang secara administratif berada di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung dengan Lintang 5°27'50,000" LS dan Bujur 105°15'55.000"BT. Pulau Pasaran berjarak 5 km dari kota Bandar Lampung dan merupakan suatu pulau yang paling dekat dengan pusat kota dan berada di muara Sungai Way Balau. Kualitas perairan Pulau Pasaran dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengamatan Kualitas Air Pulau Pasaran (Noor, 2014)

Parameter	Kisaran	Nilai Optimum
Kedalaman (m)	2,4 – 7,2	800 <sup>a</sup>
Kecepatan arus (m/s)	0,05 – 0,16	0,1 – 0,3 <sup>b</sup>
Oksigen terlarut (ppm)	4,3 – 5,6	8 <sup>c</sup>
Salinitas (ppt)	26 – 30	26 – 33 <sup>d</sup>
pH	7 -8	7 – 8,5 <sup>e</sup>
Temperatur (°C)	28 – 31	26 – 32 <sup>e</sup>
Kekeruhan (cm)	110 – 190	25 <sup>b</sup>
Substrat (lumpur : pasir)	65 : 35	-
Keterangan	: a: Kusuadi (2005), b: Lovatelli (1998), c: Nurdijanto (2000), d: Aypa (1990), e: Sivalinggam (1997).	

### 1. Kedalaman

Kedalaman perairan di sekeliling Pulau Pasaran berada pada kisaran 2,4-7,2 meter. Variasi kedalaman terjadi karena di bagian utara dan barat perairan Pulau Pasaran banyak mengalami pendangkalan karena adanya muara Sungai Way Balau dan tanaman mangrove. Sedangkan pada sisi lainnya memiliki kedalaman yang relatif lebih dalam dari 5 meter. Kurangnya kedalaman memungkinkan sering terjadinya *upwelling* sehingga nutrien dari dasar laut teraduk yang bisa mengganggu kerang untuk menyaring makanan (Wallace, 1985).

## 2. Kecepatan Arus

Kecepatan arus Pulau Pasaran cukup rendah berkisar 0,05 – 0,16 m/s. Menurut Aypa (1990), arus yang terlalu cepat dapat menyebabkan kerang tidak dapat menyaring makanan. Sebaliknya jika terlalu lambat menyebabkan lambatnya pertumbuhan kerang dan dapat menyebabkan endapan bahan-bahan berbahaya yang ada di perairan seperti logam berat yang dapat terakumulasi dalam kerang.

## 3. Oksigen Terlarut

Kandungan oksigen (DO) di perairan Pulau Pasaran berkisar 4,3 – 5,6 ppm, hal ini kurang sesuai untuk pertumbuhan kerang karena menurut Nurdin (2000), DO optimum adalah 8 ppm. Kondisi ini diduga karena kecepatan arus di perairan Pulau Pasaran yang rendah sehingga difusi oksigen dari udara langsung jumlahnya sedikit. Selain itu perairan Pulau Pasaran hanya memiliki sedikit tumbuhan air juga mempengaruhi suplai oksigen dalam air rendah (Michael, 1994).

## 4. Salinitas, pH, dan Temperatur

Kisaran perairan di Pulau Pasaran sebesar 26 – 30 ppt. Nilai salinitas ini sangat mendukung pertumbuhan kerang sekalipun ada muara sungai yang memungkinkan adanya limpahan air tawar yang bersumber dari sungai. Begitupun dengan nilai pH, kondisi pH pada perairan dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan. Batasan nilai pH telah ditentukan oleh Kep-51/Men-KLH/2004 yakni 6,5 – 8 dan temperatur perairan yang berada pada kondisi normal.

## 5. Kekeruhan

Tingkat kekeruhan perairan yang optimal untuk kerang berkisar pada 22 – 25 cm (Lovatelli, 1998). Kekeruhan dalam air disebabkan oleh partikel tersuspensi dan kelimpahan fitoplankton dalam air. Kekeruhan yang rendah tidak baik untuk kerang karena mengindikasikan jumlah fitoplankton di perairan sedikit (Garno, 2002). Kekeruhan menggambarkan sifat optis perairan dalam menyerap sinar matahari yang masuk kedalam perairan. Kekeruhan biasanya disebabkan oleh partikel tersuspensi, partikel koloid, fitoplankton.

## 6. Substrat (lumpur : pasir)

Substrat lumpur berpasir ini mendukung untuk kerang (Aypa, 1990). Substrat lumpur cenderung mudah untuk akumulasi bahan organik (Nybakken, 1992). Substrat berlumpur cenderung untuk mengakumulasikan bahan organik, yang berarti bahwa tersedia cukup banyak nutrisi untuk organisme ditempat tersebut, tetapi banyaknya partikel organik yang halus juga berpotensi untuk menyumbat permukaan alat pernafasan (Nyabaken, 1998)

### **C. Pencemaran Sungai dan Pesisir Teluk Lampung**

Berdasarkan Keputusan Kementrian dan Lingkungan Hidup No. 02/Kepmen-KLH/1998 yang dimaksud dengan pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan/atau komponen lain ke dalam air atau udara, dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) air atau udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air atau udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Sumber pencemar di Lampung berasal dari aktivitas industri, seperti limbah agroindustri dan tambak udang. Selain itu, limbah kegiatan pertanian (pestisida dan pupuk kimia), limbah perkotaan, limbah rumah tangga, dan air drainase merupakan sumber pencemaran lainnya. Di Propinsi Lampung terdapat 160 unit industri PMDN (Penanaman Modal Dalam Negeri) dan 33 unit industri PMA (Penanaman Modal Asing). Adapun jenis industri dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kisaran level BOD, COD, dan pH limbah industri dari tahun 1995-1998.

No.	Jenis Industri	Jumlah industri	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	pH
1.	Makanan dan minuman	4	63-149	130-327	7,0-8,0
2.	Kelapa sawit	2	109-348	248-625	7,0-8,5
3.	Karet	9	89-140	198-324	6,0-8,0
4.	Marmer	3	33-217	70-419	6,0-7,0
5.	Bahan kimia	1	91-147	185-290	8,5-10
6.	Pengolahan kelapa	1	44-125	109-247	7,0
7.	Penyedap rasa (MSG)	1	92-295	190-505	5,0-7,5
8.	Kertas	2	650-1113	1.240-2174	6,0-9,5
9.	Pengolahan kayu	1	54-59	118-125	7,5-8,0
10.	Sabun	3	76-90	115-182	7,0-7,5
11.	Gula	6	51-398	108-1910	4,5-9,0
12.	Tapioka	35	47-1427	96-2972	4,0-9,0
13.	Asam sitrat dan sarbitol	2	105-230	215-480	7,0-7,5
14.	Asam sitrat dan tapioka	1	100-120	208-256	6,0-7,0
15.	Tapioka dan nanas	3	79-120	180-242	6,0-7,0

Sumber : Data prokasih 1995-1998 dengan laporan Amdal, LP UNILA.

Dari nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*) limbah industri, dapat dimengerti bahwa penanganan limbah yang tidak sempurna akan membahayakan perairan, sehingga dapat mematikan biota yang ada didalamnya (antara lain dekomposisi, rendahnya DO, dan adanya bahan beracun).

#### **D. Logam Berat**

Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanisme dan sebagainya (Clark, 1986). Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, sangat jarang yang ditemukan dalam elemen tunggal. Menurut Hutagalung (1991) logam berat adalah kelompok logam yang memiliki densitas lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$ . Dalam perairan, logam berat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik maupun anorganik, sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Razak, 1998).

Menurut Sutamihardja (1982), sifat-sifat logam berat secara umum yaitu:

1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan).
2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut.
3. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Selain itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen dapat menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

## E. Kadmium (Cd)

### 1. Sifat Fisika dan Kimia Kadmium

Kadmium (Cd) merupakan unsur golongan II B yang mempunyai bilangan oksidasi +2 (Petrucci, 1987). Cd mempunyai nomor atom 48, massa atom 112,4 gr/mol, kerapatan 8,64 g/cm<sup>3</sup>, titik cair 320,9 °C, dan titik didih 767 °C (Stoeppler, 1992). Diperairan Cd tidak bereaksi, melainkan hanya terhidrasi sebagai ion kompleks yang berikatan dengan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Marganof, 2003).

### 2. Kegunaan Kadmium

Kadmium digunakan dalam industri sebagai bahan dalam pembuatan baterai, *alloy* dan tembaga, pigmen pelapisan logam, pembuatan cat, solder, pembuatan serta penggunaan pestisida, pembuatan fosfor, pembuatan dan penggunaan pigmen, pembuatan plastik, pembuatan semikonduktor dan superkonduktor, dan pembuatan *stabilizer* (IARC, 1993).

### 3. Toksisitas Kadmium

Kadmium merupakan logam berat yang sangat membahayakan kesehatan manusia. Salah satu dampak keracunan Cd yaitu penyakit tulang yang dikenal dengan “*Itai-itai Kyo*”. Keracunan logam Cd dalam waktu lama dapat membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, ginjal, kelenjar reproduksi, berefek pada otak, dan menyebabkan tekanan darah tinggi. Logam Cd juga bersifat neurotoksin yang menimbulkan dampak kerusakan indera penciuman (Petrucci, 1987).

Dalam ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) (2012) batas-batas konsentrasi kadmium yang membahayakan bagi kesehatan manusia telah ditetapkan oleh beberapa lembaga antara lain:

1. EPA (*Environmental Protection Agency*) (2003) menetapkan batas maksimal konsentrasi kadmium dalam air minum adalah 0,04 mg/l selama 10 hari dan 0,005 mg/l sepanjang hidup.
2. FDA (*Food and Drug Administration*) (2007) menetapkan batas maksimal konsentrasi maksimal kadmium yang terdapat dalam botol air minum <0,005 mg/l.
3. OSHA (*Occupational Health and Safety Administration*) (1990) menetapkan batas maksimal bagi pekerja yang terpapar dengan kadmium secara langsung adalah 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  SNI selama 8 jam bekerja.

## **F. Kromium (Cr)**

### 1. Sifat Fisik dan Kimia Kromium

Kromium merupakan salah satu unsur logam transisi golongan VI B yang tahan karat dan berwarna abu-abu. Kromium mempunyai nomor atom 24, massa jenis 7,19  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Kromium secara alami merupakan unsur esensial yang dibutuhkan oleh tubuh dan terdapat dalam hewan, tumbuhan maupun tanah. Kromium di alam terdapat dalam 3 jenis valensi, yaitu kromium (0), kromium (III), dan kromium (VI). Kromium (III) merupakan unsur esensial yang dibutuhkan tubuh dalam reaksi enzimatik untuk metabolisme gula, protein, dan lemak (ATSDR, 2008).

## 2. Kegunaan Kromium

Kromium digunakan dalam industri sebagai bahan dalam pembuatan alat penggosok, pemurnian *acetylene*, pembuatan alizarin, pembuatan *alloy*, pembuatan baterai, pembuatan *blueprint*, pembuatan lilin, pelapisan kromium, pembuatan krayon, pelapisan logam, dan pembuatan serat optik (IARC, 1990).

## 3. Toksisitas Kromium

Akumulasi kromium dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan kerusakan dalam sistem organ tubuh. DHHS (*Department of Health and Human Services*), IARC (*International Agency for Research on Cancer*), dan EPA (*Environmental Protection Agency*) menetapkan bahwa kromium (VI) merupakan komponen yang bersifat karsinogen bagi manusia. Akumulasi kromium (VI) dalam jumlah 7,5 mg/l pada manusia menyebabkan toksisitas akut berupa kematian sedangkan bila terjadi akumulasi kromium (VI) pada dosis 0,57 mg/kg perhari dapat menyebabkan kerusakan pada hati (ATSDR, 2008).

Dalam ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*) (2008) batas-batas konsentrasi kromium yang membahayakan bagi kesehatan manusia telah ditetapkan oleh beberapa lembaga diantaranya, yakni:

1. EPA (*Environmental Protection Agency*) (1984) menetapkan batas maksimal konsentrasi kromium dalam air minum adalah 0,1 mg/l.
2. FDA (*Food and Drug Administration*) (2007) menetapkan batas maksimal konsentrasi maksimal kromium yang digunakan dalam botol air minum adalah 0,1 mg/l.



3. OSHA (*Occupational Health and Safety Administration*) (1998) menetapkan batas maksimal bagi pekerja yang terpapar dengan kromium secara langsung adalah  $0,005 \text{ mg/m}^3$  untuk kromium (VI) dan  $0,5 \text{ mg/m}^3$  untuk kromium (III) dan  $1 \text{ mg/m}^3$  untuk kromium (0) selama 8 jam kerja sehari dan 40 jam kerja selama 1 minggu.
4. NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) (1989) menetapkan batas maksimal terpapar logam kromium, kromium (II) dan kromium (III) adalah  $0,5 \text{ mg/m}^3$  selama 8 jam bekerja,  $0,001 \text{ mg/m}^3$  untuk kromium (VI) selama 10 jam bekerja.

## G. Kerang

Kerang adalah salah satu hewan lunak (*Mollusca*) kelas *Bivalvia* atau *Pelecypoda*. Secara umum bagian tubuh kerang dibagi menjadi lima, yaitu kaki (*foot byssus*), kepala (*head*), bagian alat pencernaan dan reproduksi (*visceral mass*), selaput (*mantle*), dan cangkang (*shell*). Pada bagian kepala terdapat organ-organ syaraf sensorik dan mulut. Hudaya (2010) mengemukakan bahwa kerang merupakan sumber bahan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena mengandung protein dan lemak.

### 1. Kerang Hijau (*Perna viridis*)

Kerang hijau hidup di laut tropis seperti Indonesia, terutama di perairan pantai dan melekatkan diri secara tetap pada benda-benda keras yang ada disekelilingnya.

Klasifikasi kerang hijau ialah (Vakily, 1989):

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Mollusca
Class	: Bivalvia
Ordo	: Anisomyria
Family	: Mytilidae
Genus	: Perna
Spesies	: <i>Perna viridis</i>

Habitat kerang hijau belum diketahui secara merata di perairan Indonesia. Namun telah diketahui bahwa perairan yang sesuai bagi budidaya kerang hijau antara lain suhu perairan berkisar antara 27-37 °C, pH air antara 3-4, arus air dan angin tidak terlalu kuat dan umumnya pada kedalaman air antara 10-20 m. Laju pertumbuhan kerang hijau berkisar 0,7-1,0 cm/bulan (Kastawi, 2003). Menurut Yennie dan Murtini (2005) kerang merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat karena sifatnya yang *fillter feeder*. Kerang dapat mengakumulasi logam lebih besar dari pada hewan air lainnya karena sifatnya yang menetap, lambat untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu (Pagoray, 2001).

## 2. Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Kerang darah hidup di perairan pantai yang memiliki pasir berlumpur dan dapat juga ditemukan pada ekosistem estuari dan mangrove (Mzighani, 1758).

Di Indonesia, daerah penyebaran kerang ini hampir di seluruh pantai Indonesia, hidup di dasar, di daerah pasir berlumpur pada kedalaman sampai dengan 4 meter

dan perairan yang relatif tenang. Jenis kerangan ini hidup pada kadar garam antara 13-28 g/kg, kecerahan 0,5-2,5 m, dan pH 7,5-8,4. Klasifikasi kerang darah menurut Linnaeus (1758) dalam Effendy (2000) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
Phylum : Mollusca  
Class : Bivalvia  
Ordo : Arcoida  
Family : Archidae  
Genus : *Anadara*  
Spesies : *Anadara granosa*

### 3. Kerang Bulu (*Anadara antiquata*)

Kerang bulu pada umumnya hidup di perairan berlumpur dengan tingkat kekeruhan tinggi (Suwignyo, 2005). Memiliki cangkang dengan belahan yang sama melekat satu sama lain.

Klasifikasi kerang bulu adalah sebagai berikut (Olsson, 1961 dalam Yusefi, 2011)

Kingdom : Animalia  
Phylum : Mollusca  
Class : Bivalvia  
Ordo : Taxodonta  
Family : Arcidae  
Genus : *Anadara*  
Spesies : *Anadara antiquata*

## **H. Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Kerang**

Selain memiliki kelebihan dalam kandungan gizi, kerang juga memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat tertentu dalam skala yang lebih besar dibandingkan hewan laut lainnya. Tingginya akumulasi ini berhubungan erat dengan sifat hidupnya sebagai binatang dasar yang mengambil makanan dengan cara menyaring air (*filter feeder*). Kerang menetap dalam suatu habitat tertentu dan memiliki mobilitas yang rendah sehingga proses biokonsentrasi dan bioakumulasi terjadi secara lebih intensif (Darmono, 2001).

## **I. Pengaruh Logam Berat Terhadap Kerang**

Sebagian logam berat seperti Pb, Cd, dan Hg merupakan zat pencemar yang berbahaya. Logam berat mempunyai afinitas terhadap sulfur dan enzim dengan membentuk ikatan dengan gugus sulfur dalam enzim. Pada enzim-enzim tertentu ada yang mengandung gugus sulfhidril (-SH), seperti dalam sistein sebagai pusat aktifnya. Enzim-enzim yang memiliki gugus sulfhidril ini merupakan kelompok enzim yang paling mudah terhalang daya kerjanya. Keadaan ini disebabkan gugus sulfhidril yang dikandungnya dapat dengan mudah berikatan dengan ion-ion logam berat yang masuk ke dalam tubuh. Akibat dari ikatan yang terbentuk antara gugus (-SH) dengan ion logam berat, daya kerja yang dimiliki oleh enzim menjadi sangat berkurang atau sama sekali tidak dapat bekerja. Keadaan ini secara keseluruhan akan merusak sistem metabolisme tubuh (Palar, 2004).

## J. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ditemukan oleh Walsh, Alkemande dan Melatz pada pertengahan tahun 1950-an. SSA merupakan teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur logam dan metaloid dengan konsentrasi sangat kecil (ppm) dan *ultratrace* (ppb) (Settle, 1997). Alat ini sangat spesifik dimana batas deteksinya sangat rendah, dari satu larutan contoh dapat ditentukan langsung unsur lain tanpa pemisahan terlebih dulu dan *output* data dapat dibaca langsung dan biaya yang sangat ekonomis. Dalam laboratorium alat ini telah banyak membantu penyederhanaan prosedur dan efektivitas waktu, terutama dalam analisa logam- logam berat (Tarigan, 1990).

### 1. Prinsip Dasar

Prinsip dasar dari SSA adalah tumbukan radiasi (cahaya) dengan panjang gelombang spesifik ke atom yang sebelumnya telah berada pada tingkat energi dasar (*ground- state energy*). Atom tersebut akan menyerap radiasi tersebut dan akan timbul transisi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Tingkat energi di suatu kulit tertentu dapat dinyatakan menggunakan persamaan Maxwell-Boltzmann:

$$E = h \quad (1)$$

Persamaan Maxwell-Boltzmann menyatakan energi yang dibutuhkan/dilepas suatu atom untuk elektron berpindah ke lintasan orbital tertentu. Intensitas dari radiasi yang dihasilkan berhubungan dengan konsentrasi awal atom pada tingkat energi dasar (Settle, 1997). Proses atomisasi, yaitu mengubah analit dari bentuk padat, cair, atau larutan membentuk atom-atom gas bebas yang dilakukan dengan energi dari api atau arus listrik (Harvey, 2000). Sebagian besar atom akan berada

pada *ground state*, dan sebagian kecil (tergantung suhu) yang tereksitasi akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang khas untuk atom tersebut, ketika kembali ke *ground state* (Harmita, 2006). Hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T = P/P_o \quad (2)$$

Dimana  $T$  merupakan transmisi,  $P$  merupakan energi dari sumber cahaya yang melewati zona sampel, dan  $P_o$  merupakan energi sumber cahaya sebelum melalui zona sampel. Nilai serapan ( $A$ ) berhubungan dengan logaritma terhadap transmitasi sebagai berikut:

$$A = -\log T = -\log P/P_o \quad (3)$$

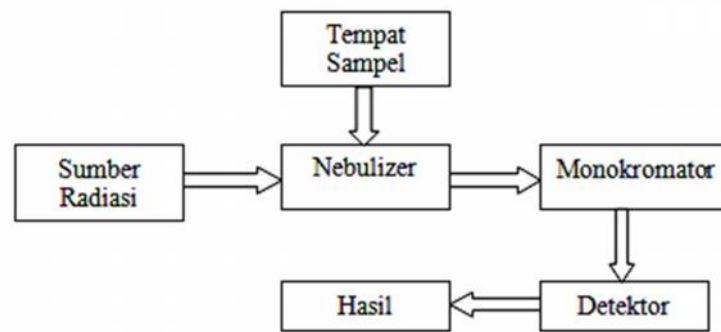
Pada hukum Beer-Lambert berhubungan dengan nilai serapan ( $A$ ) pada konsentrasi unsur pada atom sel adalah sebagai berikut:

$$A = abc \text{ atau } A = \epsilon bc \quad (4)$$

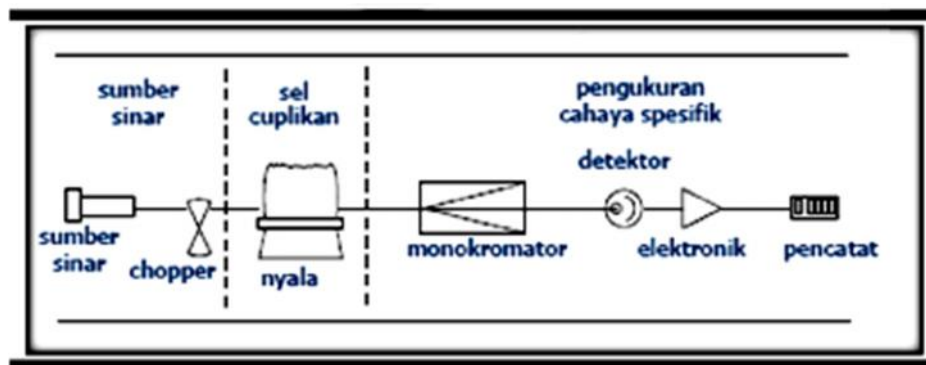
Dimana  $a$  ataupun  $\epsilon$  merupakan absorpsi molar dalam g/mol-cm, dan  $b$  adalah lebar sel atom dalam cm (Settle, 1997).

## 2. Sistem Instrumentasi

Instrumentasi secara sederhana terdiri dari spektrofotometer, sumber cahaya, dan nebulizer (*atomizer*). Peralatan SSA terdiri dari enam komponen utama, dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



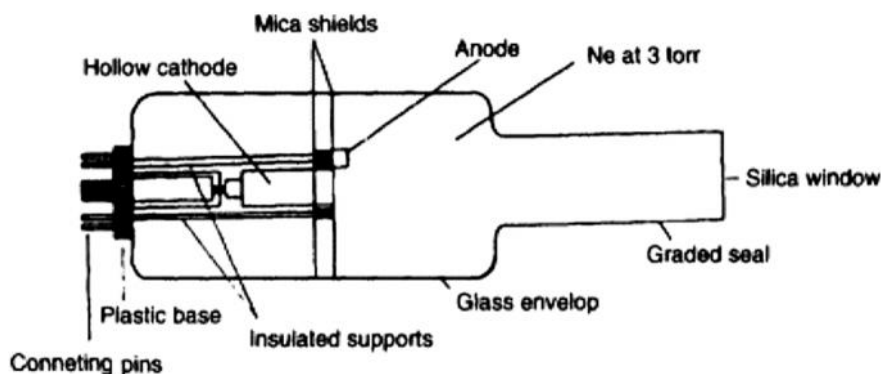
**Gambar 1.** Diagram Sistematis Spektrofotometer Serapan Atom (Settle, 1997).



**Gambar 2.** Komponen Spektrofotometer Serapan Atom (Welz, 2005)

### 3. Sumber Cahaya

Sumber cahaya yang biasa digunakan adalah sumber cahaya garis, yaitu lampu katoda rongga atau *hallow cathode lamp* (HCL) dapat dilihat pada Gambar 3 dan *electrodeless discharge lamp* (EDL). HCL merupakan sumber garis, dimana setiap logam baru atau unsur yang akan diidentifikasi membutuhkan lampu terpisah. Beberapa lampu disediakan dalam unsur ganda seperti Ca-Mg dan Cr-Fe-Ni, dimana katoda dibuat dalam dua atau tiga logam dengan sifat yang mirip (Settle, 1997).



**Gambar 3.** Skema *Hollow cathode lamp* (Ebdom, 1998).

*Hollow Cathode Lamp* merupakan lampu yang ditutupi dengan gelas dan diisi dengan gas inert, biasanya neon (Ne), argon (Ar), atau terkadang helium (He), pada tekanan 1-5 torr dan katoda rongga dibuat dari unsur murni senyawa yang diinginkan. Tegangan yang diberikan diantara anoda dan katode adalah 500 V dengan arus sekitar 2 sampai 30 mA. Gas pengisi terionisasi pada anoda, dan ion positif terbentuk ( $\text{Ar} + e^- = \text{Ar}^+ + e^- + e^-$ ) dan dipercepat dengan adanya muatan pada katoda negatif. Ion tersebut lalu bertumbukan dikatoda, menyebabkan ion logam terlepas dari katoda.

Tumbukan lebih lanjut akan merangsang atom logam dan ion logam yang tereksitasi memproduksi spektrum spesifik dari logam yang diinginkan ketika logam tersebut kembali pada tingkat energi dasar atau *ground state*. Lampu katoda ini berfungsi sebagai sumber cahaya untuk memberikan energi sehingga unsur logam yang akan diuji akan mudah tereksitasi. Katoda pada lampu ini dibuat dari logam yang sama dengan unsur yang dianalisis (Settle, 1997).



*Electrodes- discharge lamp* merupakan sumber untuk spektrum atom garis. Pada lampu ini biasanya lebih kuat satu sampai dua kali lipat dari pasangannya *hallow-cathode*. Disusun dari wadah *quartz* tang terisi gas *inert*, seperti argon dalam tekanan beberapa torr dan sejumlah logam analit atau garamnya. Lampu tersebut tidak terdapat elektroda tetapi mendapat daya dari radiofrekuensi atau radiasi *microwave*. Argon akan terion dan ion tersebut dipercepat dengan frekuensi tinggi sampai mendapatkan cukup energi untuk mengeksitasi atom-atom dari logam yang spektrumnya akan dicari (Skoog dkk, 2004). Pada spektrofotometri serapan atom nyala, sampel biasanya dimasukkan ke dalam nyala api sampai menjadi aerosol halus. Bahan bakar yang biasa digunakan dalam SSA nyala adalah udara-asetilen (udara merupakan oksidan dan asetilen adalah bahan bakar) dan nitrous oksida-asetilen (nitrous oksida adalah oksidan dan asetilen merupakan bahan bakar). Tujuan dari nyala api tersebut adalah memecah molekul menjadi atom. Udara asetilen (2500 K) dapat digunakan secara efektif untuk 40 sampai 50 unsur dalam tabel periodik. Sisa 10 sampai 20 unsur dalam tabel periodik membutuhkan nyala api yang lebih panas menggunakan nyala api nitrous oksida-asetilen (3200 K). Api yang panjang dan tipis merupakan nyala yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil sensitivitas yang maksimum (Settle, 1997).

#### 4. Jenis-Jenis Gangguan

Gangguan yang mungkin terjadi pada analiss dengan SSA adalah seperti gangguan kimia, fisika, dan spektra.

#### 4.1 Gangguan Kimia

Gangguan kimia biasanya memperkecil populasi atom pada level energi terendah. Gangguan uap terjadi karena terbentuknya senyawa seperti oksida atau klorida, atau karena terbentuknya ion. Gangguan lainnya yaitu terjadi karena senyawa yang akan dianalisa sukar menguap atau sukar teroksidasi dalam nyala. Hal ini terjadi pada nyala ketika pelarut menguap meninggalkan partikel-partikel padat (Harmita, 2006). Gangguan kimia ini dapat dihindari apabila digunakan suhu nyala yang lebih tinggi (Vandecasteele, 1993).

#### 4.2. Gangguan Fisika

Gangguan fisika seperti kekentalan mempengaruhi laju penyemprotan dan mempengaruhi konsentrasi atom dalam nyala. Bobot jenis, kekentalan serta kecepatan gas menentukan besar butir tetesan. Oleh karena itu sifat-sifat fisika dari zat yang diperiksa dan larutan pembanding harus sama. Efek ini dapat diperbaiki dengan menggunakan pelarut organik dimana sensitivitas dapat dilakukan 3 sampai 5 kali bila dibandingkan dengan pelarut air. Hal ini disebabkan karena pelarut organik mempercepat penyemprotan (kekentalan rendah), cepat menguap, mengurangi penurunan suhu nyala, menaikkan kondisi, mereduksi nyala (Harmita, 2006). Selain itu kekentalan juga dapat dihindari dengan menyamakan matriks sampel (Vandecasteele, 1993).

#### 4.3. Gangguan Spektra

Gangguan spektra terjadi bila panjang gelombang (*atomic line*) dari unsur yang diperiksa berimpit dengan panjang gelombang dari atom atau molekul lain yang terdapat dalam larutan yang diperiksa. Gangguan karena berimpitnya panjang

gelombang atom (*atomic line overlap*) umumnya dijumpai pada *Flame Emission Spectrometry*, sedangkan pada SSA gangguan ini hampir tidak ada karena digunakan sumber cahaya yang spesifik untuk unsur yang bersangkutan (Harmita, 2006).

## K. Verifikasi Metode

Verifikasi metode analisis adalah suatu tindakan validasi metode yaitu penilaian terhadap parameter tertentu yang bertujuan untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya. Parameter verifikasi metode antara lain:

### 1. Linieritas

Linieritas merupakan kemampuan metode analisis yang memberikan respon baik secara langsung maupun dengan bantuan transformasi matematika, menghasilkan suatu hubungan yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel (Harmita, 2004)

### 2. Limit Deteksi dan Limit Kuantifikasi

Limit deteksi (LoD) dan limit kuantifikasi (LoQ) dinyatakan dengan persamaan berikut (Riyanto, 2009):

$$\text{LoD} = \frac{3 \times S_b}{S_I} \quad (5)$$

$$\text{LoQ} = \frac{3 \times S_b}{S_I} \quad (6)$$

Keterangan :

LoD : limit deteksi

LoQ : limit kuantifikasi

Sb : simpangan baku respon analitik dari blanko

SI : arah garis linier (kepekaan arah) dari kurva antar respon terhadap konsentrasi = *slope* (b pada persamaan garis  $y = a + bx$ )

### 3. Akurasi (kecermatan)

Akurasi dinyatakan sebagai persen peroleh kembali (*recovery*) larutan standar yang ditambahkan. Volume larutan standar yang ditambahkan dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 7:

$$\text{Vol spike} = \frac{\text{konsentrasi spike} * \text{volume sampel}}{\text{konsentrasi larutan standar Cd}} \quad (7)$$

Persen perolehan kembali dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 8 (AOAC, 1998):

$$\text{Persen perolehan kembali} = \frac{(C_F - C_A)}{C_A * DF} \times 100 \% \quad (8)$$

Keterangan :

$C_F$  : Konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran

$C_A$  : Konsentrasi sampel sebenarnya

$C_A^*$  : Konsentrasi analit yang ditambahkan

DF : Volume sampel/ (volume sampel + volume *spike yang ditambahkan*)

Rentang kesalahan yang diijinkan pada setiap konsentrasi analit pada matriks dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai Persen *Recovery* Berdasarkan Nilai Konsentrasi Sampel

Analit (%)	Rasio Analit	Unit	Rata-rata <i>Recovery</i> (%)
100	1	100 %	98-102
10	10 <sup>-1</sup>	10 %	98-102
1	10 <sup>-2</sup>	1 %	97-103
0,01	10 <sup>-3</sup>	0,1 %	95-105
0,001	10 <sup>-4</sup>	100 ppm	90-107
0,0001	10 <sup>-5</sup>	10 ppm	80-110
0,00001	10 <sup>-6</sup>	1 ppm	80-110
0,000001	10 <sup>-7</sup>	100 ppb	80-110
0,0000001	10 <sup>-8</sup>	10 ppb	60-115
0,00000001	10 <sup>-9</sup>	1 ppb	40-120

Sumber: AOAC, 1998

#### 4. Presisi (ketelitian)

Presisi dinyatakan sebagai relatif standar deviasi (RSD) dan simpangan baku (SD) yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Riyanto, 2011).

$$SD = \sqrt{\frac{(\sum(x - \bar{x})^2)}{n-1}} \quad (9)$$

Keterangan :

SD : standar deviasi (simpangan baku)  
 x : konsentrasi hasil analisis  
 n : jumlah pengulangan analisis  
 $\bar{x}$  : konsentrasi rata-rata hasil analisis

$$RSD = \frac{SD}{x} \times 100\% \quad (10)$$

Keterangan :

RSD : Relatif standar deviasi  
 $\bar{x}$  : Konsentrasi rata-rata hasil analisis  
 SD : Standar deviasi

Besarnya RSD menyatakan tingkat ketelitian analisis, semakin kecil % RSD yang dihasilkan maka semakin tinggi tingkat ketelitiannya. Adapun hubungan antara rentang ketelitian dengan konsentrasi analit dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hubungan Konsentrasi dengan RSD

Analit (%)	Rasio Analit	Unit	RSD (%)
100	1	100 %	1,3
10	$10^{-1}$	10 %	1,9
1	$10^{-2}$	1 %	2,7
0,01	$10^{-3}$	0,1 %	3,7
0,001	$10^{-4}$	100 ppm (mg/kg)	5,3
0,0001	$10^{-5}$	10 ppm (mg/kg)	7,3
0,00001	$10^{-6}$	1 ppm (mg/kg)	11
0,000001	$10^{-7}$	100 ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	15
0,0000001	$10^{-8}$	10 ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	21
0,00000001	$10^{-9}$	1 ppb ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	30

Sumber : AOAC, 1998

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juni 2016. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, serta analisis spektrofotometer serapan atom di Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung.

#### **B. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, blender, botol polypropylene, desikator, oven, alat-alat gelas laboratorium, refrigerator, mortar dan alu, ayakan 600 mesh, termometer, seperangkat alat spektrofotometer serapan atom (Shimadzu AA-7000), neraca analitik dengan ketelitian  $\pm 0,0001$  gram.

Bahan-bahan yang digunakan adalah kerang bulu (*Anadara antiquata*), kerang darah (*Anadara ganosa*), kerang hijau (*Perna viridis*), HNO<sub>3</sub> pekat (65%), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pekat (30%), Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (kromium (III) nitrat), Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (kadmium (II) nitrat), kertas saring dan akuades.

## **C. Prosedur Kerja**

### **1. Pembuatan Larutan**

#### 1.1 Larutan HNO<sub>3</sub> 5%

Sebanyak 76,92 mL HNO<sub>3</sub> 65 % diencerkan dengan akuades hingga tepat 1000 mL.

#### 1.2 Larutan standar Cd 1000 mg/L

Sebanyak 0,21 gram Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

#### 1.3 Larutan standar Cr 1000 mg/L

Sebanyak 0,45 gram Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

### **2. Metode Pengambilan Sampel**

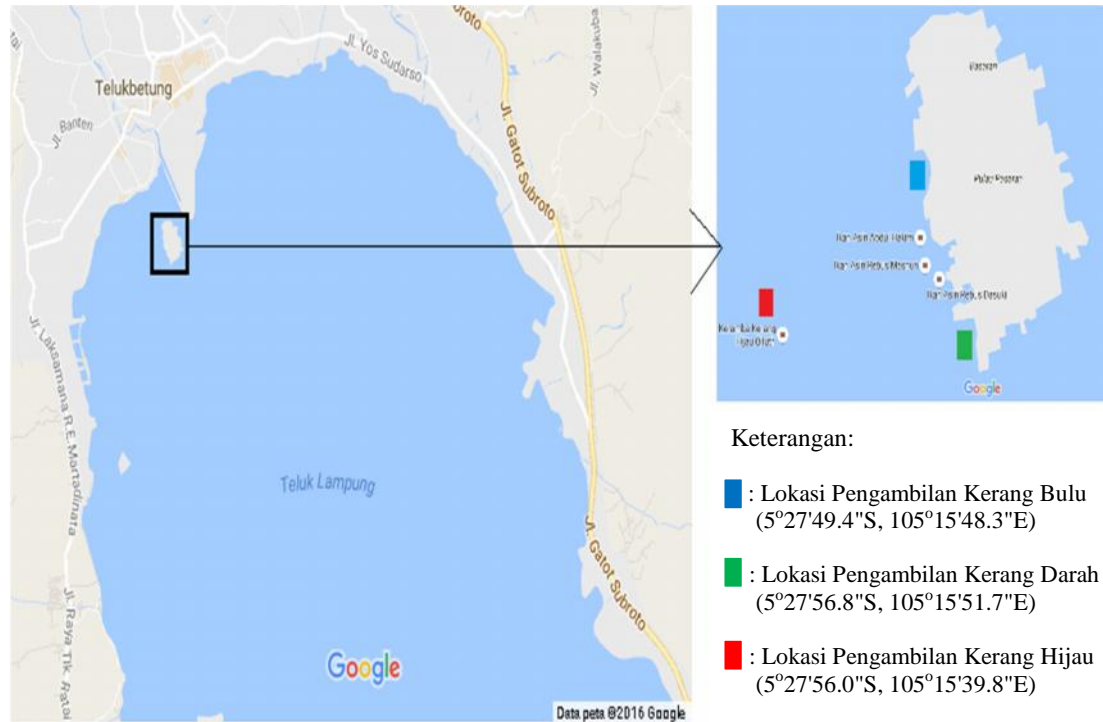
#### 2.1 Persiapan Pengambilan Sampel

Sebelum melakukan pengambilan sampel, semua wadah dicuci dengan sabun dan dibilas merata dengan air, kemudian direndam dengan HNO<sub>3</sub> 5% selama 24 jam untuk menghilangkan kontaminasi logam yang menempel dalam wadah sampel. Proses pengeringan dan penyimpanan dilakukan dalam keadaan tertutup sampai digunakan (USGS *Method B-9001-95*).

#### 2.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil sampel kerang secara langsung di Pulau Pasaran, Teluk Lampung. Posisi Pulau Pasaran terletak pada koordinat 5°27'49.9"S 105°15'53.8"E





**Gambar 4.** Lokasi Pengambilan Sampel Kerang di Pulau Pasaran, Teluk Lampung

Sampel kerang diambil pada tiga titik. Sampel yang telah diambil dari lokasi kemudian dicuci bersih, dimasukkan ke dalam kantong plastik yang sudah diberi label dan ditempatkan di dalam *ice box* dan siap dibawa ke laboratorium untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.

### 3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Cd dan Cr (USGS Method B-9001-95)

Sampel kerang mula-mula dipisahkan dari cangkangnya dan diambil bagian dalamnya kemudian masing-masing sampel dicuci dan dibilas dengan menggunakan akuades. Sampel dihaluskan dengan blender hingga homogen. Selanjutnya sampel dikeringkan dengan oven pada suhu 65°C hingga diperoleh berat konstan dan kadar air dari masing-masing sampel, kemudian sampel digerus dan diayak menggunakan ayakan 600 mesh. Lalu sampel halus ditimbang

sebanyak  $\pm 0,01$  gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian didestruksi menggunakan 20 mL  $\text{HNO}_3$  65% dan 10 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$  30%, kemudian diuapkan diatas penangas listrik pada suhu 60-70°C sampai jernih kurang lebih selama 2-3 jam. Filtrat sampel uji ditempatkan pada labu ukur 50 mL dan ditambahkan  $\text{HNO}_3$  5% sampai tanda batas. Filtrat contoh uji siap diukur ke dalam spektrofotometer serapan atom (SSA).

#### **4. Pembuatan Kurva Kalibrasi**

##### **4.1. Kurva Kalibrasi Kadmium**

Larutan standar kadmium 1000 ppm dipipet sebanyak 10 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Larutan diencerkan dengan akuades hingga garis batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan 10 ppm tersebut dipipet sebanyak 8, 16, 22, 28, dan 30 mL kemudian masing-masing dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,8; 1,6; 2,2; 2,8; dan 3,0 ppm. Larutan standar kadmium tersebut masing-masing diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

##### **4.2. Kurva Kalibrasi Kromium**

Larutan standar kromium 1000 ppm dipipet sebanyak 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Larutan diencerkan dengan akuades hingga garis batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan 100 ppm tersebut dipipet sebanyak 6, 9, 15, 18, dan 21 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan

ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 6, 9, 15, 18, 21 ppm. Larutan standar kadmium tersebut masing-masing diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

Dari grafik kurva standar terdapat korelasi antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y). Dengan menggunakan persamaan regresi linier maka konsentrasi dari sampel dapat diketahui:

$$y = a + bx \quad (11)$$

Keterangan :

y = Absorbansi sampel  
 b = *Slope*  
 x = Konsentrasi sampel  
 a = *Intersep*

Setelah konsentrasi pengukuran diketahui, maka konsentrasi sebenarnya dari dalam sampel kering dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Siaka, 2008):

$$M = \frac{C.V.F}{B} \quad (12)$$

Keterangan:

M = Konsentrasi logam dalam sampel (mg/Kg)  
 C = Konsentrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi (mg/L)  
 V = Volume larutan sampel (L)  
 B = Bobot sampel (Kg)  
 F = Faktor Pengenceran

## 5. Verifikasi Metode

Penelitian ini menggunakan 4 verifikasi metode yaitu limit deteksi dan limit kuantitasi, presisi (ketelitian), akurasi (ketepatan) dan linieritas.

### 5.1. Linieritas

Linieritas diukur dengan melakukan pengukuran larutan pada konsentrasi yang berbeda-beda, untuk logam Cd konsentrasi larutan yang digunakan ialah: 0,8; 1,6; 2,2; 2,8; dan 3,0 ppm, untuk logam Cr konsentrasi larutan yang digunakan ialah: 6, 9, 15, 18, 21 ppm. Nilai absorbansi kemudian diproses dengan metode kuadrat terkecil untuk selanjutnya dapat ditentukan nilai kemiringan (*slope*), intersep, dan koefisien korelasinya.

### 5.2. Batas Deteksi (LoD) dan batas Kuantitasi (LoQ)

Penentuan nilai LoD dan LoQ untuk logam Cd diperoleh dari pengukuran blanko sebanyak 5 kali pengulangan, sedangkan untuk logam Cr diperoleh dari pengukuran sampel dengan konsentrasi terendah sebanyak 5 kali pengulangan. Selanjutnya, hasil pengukuran tersebut diproses dengan metode perhitungan persamaan kurva kalibrasi secara statistik dengan menggunakan Persamaan 5, 6, dan 11.

### 5.3. Presisi

Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 8 kali pengulangan. Dari nilai absorbansi tersebut kemudian ditentukan nilai konsentrasi (menggunakan kurva kalibrasi), lalu nilai simpangan baku (SD) serta nilai relatif standar deviasi (RSD) menggunakan Persamaan 9, 10, dan 11.

### 5.4. Akurasi

Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*), yang dilakukan dengan metode *spike*, yaitu penambahan larutan standar ke dalam sampel larutan yang mengandung analit. Volume larutan standar yang akan ditambahkan ditentukan dengan menggunakan Persamaan 7, contoh perhitungan lengkap dapat

dilihat pada Lampiran 7. Dari nilai tersebut ditentukan persen perolehan kembali (% *recovery*), dengan menggunakan Persamaan 8. Adapun uji untuk tiap sampel ialah:

#### 5.4.1 Uji perolehan kembali Cd

##### 5.4.1.1 Kerang Bulu

Sebanyak 0,1 mL larutan standar Cd 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 25 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

##### 5.4.1.2 Kerang Darah

Sebanyak 0,2 mL larutan standar Cd 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 25 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

##### 5.4.1.3 Kerang Hijau

Sebanyak 0,05 mL larutan standar Cd 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 25 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

#### 5.4.2. Uji perolehan kembali Cr

##### 5.4.2.1 Kerang Bulu

Sebanyak 1 mL larutan standar Cr 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 25 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

#### 5.4.2.1 Kerang Darah

Sebanyak 0,75 mL larutan standar Cr 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 25 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

#### 5.4.2.3 Kerang Hijau

Sebanyak 1,25 mL larutan standar Cr ditambahkan ke dalam labu ukur 25 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis kandungan logam Cd pada kerang darah sebesar  $0,48 \pm 0,01$  mg/Kg lebih tinggi dibandingkan dengan kerang bulu sebesar  $0,21 \pm 0,00$  mg/Kg dan kerang hijau sebesar  $0,17 \pm 0,01$  mg/Kg. Konsentrasi logam berat Cd pada ketiga jenis sampel kerang masih berada dibawah ambang batas baku mutu logam berat pada kerang yang ditetapkan oleh *National Food Safety Standard of Maximum Levels of Contaminants in Food* (GB 2762-2012) yaitu 2 mg/Kg.
2. Hasil analisis kandungan logam Cr pada kerang bulu sebesar  $2,33 \pm 0,62$  lebih tinggi dibandingkan dengan kerang darah sebesar  $0,89 \pm 0,15$  mg/Kg dan kerang hijau sebesar  $1,65 \pm 0,35$  mg/Kg. Konsentrasi logam berat Cr pada sampel kerang bulu dan kerang darah masih berada di bawah ambang batas baku mutu logam berat, sedangkan konsentrasi logam berat Cr pada kerang bulu telah melebihi ambang batas baku mutu logam berat pada kerang yang ditetapkan oleh *National Food Safety Standard of Maximum Levels of Contaminants in Food* (GB 2762-2012) yaitu 2 mg/Kg.

3. Perhitungan nilai RSD untuk logam Cd dan Cr pada kerang bulu sebesar 2,24 dan 26,63 %, kerang darah sebesar 1,48 – 16,83 % %, serta kerang hijau sebesar 4,07 – 21,27 %. Nilai RSD untuk logam Cd pada masing-masing sampel kerang tersebut tergolong baik ( $RSD < 11\%$ ).
4. Nilai persen perolehan kembali pada masing-masing sampel untuk logam Cd dan Cr berada pada rentang 80-112%. Nilai persen perolehan kembali ini tergolong baik, karena nilai persen perolehan kembali yang baik adalah pada rentang 80-110 % (AOAC, 2004).

#### B. Saran

Keberadaan logam berat Cd dan Cr pada kerang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Untuk selanjutnya perlu dilakukan penelitian keberadaan logam berat pada air dan sedimen perairan Pulau Pasaran, Teluk Lampung. Serta perlunya pengembangan dan modifikasi metode destruksi untuk analisis logam Cr pada organisme.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2008. *Toxicological Profile for Chromium*. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta.
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2012. *Toxicological Profile for Cadmium*. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta.
- AOAC. 1998. *Peer Verified Methods Program, Manual on Polices and Procedures*. North Frederick Avenue. Gaithersburg.
- Araujo, I. 2008. Comparison of Dry, Wet and Microwave Digestion Procedures for the Determination of Chemical Elements in Wool Samples in Turkey using ICP-OES. *Journal of Microchemical*. 82-87.
- Aypa, SM. 1990. *Mussel Culture: Regional Seaforming Development and Demonstration*. National Inland Fisheries Institute. Bangkok.
- Badan Lingkungan Hidup. 1995. *Prokasih, Program Kali Bersih Propinsi Lampung*. BLH. Bandar Lampung.
- Budiyanto, D. 1990. *Uji Coba Depurasi Kerang-kerangan dan Kaitannya dengan Pengalengan*. Balai Bimbingan dan Pengujian Mutu Hasil Perikanan. Jakarta.
- Clark, R. B. 1986. *Marine Pollution, Fifth Edition*. University of New Castle Upon Tyne. Oxford.
- Clesceri, I.S, Arnold, Andrew. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Apha wes. Washington DC.
- CRMP. 1998. *Kondisi Oseanografi Perairan Pesisir Lampung*. Technical Report CRMP Lampung. Bandar Lampung.
- CRMP. 1998. *Laporan Penyelidikan Geologi Daerah Pesisir Pantai Propinsi Lampung*. Technical Report CRMP Lampung. Bandar Lampung.

- CRMP. 1998. *Oseanografi dan Kualitas Perairan Teluk Lampung*. Technical Report CRMP Lampung. Bandar Lampung.
- CRMP. 1998. *Sumber-sumber Pencemaran Wilayah Pesisir Propinsi Lampung*. Technical Report CRMP Lampung. Bandar Lampung.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam)* UI Press. Jakarta.
- Demirel, S., Tuzen, Saracoglu, dan Suylak. 2008. Evaluation of Various Digestion Procedures for Trace Element Contents of Some Food Materials. *Journal of Hazardous Materials*. 1020-1026.
- Ebdon, L., E. H. Evans., A. Fisher., S. J. Hill. 1998. *An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry*. John Wiley and Sons Ltd. England.
- Effendy, I. J. 2000. Study on Early Developmental Stages of Donkey Ear Abalon (H. Asinina). Linneaus. 1758. *Thesis*. Institute of Aquaculture. Collage of Fisheries University of Philippines in the Visayas Miag-ao. Iloilo Philippines 146pp.
- EPA. 2003a. National Primary Drinking Water Standards. Washington, DC: *U.S. Environmental Protection Agency, Office of Ground Water and Drinking Water*. EPA816F03016. <http://www.epa.gov/safewater/mcl.html>. January 07, 2016.
- EPA. 1984a. Health Assessment Document for Chromium. Research Triangle Park, NC: *Environmental Assessment and Criteria Office, U.S. Environmental Protection Agency*. EPA600883014F.
- FDA. 2007. Beverages. Bottled Water. *U.S. Food and Drug Administration. Code of Federal Regulations. 21 CFR 165.110*. <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm>. January 28, 2016.
- Garno, Y. S. 2002. Beban Pencemaran Limbah Perikanan Budidaya dan Eutrofikasi diperairan Waduk pada DAS Citarum. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 50-60.
- GESAMP. 1985. Cadmium, Lead, and Tin in the Marine Environment. *Reports and Studies No. 22*. 122p
- Helfinalis. 2000. *Aspek Oseanografi Bagi Peruntukan Lahan di Wilayah Pantai Teluk Lampung*. PPLO-LIPI. Jakarta.
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat: Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. P3O-LIPI. Jakarta.

- Hudaya, R. 2010. Pengaruh Pemberian Belimbing Wuluh (*Averrhoa blimbi*) terhadap Kadar Kadmium (Cd) pada Kerang (*Bivalvia*) yang Berasal dari Laut Belawan. *Skripsi*. USU press. Medan.
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. McGraw-Hill. New York.
- Harmita. 2004. *Buku Ajar Analisis Fisikokimia*. UI Press. Jakarta.
- IARC. 1990. Chromium and Certain Chromium Compounds. *In: IARC Monographs on The Evaluation of The Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*. Chromium, Nickel, and Welding. IARC monographs, Vol. 49. Lyon, France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer.
- IARC. 1993. Cadmium and Certain Cadmium Compounds. *In: IARC Monographs on The Evaluation of The Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in The Glass Manufacturing Industry. IARC monographs, Vol. 58. Lyon, France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer, 119-236.
- Ismail, A., N.R. Jusoh., I.A. ghani. 1995. Trace Metal Concentrations in Marine Prawn of the Malaysian Coast. *Journal of Sea Reasearch*. 403.
- Kastawi, Y. 2003. *Zoologi Avertebrata*. UNM Press. Malang.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hiduo No. Kep-51/MNKLH/I/2004 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 1988. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hiduo No. Kep-02/MNKLH/I/1988 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Lingkungan*. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kusuadi. 2005. Mussel Farming in the State of Sarawak, Malaysia: a Feasibility Study. *Thesis*. The united nations university. Malaysia.
- Lovatelli, A. 1988. *Site Selection for Mollusc culture*. National Inland Fisheries Institute. Bangkok.
- Marganof. 2003. *Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan*. ITB Press. Bandung
- Michael, P. 1994. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium*. UI Press. Jakarta.

- NIOSH. 1989. National Occupation Exposure Survey. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Services, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health. January 28, 2016.
- Noor, NM. 2014. Prospek Pengembangan Usaha Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pulau Pasaran, Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*. 241-242.
- Nurdijanto, P. 2000. *Kimia Lingkungan*. Pati. Yayasan Peduli Lingkungan.
- Nurdin, E. 2000. Potensi Pengembangan Perikanan di Situ Pondok Cina. *Makara*. 1-8.
- Nurjanah, dkk. 2005. *Kandungan Mineral dan Proksimat Kerang Darah (Anadara granosa) yang Diambil Dari Kabupaten Boalemo, Gorontalo*. Buletin Teknologi Hasil Perikanan. Vol. VII. No.2. Hal 21.
- Novita, N. P. 2010. Kajian Sebaran Logam Berat Pb dan Cd di Muara Sungai Way Kuala Bandar Lampung. *Skripsi*. FMIPA. Universitas Lampung.
- Nybakken, JW. 1998. *Biologi laut: suatu Pendekatan Ekologi*. Gramedia. Jakarta.
- OSHA. 1990. Occupational Exposure to Cadmium; Proposed Rule. *Occupational Safety and Health Administration*. Code of Federal Regulations. 29 CFR 1910.
- OSHA. 1998b. Industry Group Seeks Update data on Hex Chrome Exposure. *Occupational Safety and Health Administration*. Inside OSHA. January 28, 2016.
- Pallar, S. 1994. *Toksikologi dan Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pallar, S. 2004. *Toksikologi Logam Berat dan Pencemaran Lingkungan, Edisi ke-2*. Rineka Cipta. Jakarta
- Pariwono, J. I. 1985. *Tides and Tidal Phenomena in The ASEAN region*. Australian Cooperative Programmers in Marine Science. Prelim. Rep. FIAMS, South Australia, 77pp.
- Proyek Pesisir. 1998. *Laporan Penyelidikan Geologi Lingkungan Daerah Pesisir Pantai Propinsi Lampung*. Proyek Pesisir Lampung, Resources Management Project. Bandar Lampung.
- Petrucci, R.H. 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.

- Pagoray, H. 2001. *Kandungan Merkuri dan Kadmium Sepanjang Kali Donan Kawasan Industri Cilacap*. Jurnal Frontir, No. 33.
- Razak, T.B. 1998. Struktur Komunitas Karang Berdasarkan Metode Transek Garis dan Transek Kuadrat di Pulau Taman Nasional Karimun Jawa. *Skripsi*. IPB Press. Bogor.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques For Analytical Chemistry*. Prentice-Hall. New Jersey. Hal: 374
- Sivalingam, P.M. 1977. Aquaculture of Green Mussel *Mytilus Viridis* in Malaysia. *Aquaculture*. 297-312.
- Stoeppler, M. 1992. *Hazardous Metals in the Environment*. Elsevier Science. Publishers B.V. 2. London.
- Sutamihardja, R.T.M., Adnan, K. 1982. *Perairan Teluk Jakarta Ditinjau dari Tingkat Pencemaran*. IPB Press. Bogor.
- Suwignyo, S., B. Widigdo., Y. Wardianto dan M. Krisanti. 2005. *Avertebrata Air Jilid 1*. Swadaya. Jakarta.
- Tarigan, Z. 1990. Prinsip Dasar Metoda Analisa Atomic Absorption Spectrophotometer. *Majalah Semi Populer*, vol. 14. Ambon: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- The Ontario Ministry of The Environment. 2000. *Soii, Ground Water and Sediment Standars for Use Under Part XV.I. of the environmental Protection Act*.
- Vandecasteele, C., dan C.B. Block. 1993. *Modern Methods for Trace Element Determination*. John Wileyand Sons Inc. 94. England.
- Vakily, J.M. 1989. *The Biology and Culture of Genus Perna, ICLARM. Studies and Reviews. Oventsche Gesselschaff for Technische Zusammenabelit (GTZ), GMBH. Eschborn Federal Republic. Germany*.
- Waldihuck. 1974. Some Biological Concern In Metals Pollutions. *Dalam : Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. UI Press. Jakarta.
- Wallace, C. 1985. Reproduction, Recruitment and Fragmentation in Nine Sympatric Spesies of the Coral Genul Acropora. *Marbiol*. 217-233.
- Welz, B. dan Michael S. 2005. *Atomic Absorption Spectrometry. Third Completely Revised Edition*. WILEY-VCH. New York.
- Wiryanan, B., B. Marsden, H.A., Susanto, A.K. Mahi., M. Ahmad., H. Poespitasari. 2002. *Rencana Strategis Pengelolaan Wilayah Pesisir Lampung*. PKSPL IPB. Bandar Lampung

- Yennie, Y., dan Jovita. 2005. Kandungan Logam Berat Air Laut, Sedimen, dan Daging Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Menthok dan Tanjung Jabung Timur. *Jurnal Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 12(1): 27.
- Yudha, I.G. 2007. Kajian Pencemaran Logam Berat di wilayah Pesisir Kota Bandar Lampung. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Universitas Lampung, September, 2007. Bandar Lampung.
- Yucesoy, B., Turhan, Ure, Imir., dan A. Karakaya. 1997. Effects of Occupational Lead and Cadmium Exposure on Some Immunoregulatory Cytokine Levels in Man. *Elsevier Toxicology*, 123 (1997): 143-147.
- Yeanny, S. 2005. *Pengaruh Aktivitas Masyarakat terhadap Kualitas Air dan keanekaragaman Plankton di Sungai Belawan Medan*. USU Press. Medan.
- Zhang, J., Li, X. 1987. Chromium Pollution of Soil and Water in Jinzhou. *J Chinese, Prev Med* 21:262.