

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA KERANG DI PASAR  
GUDANG LELANG DAN PPI DENGAN METODE ICP-OES**

**(Skripsi)**

**Oleh  
Eva Octarianita**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

## ABSTRAK

### ANALISIS LOGAM BERAT PADA KERANG DI PASAR GUDANG LELANG DAN PASAR PPI DENGAN METODE ICP-OES

Oleh  
Eva Octarianita

Kerang merupakan salah satu jenis hewan lunak (Mollusca) yang umumnya dimanfaatkan sebagai bahan makanan (sumber protein). Kerang memiliki sifat *filter feeder* dan *sessile*, sehingga dapat menyerap logam berat di lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu, kerang dapat dijadikan sebagai bioindikator logam berat yang mencemari suatu perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kadar logam berat dan mengetahui tingkat pencemaran logam berat pada kerang di beberapa pasar Teluk Lampung. Logam berat yang dianalisis antara lain Pb, Cd, Cu, Cr, Mn, Zn, Ag, Ni, Co, dan Fe, yang dianalisis menggunakan metode ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry). Rancangan penelitian yang digunakan adalah observasi langsung dilapangan dan data dalam penelitian ini dianalisis secara deskriptif.

Berdasarkan hasil penelusuran ditemukan Kerang Hijau (*Perna viridis*), Kerang Bulu (*Anadara antiquilata*) dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) pada pasar Gudang lelang. Logam berat Pb, Cr, Ni dan Cd telah melewati baku mutu yang sudah ditetapkan dan kandungan logam berat tertinggi yaitu Timbal (Pb) pada kerang hijau sebesar 14,339 mg/kg, kerang Bulu 10,427 mg/kg, dan Kerang Darah 13,880 mg/kg.

Di Pasar PPI hanya ditemukan kerang Hijau (*Perna viridis*), hasil analisis pada kerang hijau yaitu memiliki rerata kandungan logam berat yang sama dari ketiga kerang yang di dapat dari pasar Gudang lelang yaitu dengan nilai tertinggi pada Timbal (Pb) sebesar 12,671 mg/Kg.

**Kata kunci:** Kerang, Logam Berat, ICP-OES dan Pasar Gudang Lelang, Pasar PPI.

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA KERANG DI PASAR  
GUDANG LELANG DAN PPI DENGAN METODE ICP-OES**

**Oleh**

**EVA OCTARIANITA**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

**Judul Skripsi**

**: ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT  
PADA KERANG DI PASAR GUDANG  
LELANG DAN PPI DENGAN METODE  
ICP-OES**

**Nama Mahasiswa**

**: Eva Octarianita**

**Nomor Pokok Mahasiswa**

**: 1317021024**

**Program Studi**

**: Biologi**

**Fakultas**

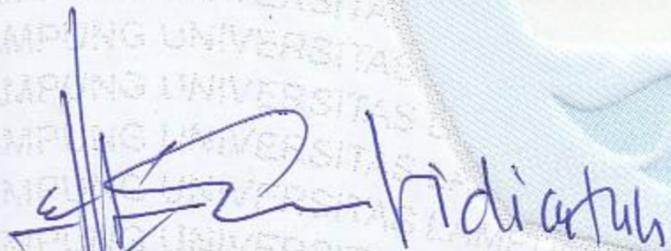
**: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

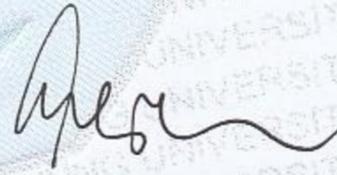
**1. Komisi Pembimbing**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

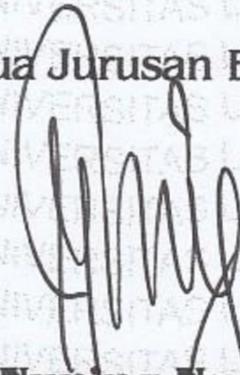


**Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.**  
**NIP 19610611 198603 2 001**



**Drs. R. Supriyanto, M.Si.**  
**NIP 19581111 199003 1 001**

**2. Ketua Jurusan Biologi**



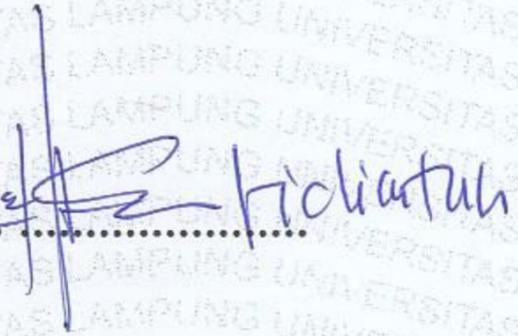
**Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc.**  
**NIP 19660305 199103 2 001**

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

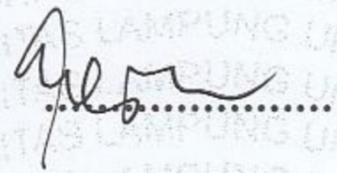
Ketua

: **Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.**



Sekretaris

: **Drs. R. Supriyanto, M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Drs. M. Kanedi, M.Si.**

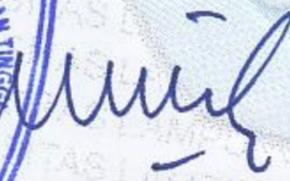


### 2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.**

NIP 19710212 199512 1 001



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Juli 2017**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 04 Oktober 1995. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara oleh pasangan Bapak M. Amin Sigit,S.Sos dan Ibu Anizar Suryati,S.Pd

Penulis mulai menempuh pendidikan pertamanya di Taman Kanak-Kanak Islamiyah Teluk Betung pada tahun 2000. Pada tahun 2001, penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Dasar Negeri1 Sukarame. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2007. Pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikannya di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Bandar Lampung.

Pada tahun 2013, penulis tercatat sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam di Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Biologi FMIPA Unila, Penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Fisiologi Hewan. Penulis juga aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai anggota Dana dan Usaha (DANUS) pada tahun 2014-2015.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gaya Baru 4, Kecamatan Seputih Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah pada Januari-Maret 2017 dan melaksanakan Kerja Praktik di PT. CENTRAL PROTEINAPRIMA – BLK Lampung pada Juli-Agustus 2016 dengan judul **“Analisa Kualitas Air Terhadap Pertumbuhan Benur Udang Putih (*Litopenaeus vannamei*) Di Hatchery 9 Siklus 4 Tahun 2016 Di Pt. Central Proteinaprima – BLK”**.

## PERSEMBAHAN

الرَّحْمَنَ الرَّحِيمَ

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan Rahmat, Ridho, dan Karunia-Nya yang tak henti-hentinya Dia berikan, Kupersembahkan karya kecilku ini untuk :

Ayahku M.Amin Sigit S.Sos dan Ibuku Anizar Suryati S.Pd tercinta yang senantiasa mengucapkan namaku dalam do'a, mencurahkan kasih dan sayangannya untukku, serta selalu mendukung dan memotivasi dalam setiap langkahku,

Kedua kakakku yaitu Mas Sepharian Purnama S.T dan Ricky Ferdian Purnama S.P tersayang yang juga selalu mendo'akan dan memberikan semangat,

Bapak dan Ibu Dosen yang selalu memberikanku ilmu yang bermanfaat, yang membuat diriku memahami akan kebesaran ALLAH SWT dan membantuku dalam menggapai kesuksesan,

Teman-teman, kakak-kakak, dan adik-adik yang selalu memberikanku pengalaman berharga, motivasi, dan semangat,

serta Almamaterku tercinta.

## MOTTO

“Don’t be different  
Just because to be different  
But be different, to be better”  
(Deddy Corbuzier)

“Belajarlah untuk berfikir besar, dan  
berlatihlah bahagia dengan hal-hal  
yang kecil”  
(Raras Dwi Lestari)

## SANWACANA

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, Puji dan syukur Penulis haturkan kepada ALLAH SWT , dan yang Maha Besar, Maha Memiliki Ilmu, serta lantunan sholawat beriring salam menjadi persembahan penuh kerinduan pada suri tauladan kita, Rasulullah Muhammad SAW.

Penulis telah menyelesaikan skripsi dengan judul **“ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA KERANG DI PASAR GUDANG LELANG DAN PPI DENGAN METODE ICP-OES”** yang merupakan bagian dari penelitian institusi-didanaikan oleh Puslitbang Pesisir dan Kelautan – LPPM Universitas Lampung. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya penulis tunjukkan kepada semua yang telah membantu sejak memulai kegiatan sampai terselesaikannya skripsi ini, ucapan tulus penulis sampaikan kepada :

1. Ibu Endang Linirin Widiastuti, Ph.D. selaku Pembimbing 1 atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
2. Bpk R. Supriyanto, M.S. selaku Pembimbing 2 atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi.

3. Bpk M. Kanedi, M.Si. selaku Pembahas atas semua ilmu, bantuan, bimbingan, nasihat, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi.
4. Ibu Dra. Eti Ernawati, M.P. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
5. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.
6. Bpk Warsono, Ph.D. selaku ketua dari Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lampung.
7. Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
8. Ibu Dra. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
9. Ibu Dr. Emantis Rosa, M.Biomed. selaku Kepala Laboratorium Biologi Molekuler dan Mbak Nunung Cahyawati, A.Md. selaku Laboran yang telah mengizinkan dan membantu penulis melaksanakan penelitian di Laboratorium tersebut.
10. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung, terima kasih telah banyak memberikan ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
11. Rekan seperjuangan selama penelitian Carina Pertiwi SS Rh, dan Benny terimakasih atas bantuan, kebersamaan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung.
12. Sahabat-sahabatku Carina Pertiwi SS Rh, Fatmawati Putri dan Tetania Tiara Putri terima kasih telah menjadi partner terbaik, serta terima kasih atas doa

dukungan, dan semangat yang telah diberikan.

13. Teman-teman terdekatku Iffa Afiqa Khairani, Silvia Andriani, I Nyoman Hitakarana, Nur Rohman dan Nasyiatul Himmah, Venny Yulia, Ezanda Vozza, Nuraini Prija, Oktarina Husaini, Sita Resmi, Sabti Martini, Mba Sayu Kadek, Mba Amalia, Mba Dwi dan Mba Choirunisa yang selama diperkuliahan selalu ada untuk membantu, memberi saran, kritik, motivasi, dan semangat, serta sudah memberikan kenangan indah di perkuliahan.
14. Teman-teman Biologi Angkatan 2013 atas keakraban, canda tawa, dukungan, dan kebersamaannya selama ini yang telah kalian berikan.
15. Seluruh kakak dan adik tingkat Jurusan Biologi FMIPA Unila yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas kebersamaannya di FMIPA, Universitas Lampung.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan penulis dukungan, berbagai kritik dan saran.
17. Serta almamater Universitas Lampung yang tercinta.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan kebaikan pula dari Allah SWT. Aamiin.

Demikianlah, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 07 Juli 2017

**Eva Octarianita**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>SAMPUL DEPAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN JUDUL DALAM .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vi</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>viii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
 <b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Kerangka Pikir .....	5

## II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Kerang.....	7
1.2. Macam-macam Kerang.....	8
a. Kerang Bulu ( <i>Anadara antiquata</i> ) .....	8
b. Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ) .....	10
c. Kerang Darah ( <i>Anadara granosa</i> ) .....	11
2. Pencemaran Laut .....	12
3. Logam.....	15
a. Logam Timbal (Pb) .....	18
b. Logam Kadmium (Cd) .....	20
c. Logam Nikel (Ni) .....	22
d. Logam Kromium (Cr) .....	25
e. Logam Tembaga (Cu) .....	26
f. Logam Perak (Ag).....	28
g. Logam Besi (Fe).....	29
h. Logam Seng (Zn) .....	32
i. Logam Kobalt (Co) .....	33
j. Logam Mangan (Mn) .....	35
4. Toksisitas Logam Berat .....	38
1) Pada Enzim .....	39
2) Organel Subselluler .....	40
a. Tingkat dan Lamanya Paparan .....	41
b. Bentuk Kimia .....	41
c. Kompleks Protein Logam Berat .....	42
d. Faktor Penjamu .....	43
5. Dampak Negatif Logam Berat pada Kesehatan Manusia .....	43
6. Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) ..	44
A. Pengertian .....	44
B. Prinsip Kerja .....	45
C. Instrumentasi.....	47
i. Nebulizer.....	47
ii. Pompa .....	48
iii. Spray Chamber .....	49
iv. Torch.....	51
D. Analisis Kuantitatif dan Kualitatif dengan ICP-OES .....	53
E. Kelebihan dan Kekurangan.....	54

### III. METODE KERJA

A. Waktu dan Tempat.....	56
B. Bahan dan Alat .....	57
C. Rancangan Penelitian.....	57
D. Pelaksanaan Penelitian.....	57
1. Pengambilan Sample .....	57
2. Persiapan Bahan Uji .....	58
3. Analisis Logam Berat .....	58
E. Parameter Penelitian .....	58
F. Analisis Data.....	59
G. Diagram Alir Penelitian.....	60

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

1. Rerata kandungan logam berat pada kerang di pasar gudang lelang & PPI.....	61
A. Rerata Kandungan Logam Berat pada Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ) Gudang Lelang .....	63
B. Rerata Kandungan Logam Berat pada Kerang Bulu ( <i>Anadara atiquata</i> ) Gudang Lelang .....	65
C. Rerata Kandungan Logam Berat pada Kerang Dara ( <i>Anadara granosa</i> ) Gudang Lelang .....	65
D. Rerata Kandungan Logam Berat pada Kerang Hijau ( <i>Perna Viridis</i> ) PPI.....	66
2. Hubungan Antara Kerang, Pantai Teluk Lampung dan Konsumen Kerang .....	67
3. Keberadaan Logam Berat .....	68

#### **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	71
B. Saran .....	72

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>77</b>
-----------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kegunaan Logam Timbal (Pb).....	19
Tabel 2. Kelebihan Dan Kekurangan Teknik-Teknik Analisis Unsur .....	55
Tabel 3. Rerata Kandungan Logam Berat Pada Kerang Di Pasar Gudang Lelang Dan PPI .....	62
Tabel 4. Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut .....	69
Tabel 5. Kurva Regresi Larutan Standar Fe .....	78
Tabel 6. Kurva Regresi Larutan Standar Ag .....	79
Tabel 7. Kurva Regresi Larutan Standar Cd .....	80
Tabel 8. Kurva Regresi Larutan Standar Co .....	81
Tabel 9. Kurva Regresi Larutan Standar Cr .....	82
Tabel 10. Kurva Regresi Larutan Standar Cu .....	83
Tabel 11. Kurva Regresi Larutan Standar Mn .....	84
Tabel 12. Kurva Regresi Larutan Standar Ni .....	85
Tabel 13. Kurva Regresi Larutan Standar Pb .....	86
Tabel 14. Kurva Regresi Larutan Standar Zn .....	87

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kerang Bulu ( <i>Anadara atiquata</i> ) .....	9
Gambar 2. Kerang Hijau ( <i>Perna viridis</i> ) .....	10
Gambar 3. Kerang Dara ( <i>Anadara granosa</i> ) .....	12
Gambar 4. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat .....	15
Gambar 5. Pengaruh Logam Berat pada Kerja Enzim .....	40
Gambar 6. Kompleks Protein Logam Berat .....	42
Gambar 7. Cara Instrumentasi .....	47
Gambar 8. Contoh <i>Nebulizer</i> yang digunakan untuk ICP-OES.....	48
Gambar 9. Pompa Peristaltik yang digunakan untuk ICP-OES.....	49
Gambar 10. <i>Spray Chamber</i> yang digunakan untuk ICP-OES .....	50
Gambar 11. Skema Generator Hidrida.....	51
Gambar 12. <i>Torch</i> yang digunakan untuk ICP-OES.....	52
Gambar 13. Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI .....	56
Gambar 14. Diagram Alir Penelitian .....	60
Gambar 15. Mencari Sample di Pasar .....	88
Gambar 16. Kerang Dara di Pasar Gudang Lelang .....	88
Gambar 17. Kerang Bulu di Pasar Gudang Lelang .....	88
Gambar 18. Kerang Hijau di Pasar Gudang Lelang .....	89
Gambar 19. Pengukuran Sample Kerang Hijau Pasar PPI .....	89
Gambar 20. Pengukuran Sample Kerang Darah Pasar Gudang Lelang .....	89

Gambar 21. Pengukuran Sample Kerang Bulu Pasar Gudang Lelang .....	89
Gambar 22. Pengukuran Sample Kerang Hijau Pasar Gudang Lelang .....	90
Gambar 23. Asam Nitrat (HNO <sub>3</sub> ) 100% .....	90
Gambar 24. Persiapan Sample Kerang Hijau Pasar Gudang Lelang .....	90
Gambar 25. Persiapan Sample Kerang Bulu Pasar Gudang Lelang .....	90
Gambar 26. Persiapan Sample Kerang Darah Pasar Gudang Lelang .....	91
Gambar 27. Persiapan Sample Kerang Hijau Pasar PPI .....	91
Gambar 28. Melarutkan Kerang dengan Asam Nitrat Pekat .....	91
Gambar 29. Pengenceran dengan Aquabides 25 ml .....	91
Gambar 30. Memisahkan Antara Natan dan Super Natan .....	92
Gambar 31. Alat ICP-OES .....	92

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang dan Masalah

Indonesia terdiri atas 17.508 pulau dengan luas seluruh wilayah dengan jalur laut 12 mil adalah 5 juta km<sup>2</sup>. Terdiri dari luas daratan 1,9 juta km<sup>2</sup>, laut territorial 0,3 juta km<sup>2</sup> sedangkan perairan pedalaman atau perairan kepulauan seluas 2,8 juta km<sup>2</sup>. Ini berarti seluruh laut di Indonesia berjumlah 3,1 juta km<sup>2</sup> atau sekitar 62% dari seluruh wilayah Indonesia (Nontji, 1993).

Wilayah pesisir dapat didefinisikan sebagai daerah pertemuan antara daratan dan laut, daratan merupakan wilayah yang masih dipengaruhi oleh fenomena lautan, seperti gelombang, pasang surut, angin laut, dan lain-lain; sedangkan ke arah laut merupakan wilayah laut yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan seperti erosi, sedimentasi, dan lain-lain. Pada umumnya wilayah pesisir merupakan daerah yang rentan terhadap pencemaran akibat kesalahan dalam pengelolaannya karena menjadikan kawasan ini sebagai tempat pembuangan segala macam limbah yang berasal dari daratan. Salah satunya ialah Wilayah Pesisir Teluk Lampung merupakan daerah yang rentan terhadap pencemaran yang berasal dari limbah domestik maupun limbah industri yang mengalir menuju sungai-sungai yang bermuara ke wilayah perairan pesisir (Wiryawan *et al*, 2002).

Pesisir Pantai kota Bandar Lampung merupakan salah satu lokasi yang telah banyak mengkonversi lahan pantai, menjadi kawasan industri antara lain industri batubara, pembangkit tenaga listrik, pariwisata, pelabuhan niaga dan pemukiman (Wiryawan *et al*, 1999). Aktivitas-aktivitas yang terjadi di perairan Teluk Lampung termasuk salah satunya di pesisir pantai kota Bandar Lampung, berdampak pada pencemaran perairan Teluk Lampung.

Pencemaran ini juga dapat di alih fungsikan sebagai tempat pembuangan limbah. Pada awalnya limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia yang dibuang ke perairan, belum menjadi suatu permasalahan karena perairan mempunyai kapasitas asimilasi untuk menampung jumlah limbah tertentu.

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu karena logam berat tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi di lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan. Biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut (Rohyatun *et al*, 2007).

Kerang merupakan satu diantara penghuni perairan dan menjadi sumber protein hewani. Kandungan protein pada daging kerang ini yaitu 8/100 g. Kandungan kerang lainnya adalah lemak, kalsium, fosfor, zat besi dan kandungan yang lainnya (Poedijiadi, 2006). Namun hasil penelitian-penelitian saat ini menunjukkan adanya kandungan logam berat pada kerang-kerangan. Hal ini dikarenakan kerang dapat mengakumulasi logam lebih

besar dari pada hewan air lainnya, karena kerang memiliki sifat yang menetap, lambat untuk dapat menghindarkan diri dari pengaruh polusi, dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap konsentrasi logam tertentu. Karena itu jenis kerang merupakan indikator yang sangat baik untuk memonitoring suatu pencemaran lingkungan (Darmono, 2001).

Pasar PPI dan Pasar Gudang Lelang merupakan pusat penjualan berbagai jenis hasil tangkapan dari laut yang akan dikonsumsi oleh masyarakat Lampung. Hasil tangkapan dari nelayan yang akan dijual dipasaran salah satunya yaitu kerang. Kerang yang terdapat dipasar harus memiliki keamanan untuk dikonsumsi oleh masyarakat dan harus diperhatikan kandungan logam beratnya agar tidak mengganggu kesehatan masyarakat dengan bahaya yang akan ditimbulkan oleh logam berat tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas perlu diperhatikan perlindungan kesehatan masyarakat di pesisir teluk Lampung, maka diperlukan suatu penelitian mengenai akumulasi logam berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Seng (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada kerang-kerangan di pasar pelelangan ikan disekitar Teluk Lampung, sehingga dapat digunakan dalam monitoring pencemaran lingkungan dan keamanan pangan, serta pemaparan logam berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Seng (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada masyarakat melalui konsumsi.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah kadar kandungan logam berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Seng (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada kerang dari Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI di Bandar Lampung?
2. Apakah kandungan logam berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Seng (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada kerang dari Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI di Bandar Lampung telah melebihi ambang batas?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kadar kandungan logam berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Seng (Zn), Perak (Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada kerang dari Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI di Bandar Lampung.
2. Mengetahui kandungan logam berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Besi (Fe), Kobalt (Co), Seng (Zn), Perak

(Ag), Nikel (Ni), dan Mangan (Mn) pada kerang di Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI di Bandar Lampung.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi ilmiah mengenai tingkat pencemaran logam berat Ag (Perak), Cd (Kadmium), Cu (Tembaga), Co (Kobalt), Cr (Kromium), Fe (Ferrum), Mn (Mangan), Ni (Nikel), Pb (Timbal) dan Zn (Seng) pada kerang di Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI di Bandar Lampung.

#### **E. Kerangka Pikir**

Sumber cemaran logam berat dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan limbah berupa pencemar. Pencemaran laut didefinisikan sebagai dampak negatif (pengaruh yang membahayakan) bagi kehidupan biota, sumber daya, kenyamanan ekosistem laut, serta kesehatan manusia, dan nilai guna ekosistem laut, baik disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah ke dalam laut yang berasal dari kegiatan manusia. Bahan-bahan pencemar tersebut diangkut oleh air hujan dan gerakan air dari laut dan perairan tawar menuju muara sungai yang merupakan tempat bertemunya perairan laut dan perairan tawar. Logam berat dalam perairan dipekatkan melalui proses biologi dan kimia-fisika. Bioakumulasi dan biomagnifikasi merupakan proses biologi yang mampu mengendapkan logam pada tubuh organisme melalui rantai makanan. 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, sehingga biota ini sering digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat pada organisme laut. Apabila daging kerang tersebut dikonsumsi oleh manusia maka dalam batas konsentrasi tertentu logam berat akan terakumulasi dalam organ tubuh manusia. Perlu dilakukan penelitian tentang analisis kandungan logam berat pada kerang di beberapa pasar teluk Lampung dengan menggunakan metode ICP-OES. Sebagai upaya, untuk mencegah konsumsi kerang kerek apabila terkandung logam berat.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Kerang

Kerang adalah salah satu hewan lunak (Mollusca) kelas Bivalvia atau Pelecypoda. Secara umum bagian tubuh kerang dibagi menjadi lima, yaitu (1) kaki (*foot byssus*), (2) kepala (*head*), (3) bagian alat pencernaan dan reproduksi (*visceral mass*), (4) selaput (*mantle*) dan cangkang (*shell*). Pada bagian kepala terdapat organ-organ syaraf sensorik dan mulut. Warna dan bentuk cangkang sangat bervariasi tergantung pada jenis, habitat dan makanannya.

Kerang biasanya simetri bilateral, mempunyai sebuah mantel yang berupa daun telinga atau cuping dan cangkang setangkup. Mantel dilekatkan ke cangkang oleh sederetan otot yang meninggalkan bekas melengkung yang disebut garis mantel. Fungsi dari permukaan luar mantel adalah mensekresi zat organik cangkang dan menimbun kristal-kristal kalsit atau kapur. Cangkang terdiri dari tiga lapisan, yakni (Hudaya, 2010):

- a. Lapisan luar tipis, hampir berupa kulit dan disebut periostracum, yang melindungi.
- b. Lapisan kedua yang tebal, terbuat dari kalsium karbonat; dan

- c. Lapisan dalam terdiri dari mother of pearl, dibentuk oleh selaput mantel dalam bentuk lapisan tipis. Lapisan tipis ini yang membuat cangkang menebal saat hewannya bertambah tua.

## 1.2 Macam-macam Kerang

Hudaya (2010) mengemukakan bahwa kerang merupakan sumber bahan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat, karena mengandung protein dan lemak. Jenis kerang yang sering menjadi konsumsi masyarakat, yaitu kerang hijau (*Perna viridis*), kerang darah (*Anadara granosa*), dan kerang bulu (*Anadara antiquata*).

### a) **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 (Yusefi, 2011)

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

Ciri dari kerang bulu (*Anadara antiquulata*) sebagai mana dari gambar diatas adalah cangkang yang terdiri dari 2 keping yang saling menutup dan bewarna coklat kehitaman. Bentuknya secara keseluruhan hampir bulat, dan pada mulut cangkang banyak ditemukan bulu-bulu kecil. Kerang bulu (*Anadara antiquulata*) hidup pada habitat tanah berlumpur pada perairan yang dangkal.

Secara umum bagian tubuh kerang-kerangan dibagi menjadi lima, yaitu:

- 1) Kaki (*foot, byssus*)
- 2) Kepala (*head*)
- 3) Bagian alat pencernaan dan reproduksi (*visceral mass*)
- 4) Selaput (*mantle*)
- 5) Cangkang (*shell*)

Pada bagian kepala terdapat organ-organ syaraf sensorik dan mulut. Bagian kaki merupakan otot yang mudah berkontraksi, dan bagian ini merupakan bagian utama alat gerak. Warna dan bentuk cangkang sangat bervariasi, tergantung pada jenis, habitat, dan makanannya (Setyono, 2006).



Gambar 1. Kerang Bulu

b) **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. Kerang ini tidak mati walaupun tidak terendam selama air laut surut. Kerang hijau termasuk binatang lunak, mempunyai dua cangkang yang simetris, kakinya berbentuk kapak, insangnya berlapis-lapis satu dengan lainnya dihubungkan dengan cilia.



Gambar 2. Kerang Hijau

Klasifikasi kerang hijau adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
Phylum : Mollusca  
Class : Bivalvia  
Ordo : Mytiloida  
Family : Mytilidae  
Genus : *Perda*  
Spesies : *Perda viridis*

Habitat kerang hijau belum diketahui secara merata di perairan Indonesia, namun dapat dicatat karakteristik perairan yang sesuai bagi budidaya kerang hijau antara lain suhu perairan berkisar antara  $27^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$ , pH air antara 3 – 4 , arus air dan angin tidak terlalu kuat dan umumnya pada kedalaman air antara 10 m-20 m. Laju pertumbuhan kerang hijau berkisar 0,7-1,0 cm/ bulan. Ukuran konsumsi yang panjangnya sekitar 6 cm dicapai dalam waktu 6-7 bulan.

c) **Kerang Darah** (*Anadara granosa*)

Cangkang kerang darah memiliki belahan yang sama melekat satu sama lain pada batas cangkang. Rusuk pada kedua belahan cangkangnya sangat menonjol. Setiap belahan Cangkang memiliki 19-23 rusuk. Dibanding kerang hijau, laju pertumbuhan kerang darah relatif lebih lambat. Laju pertumbuhan 0,098 mm/hari. Untuk tumbuh sepanjang 4-5 mm, kerang darah memerlukan waktu sekitar 6 bulan. Presentase daging terbesar dimiliki oleh *Anadara granola*, yaitu sebesar 24,3%. Kerang darah memijah sepanjang tahun dengan puncaknya terjadi pada bulan Agustus/September. Hewan ini termasuk hewan berumah dua. Reproduksi kerang terjadi pada saat kerang darah mencapai ukuran panjang 18-20 mm dan berumur kurang dari satu tahun. Adapun pemijahan mulai terjadi pada ukuran 20 mm.



Gambar 3. Kerang Darah

Kerang ini hidup dalam cekungan-cekungan di dasar perairan di wilayah pantai pasir berlumpur. Jenis kekerangan ini menghendaki kadar garam antara 13-28 g/kg, kecerahan 0,5-2,5 m, dan pH 7,5-8,4. Klasifikasi kerang darah adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia  
Phylum : Mollusca  
Class : Bivalvia  
Ordo : Arcioda  
Family : Arcidae  
Genus : Anadara  
Spesies : *Anadara granosa*

## 2. Pencemaran Laut

Pencemaran laut didefinisikan sebagai peristiwa masuknya partikel kimia, limbah industri, pertanian dan perumahan, kebisingan, atau penyebaran organisme asing yang masuk ke dalam laut, yang berpotensi memberi efek

berbahaya. Dalam sebuah kasus pencemaran, banyak bahan kimia yang berbahaya berbentuk partikel kecil yang kemudian diambil oleh plankton dan binatang dasar, yang sebagian besar adalah pengurai ataupun *filter feeder* (menyaring air). Dengan cara ini, racun yang terkonsentrasi dalam laut masuk ke dalam rantai makanan, semakin panjang rantai yang terkontaminasi, kemungkinan semakin besar pula kadar racun yang tersimpan. Pada banyak kasus lainnya, banyak dari partikel kimiawi ini bereaksi dengan oksigen, menyebabkan perairan menjadi anoxic. Sebagian besar sumber pencemaran laut berasal dari daratan, baik tertiuap angin, terhanyut maupun melalui tumpahan.

Berikut ini merupakan penyebab pencemaran laut oleh logam berat:

- a. Logam berat ialah benda padat atau cair yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm<sup>3</sup>, sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram adalah logam ringan.

Logam berat, seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), kromium (Cr), seng (Zn), dan nikel (Ni), merupakan salah satu bentuk materi anorganik yang sering menimbulkan berbagai permasalahan yang cukup serius pada perairan. Penyebab terjadinya pencemaran logam berat pada perairan biasanya berasal dari masukan air yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri dan pertambangan (Dahuri, 2003).

- b. Jenis-Jenis Industri Pembuang Limbah yang Mengandung Logam Berat :

Kertas	: Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn
Petro-chemical	: Cd, Cr, Hg, Pb, Sn, Zn
Pengelantang	: Cd, Cr, Hg, Pb, Sn, Zn

Pupuk	: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn
Kilang minyak	: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn
Baja	: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Sn, Zn
Logam bukan besi	: Cr, Cu, Hg, Pb, Zn
Kendaraan bermotor	: Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sn, Zn
Semen, keramik	: Cr
Tekstil	: Cr
Industri kulit	: Cr
Pembangkit listrik tenaga uap	: Cr, Zn

Logam berat memiliki densitas yang lebih dari 5 gram/cm<sup>3</sup> dan logam berat bersifat tahan urai. Sifat tahan urai inilah yang menyebabkan logam berat semakin terakumulasi di dalam perairan. Logam berat yang berada di dalam air dapat masuk ke dalam tubuh manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung. Logam berat di dalam air dapat masuk secara langsung ke dalam tubuh manusia apabila air yang mengandung logam berat diminum, sedangkan secara tidak langsung apabila memakan bahan makanan yang berasal dari air tersebut. Di dalam tubuh manusia, logam berat juga dapat terakumulasi dan menimbulkan berbagai bahaya terhadap kesehatan.



Gambar 4. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat (Sumber MARPOL)

### 3. Logam

Logam merupakan bahan pertama yang dikenal manusia dan digunakan sebagai alat-alat yang berperan penting dalam peradaban manusia (Darmono, 1995). Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan atau masuk ke dalam organisme hidup. Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup (Palar, 2004). Berdasarkan daya hantar panas dan listriknya, semua unsur kimia yang terdapat dalam susunan berkala, unsur-unsur dapat dibagi dua golongan yaitu logam dan non logam. Berdasarkan densitasnya, golongan logam terbagi dua yaitu logam ringan dan logam berat. Golongan logam ringan (*light metals*) mempunyai densitas  $<5$ , sedangkan logam berat (*heavy metals*) mempunyai densitas  $>5$  (Afrizal, 2000).

Menurut Palar (2004) karakteristik dari logam berat adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki spesifikasi grafitasi yang sangat besar ( $>4$ )
- b. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktinida
- c. Mempunyai respon biokimia (Spesifik) pada organisme hidup.

Dapat dikatakan semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Sebagai contoh adalah logam air raksa (Hg), Cadmium (Cd), Timah hitam (Pb), Krom (Cr), Cobalt (Co), Besi (Fe), dan Nikel (Ni). Logam berat ini bila kadarnya melebihi dari ambang batas yang diperbolehkan dapat menimbulkan bahaya karena tingkat toksisitasnya akan mengganggu organisme yang ada di perairan maupun manusia penggunaannya baik langsung maupun tidak langsung.

Logam berat yang masuk ke sistem perairan, baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan adsorpsi oleh organisme-organisme perairan (Ernawati, 2010). Logam yang ada pada perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, hal ini akan menyebabkan organisme yang mencari makan di dasar perairan (udang dan kerang) akan memiliki peluang yang besar untuk terpapar logam berat yang telah terikat di dasar perairan.

Logam-logam di alam umumnya ditemukan dalam persenyawaan dengan unsur lain, dan sangat jarang ditemukan dalam bentuk elemen tunggal (Sutamihardja, 2006). Secara alami, dalam konsentrasi tertentu, logam berat dibutuhkan oleh makhluk hidup sebagai ko faktor proses metabolisme di dalam tubuh (Darmono, 2001).

Logam berat dibagi atas 2 jenis, yaitu:

- 1) Logam Berat Esensial, yaitu logam berat yang dalam konsentrasi tertentu dibutuhkan oleh organisme untuk membantu kerja enzim, misalnya Zn, Cu, Fe, Co dan Mn.
- 2) Logam Berat Non Esensial, yaitu logam berat yang bersifat toksik bagi organisme, misalnya Hg, Cd, Pb, Cr dan As.

Peningkatan konsentrasi logam berat di tanah dan perairan umumnya disebabkan masuknya limbah kegiatan industri, pertambangan, pertanian dan domestik yang mengandung logam berat, ke lingkungan. Peningkatan konsentrasi logam berat akan mengakibatkan logam berat yang semula diperlukan untuk proses metabolisme akan berubah menjadi racun yang membahayakan kehidupan organisme (Yudo, 2006).

Menurut Sutamihardja (2006), sifat-sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia adalah:

- Logam berat sulit didegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi di lingkungan;
- Logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh organisme dan konsentrasinya dapat semakin tinggi, atau disebut juga dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi;

Logam berat mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam di dalam air. Perilaku logam berat di lingkungan.

a. **Logam Timbal (Pb)**

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif sehingga biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2 (Sunarya, 2007).

Timbal (Pb) memiliki nomor atom 82; dengan bobot atom 207,21; Valensi 2-4. Timbal merupakan logam yang sangat beracun terutama terhadap anak-anak. Secara alami timbal (Pb) ditemukan didalam tanah. Timbal tidak berbau ataupun berasa. Timbal dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk berbagai senyawa-senyawa timbal, baik senyawa-senyawa organik seperti timbal oksidasi (PbO), timbal klorida (PbCl<sub>2</sub>) dan lain-lain.

Timbal yang terakumulasi di lingkungan, tidak dapat terurai secara biologis dan toksisitasnya tidak berubah sepanjang waktu. Timbal bersifat toksik jika terhirup atau tertelan oleh manusia dan didalam tubuh akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali didalam ginjal dan otak, disimpan didalam tulang dan gigi (Cahyadi, 2004).

Bentuk persenyawaan Pb dengan unsur kimia lainnya serta kegunaannya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Table 1. Kegunaan logam Pb

Bentuk Persenyawaan	Kegunaan
Pb – Sn	Kabel telepon
Pb + As + Sm + Bi	Kabel listrik
Pb + Ni	Senyawa azida untuk bahan
Pb + Cr + Mo + Ce	peledak
Pb – Asetat	Untuk pewarnaan pada cat
Pb + te	Pengkilap keramik dan bahan anti
(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> Pb – Tetramil Pb}	api
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub> Pb – Tetramil Pb	Pembangkit listrik tenaga panas

Gejala dan tanda-tanda secara klinis akibat terpapar logam Pb yang timbul akan berbeda, seperti dibawah ini (Cahyadi, 2004):

#### 1. Terpapar secara akut

Timbal di udara yang dihirup manusia dapat menimbulkan gejala-gejala seperti kram perut, kolik dan biasanya diawali dengan sembelit, mual, muntah-muntah. Sedangkan akibat yang lebih seperti sakit kepala, bingung atau pikiran kacau, sering pingsan dan koma. Pada anak-anak nafsu makan berkurang, sakit perut dan muntah, bergerak kaku, kelmahan, tidak ingin bermain, peka terhadap rangsangan, sulit berbicara dan gangguan pertumbuhan otak dan koma.

#### 2. Terpapar secara kronis

Keracunan Pb secara kronis berjalan lambat. Kelelahan, kelesuan, dan iritabilitas merupakan tanda awal dari *intoksikasi* Pb secara kronis. Dan

paparan dengan dosis rendah sudah menimbulkan efek yang merugikan pada perkembangan dan fungsi dari sistem syaraf pusat, gejala lainnya adalah kehilangan libido, gangguan menstruasi, serta aborsi spontan pada wanita. Berbagai upaya dan tindakan penangan perlu dilakukan dalam rangka untuk mencegah dan mengurangi pencemaran Pb, upaya tersebut diantaranya adalah dengan menghindari penggunaan peralatan-peralatan dapur atau tempat makanan/minuman yang diduga mengandung Pb misalnya keramik, wadah yang dipatriatau mengandung cat, dan sebagainya.

#### **b. Logam Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) merupakan unsur golongan IIB (logam) yang mempunyai bilangan oksidasi +2, ion dalam larutan tidak berwarna, dan senyawa dalam bentuk padatan tidak berwarna mencolok (Petrucci, 1987).

Cd mempunyai nomor atom 48, massa atom 112,4, kerapatan 8,64 g/cm<sup>3</sup>, titik cair 320, 9<sup>0</sup>C, dan titik didih 767<sup>0</sup>C (Stoeppler,1992). Di dalam air Cd hanya sedikit dan tidak bereaksi dengan H<sub>2</sub>O, melainkan hanya terhidrasi di dalamnya sebagai ion kompleks berikatan dengan CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Keberadaan ion Cd<sup>2+</sup> di dalam air tergantung kadar garam dan keasaman (pH). Air dengan kadar garam dan alkalinitas tinggi akan mempercepat spesiasi ion Cd<sup>2+</sup> yaitu dengan membentuk pasangan ionnya (Marganof, 2003).

Kadmium merupakan logam yang bersumber dari aktivitas alamiah dan antropogenik. Secara alamiah Cd didapat dari letusan gunung berapi,

jatuhan atmosferik, pelapukan bebatuan, dan jasad organik yang membusuk. Logam Cd juga didapat dari kegiatan manusia, yaitu industri kimia, pabrik tekstil, pabrik semen, tumpahan minyak, pertambangan, pengolahan logam, pembakaran bahan bakar, dan pembuatan serta penggunaan pupuk fosfat. Dalam kehidupan sehari-hari, mainan anak-anak, fotografi, tas dari vinil, dan mantel merupakan sumber Cd (Darmono, 1995).

Industri menggunakan Cd dalam pembuatan baterai Ni-Cd, pigmen Cd (membuat warna lebih cerah pada gelas, keramik, plastik dan cat halus), stabilisator Cd untuk mencegah radiasi dan oksidasi, pelapis baja dan aluminium, pematri, industri metalurgi, sebagai campuran Zn, dan bahan campuran semen, bahan bakar fosil dan pupuk fosfat (Darmono, 1995).

Kadmium masuk ke dalam air melalui beberapa cara yaitu dekomposisi atmosfer yang berasal dari kegiatan industri, erosi tanah dan bebatuan, air hujan, kebocoran tanah pada tempat-tempat tertentu, dan penggunaan pupuk di lahan pertanian (Marganof, 2003).

Angin menggerakkan Cd di udara ke tanah dan air dalam bentuk partikulat. Pada manusia Cd masuk ke dalam tubuh melalui rokok, makan dan minuman yang mengandung Cd, udara yang dihirup, perhiasan, dan tempat kerja yang dapat memaparkan Cd. Partikel Cd yang sangat kecil dapat langsung masuk ke dalam paru-paru dan tubuh untuk kemudian ditransfer ke tulang, lever, dan ginjal (ATSDR, 1999; Wisconsin Public Health, 2000).

Kadmium merupakan logam berat yang sangat membahayakan kesehatan manusia. Salah satu dampak keracunan Cd adalah penyakit tulang yang menimbulkan rasa nyeri 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; Mason, 1991; Bellinger *et al*, 1992; Darmono, 1995).

Gejala yang ditimbulkan dari keracunan logam kadmium (Cd):

- a) Iritasi perut, diare, dan muntah-muntah setelah mengonsumsi makanan dan minuman yang mengandung Cd.
- b) Iritasi paru-paru, merusak sistem organ paru-paru (emfisema dan bronkhitis).
- c) Sistem imun menurun.
- d) Batu ginjal.
- e) Berat badan rendah bagi bayi yang dilahirkan dari ibu yang terpapar Cd di luar ambang batas (Anonim, 2001; Haas, 1984).

### **c. Logam Nikel (Ni)**

Nikel ditemukan oleh A. F. Cronstedt pada tahun 1751. Nikel dengan nomor atom 28 dan massa atom 58,69, dalam sistem periodik unsur terletak pada periode 4, golongan VIII B. Nikel adalah logam putih perak yang keras, bersifat liat, dapat ditempa dan sangat kokoh. Logam ini melebur pada suhu  $1455^{\circ}\text{C}$ , dan bersifat sedikit magnetis (Svehla, 1999).

Nikel di alam dalam bentuk ion heksaquo  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O}_6)]^{+2}$  dan garam terlarut dalam air. Aliran alami, sungai, dan danau mengandung total  $0,2\text{-}10 \mu\text{gL}^{-1}$  nikel terlarut. Air yang dekat dengan permukaan pada daerah pertambangan dan peleburan mengandung nikel sampai  $6,4 \text{ mg L}^{-1}$ . Air laut mengandung kira-kira  $1,5 \mu\text{g L}^{-1}$  dimana merupakan sekitar 50% bentuk ion bebasnya (Wright, 2002). Ni memasuki atmosfer dari pembakaran bahan bakar fosil, proses peleburan dan *alloying* (paduan logam), sampah pembakaran, dan asap tembakau. Nikel berada di atmosfer terutama sebagai bentuk larut dalam air, seperti  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{NiO}$ , dan kompleks oksida logam yang mengandung logam Ni.

Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti : pembuatan baja tahan karat, *alloy* yang bersifat tahan korosi, pelindung baja (*stainless steel*), pelindung tembaga, industri baterai, elektronik, aplikasi industri pesawat terbang, industri tekstil, turbin pembangkit listrik bertenaga gas, pembuat magnet kuat, pembuatan alat-alat laboratorium (nikrom), kawat lampu listrik, katalisator lemak, pupuk pertanian, dan berbagai fungsi lain (Anonim 2, 2013).

Nikel dalam jumlah kecil dibutuhkan oleh tubuh, tetapi bila terdapat dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat berbahaya untuk kesehatan manusia, yaitu: menyebabkan kanker paru-paru, kanker hidung, kanker pangkal tenggorokan, kanker prostat, merusak fungsi ginjal, menyebabkan kehilangan keseimbangan, menyebabkan kegagalan respirasi, kelahiran

cacat, menyebabkan penyakit asma dan bronkitis kronis serta merusak hati.

Berdasarkan hasil autopsi terhadap korban yang meninggal akibat paparan  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ , diketahui bahwa kadar Ni tertinggi adalah di paru-paru selanjutnya dalam jumlah rendah terdapat di ginjal, hati, dan otak. Paparan nikel (Ni) bisa terjadi melalui inhalasi, oral, dan kontak kulit . Paparan akut Ni dosis tinggi melalui inhalasi bisa mengakibatkan kerusakan berat pada paru-paru dan ginjal serta gangguan gastrointestinal berupa mual, muntah, dan diare. Paparan kronis Ni secara inhalasi bisa mengakibatkan gangguan pada alat pernafasan, berupa asma, penurunan fungsi paru-paru, serta bronkitis. Paparan Ni lewat kulit secara kronis bisa menimbulkan gejala, antara lain dermatitis nikel berupa eksema (kulit kemerahan, gatal) pada jari-jari, tangan, pergelangan tangan, serta lengan (Mukono, 2009).

Berdasarkan uji toksisitas akut pada hewan, diketahui bahwa tingkat toksisitas nikel bervariasi dipengaruhi oleh tingkat kelarutan senyawa Ni. Senyawa larut seperti nikel asetat lebih toksik dibandingkan senyawa Ni yang tidak larut, seperti *nickel powder*.

Darmono (1995) melaporkan bahwa dalam konsentrasi tinggi nikel di tanah berpasir merusak tanaman dan di permukaan air dapat mengurangi tingkat pertumbuhan alga. Lebih lanjut dikatakan bahwa nikel juga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, tetapi mereka biasanya mengembangkan perlawanan terhadap nikel setelah beberapa saat.

Ketoksikan nikel pada kehidupan akuatik bergantung pada spesies, pH, kesadahan dan faktor lingkungan lain .

#### **d. Logam Kromium (Cr)**

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 g/cm<sup>3</sup>. 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). 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).

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).

#### e. Logam Tembaga (Cu)

Menurut Palar (1994), tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Unsur logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546. Selanjutnya Darmono (1995) menyatakan bahwa densitas tembaga ialah 8,90 dan titik cairnya 1084<sup>0</sup>C. Dalam bidang industri, logam tembaga banyak digunakan, sebagai contoh industri cat sebagai antifouling, industri insektisida, fungisida dan lain-lain.

Disamping itu dalam proses produksinya, dipakai dalam industri galangan kapal karena digunakan sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, buangan rumah tangga dan lain sebagainya (Palar, 1994) Tembaga (Cu) adalah logam yang paling beracun terhadap organisme laut selain merkuri dan perak (Clark, 1992). Di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral (Palar, 1994). Dalam badan perairan laut, tembaga dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan seperti  $\text{CuCO}_3^-$  dan  $\text{CuOH}^-$  dan lain sebagainya. Adapun logam berat dari aktivitas manusia berupa buangan sisa dari industri ataupun buangan rumah tangga.

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

Secara biologis Cu tersedia dalam bentuk Cu (II) dan Cu (III) dalam gram inorganik dan kompleks inorganik. Perpindahan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah bumi ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, pengairan, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan derajat keasaman (pH). Logam Cu merupakan salah satu logam berat esensial untuk kehidupan makhluk hidup secara elemen mikro. Logam ini dibutuhkan sebagai unsur yang berperan dalam pembentukan enzim oksidatif dan pembentukan kompleks Cuprotein yang dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin, kologen, pembuluh darah dan myelin (Darmono, 1995). Logam Cu dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh, maka apabila konsentrasinya cukup besar logam berat akan meracuni manusia tersebut. Pengaruh racun yang ditimbulkan dapat berupa muntah-muntah, rasa terbakar di daerah esopagus dan lambung, kolik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma (Supriharyono, 2000).

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

#### **f. Logam Perak (Ag)**

Perak adalah unsur logam dengan nomor atom 47. Simbolnya adalah Ag. Sebuah logam transisi lunak, putih, dan berkilau, dia memiliki konduktivitas listrik, konduktivitas termal, dan reflektivitas tertinggi di antara semua logam. Logam ini terjadi secara alamiah dalam bentuk murni, bentuk bebas (perak asli), sebagai paduan dengan emas dan logam lainnya, dan dalam mineral seperti argentit dan klorargirit. Kebanyakan perak diproduksi sebagai produk samping penambangan tembaga, emas, timah, dan seng.

Perak telah lama dinilai sebagai logam mulia. Lebih melimpah daripada emas, logam perak telah berfungsi di banyak yang sistem moneter pramodern sebagai spesi koin, kadang-kadang bahkan bersama emas. Perak digunakan industri dalam stop kontak dan konduktor listrik, pada cermin khusus, pelapis jendela dan dalam katalisis reaksi kimia. Senyawanya digunakan dalam film fotografi dan sinar-X. Larutan perak nitrat encer dan senyawa perak lainnya digunakan sebagai disinfektan dan mikrobisida (efek oligodinamika), ditambahkan ke perban dan pembalut luka, kateter dan peralatan medis lainnya. Di dunia belahan barat Meksiko, Peru dan Amerika Serikat merupakan negara-negara penghasil perak.

Dampak bagi kesehatan apabila masuk ke dalam tubuh, Ag akan terakumulasi di berbagai organ dan menimbulkan pigmentasi kelabu, disebut Argyria. Pigmentasi ini bersifat ini bersifat permanen, karena tubuh tidak dapat mengeksresikannya. Sebagai debu, senyawa Ag dapat

menimbulkan iritasi kulit, dan menghitamkan kulit (Argyria). Bilateralik pada nitrat, Ag akan menjadi sangat korosif. Argyriasistemik dapat juga terjadi, karena perak diakumulasi di dalam selaput lender dan kulit. Menyebabkan kulit berwarna biru abu-abu, merusak membran mucous dan mata (Yulianto, 2006).

#### **g. Logam Besi (Fe)**

Besi adalah logam yang berasal dari biji besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Besi telah ditemukan sejak zaman dahulu dan tidak diketahui siapa penemu sebenarnya dari unsur ini. Besi dan unsur keempat banyak di bumi dan merupakan logam yang terpenting dalam industri. Besi murni bersifat agak lunak dan kenyal. Oleh karena itu, dalam industri, besi selalu dipadukan dengan baja. Baja adalah berbagai macam paduan logam yang dibuat dari besi tuang kedalamnya ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mn, Ni, V, atau W tergantung keperluannya. Besi tempa adalah besi yang hampir murni dengan kandungan sekitar 0.2% karbon.

Besi terdapat di alam dalam bentuk senyawa, misalnya pada mineral hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), pirit ( $\text{FeS}_2$ ), siderite ( $\text{FeCO}_3$ ), dan limonit ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Unsur besi sangat penting dalam hampir semua organisme yang hidup. Pada manusia besi merupakan unsur penting dalam hemoglobin darah.

Besi adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal itu karena beberapa hal, diantaranya :

1. Kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar
2. Pengolahannya relatif lebih mudah dan murah
3. Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi

Adapun besi terlarut yang berasal dari pipa atau tangki-tangki besi adalah akibat dari beberapa kondisi, di antaranya adalah :

1. Akibat pengaruh pH yang rendah (bersifat asam), dapat melarutkan logam besi.
2. Pengaruh akibat adanya CO<sub>2</sub> agresif yang menyebabkan larutnya logam besi.
3. Pengaruh tingginya temperature air akan melarutkan besi-besi dalam air.
4. Kuatnya daya hantar listrik akan melarutkan besi.
5. Adanya bakteri besi dalam air akan memakan besi.

Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas tersebut akan menyebabkan berbagai masalah, diantaranya :

1. Gangguan teknis

Endapan Fe (OH) bersifat korosif terhadap pipa dan akan mengendap pada saluran pipa, sehingga mengakibatkan pembuntuan dan efek-efek

yang dapat merugikan seperti mengotori bak yang terbuat dari seng. Mengotori wastafel dan kloset.

## 2. Gangguan Fisik

Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, bau dan rasa. Air akan terasa tidak enak bila konsentrasi besi terlarutnya  $>1,0$  mg/l.

## 3. Gangguan Kesehatan

Senyawa besi dalam jumlah kecil didalam tubuh manusia berfungsi sebagai pembentuk sel-sel darah merah, dimana tubuh memerlukan 7-35 mg/hari yang sebagian diperoleh dari air, tetapi zat Fe yang melebihi dosis yang diperlukan oleh tubuh dapat menimbulkan masalah kesehatan. Hal ini dikarenakan tubuh manusia tidak dapat mengsekresi Fe, sehingga bagi mereka yang sering mendapat transfusi darah warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering kali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk.

Pada hemokromatosis primer besi yang diserap dan disimpan dalam jumlah yang berlebihan di dalam tubuh. Feritin berada dalam keadaan jenuh akan besi sehingga kelebihan mineral ini akan disimpan dalam bentuk kompleks dengan mineral lain yaitu hemosiderin. Akibatnya

terjadilah sirosis hati dan kerusakan pankreas sehingga menimbulkan diabetes. Hemokromatis sekunder terjadi karena transfusi yang berulang-ulang. Dalam keadaan ini besi masuk kedalam tubuh sebagai hemoglobin dari darah yang ditransfusikan dan kelebihan besi ini tidak disekresikan.

Buangan industri yang mengandung persenyawaan logam berat Fe bukan hanya bersifat toksik terhadap tumbuhan tetapi juga terhadap hewan dan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan, dapat terakumulasi dalam biota perairan termasuk kerang, ikan dan sedimen, memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut serta memiliki nilai factor konsentrasi yang besar dalam tubuh organisme.

#### **h. Logam Seng (Zn)**

Seng adalah logam yang berwarna putih kebiruan, dan disimbolkan dengan Zn. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan II-B dalam tabel periodik unsur kimia, mempunyai nomor atom 30 dan berat atom 65,38. Mineral yang umum adalah Zn S. Mineral lainnya adalah kompleks produk -oksi dan garam-garam serta silikat (walaupun jumlahnya lebih sedikit). Mineral-mineral dalam tanah liat juga dapat menyerap Zn (Allen, 1989).

Sebagai kofaktor, Zn dapat mengakibatkan keaktifan enzim lainnya. Kekurangan zat mineral seng dapat mengakibatkan hati dan ginjal membengkak, dan terjadi gejala gizi besi. Diperkirakan kebutuhan seng

adalah 15 mg bagi setiap anak diatas 11 tahun (Winarno, 1988). Dalam tubuh manusia terkandung 1,4 – 2,5 gram seng, terutama terdapat pada rambut, tulang dan mata. Seng merupakan komponen penting dari berbagai enzim dan mineral mikro yang menyebar ke dalam jaringan manusia atau hewan dan terlibat dalam fungsi berbagai enzim pada proses metabolisme. Paling sedikit 15 - 20 metallo-enzim yang mengandung seng telah diisolasi dan dimurnikan. Salah satunya adalah karbonat anhidrase yang terdapat dalam sel darah merah. Disamping itu seng juga terdapat dalam karboksi peptidase dan dehidrogenase dalam hati. Sebagai kofaktor, seng dapat meningkatkan keaktifan enzim lainnya. Kekurangan zat mineral seng dapat mengakibatkan hati dan ginjal membengkak, dan terjadi gejala anemia gizi besi. Diperkirakan kebutuhan seng adalah 15 mg bagi setiap anak diatas usia 11 tahun (Winarno, 1988).

#### **i. Logam Kobalt (Co)**

Logam kobalt merupakan unsur kimia yang memiliki lambang Co dan nomor atom 27. Ketersediaan unsur kimia kobalt terdapat dalam banyak formulasi seperti kertas perak, dan kawat. Keberadaan unsur kobalt di alam terdapat dalam bentuk senyawa seperti mineral kobalt glans ( $\text{CoAsS}$ ), Linalit ( $\text{Co}_3\text{S}_4$ ), Smaltit ( $\text{CoAs}_2$ ) dan eritrit. Logam kobalt banyak terdapat berikatan dengan nikel, perak, timbal, tembaga dan biji besi, dimana didapatkan dari hasil samping produksi. Logam kobalt juga dapat dijumpai pada meteroit. Logam kobalt banyak digunakan dalam industri sebagai

bahan campuran pada pembuatan mesin pesawat, magnet, alat pemotong atau penggiling, pewarna kaca, keramik dan cat.

Logam kobalt termasuk ke dalam logam transisi yang terdapat pada golongan VIII B. Logam kobalt yang memiliki bilangan oksidasi +2 dan +3 mudah larut ke dalam asam-asam mineral encer, tetapi pada bilangan oksidasi +2 logam kobalt didapatkan relatif secara stabil (Cotton dan Wilkinson, 1988).

Dalam larutan air, logam kobalt dikenal sebagai ion  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  dan  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ , akan tetapi kobalt (III) bersifat oksidator dalam larutan air. Hal ini terjadi kecuali logam kobalt berada pada lingkungan asam, dimana logam kobalt tersebut dapat terurai dengan cepat karena Co (III) mengoksidasi air dengan cara membebaskan gas di oksigen.

Beberapa oksida logam golongan ini yang dikenal yaitu kobalt (III) –CoO, campuran kobalt (II) dan Co (III) –Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Logam CoO berupa serbuk hijau dapat diperoleh melalui pemanasan logam dalam udara, dengan uap air, pemanasan hidroksida karbonat atau nitrat dalam kondisi tanpa udara (Sugiyarto, 2010).

Kobalt termasuk ke dalam unsur renik yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan reproduksi pada tumbuhan dan hewan. Bersama dengan ion logam lainnya, (misalnya tembaga, seng, besi dan magnesium), kobalt dibutuhkan oleh enzim sebagai koenzim yang berfungsi untuk mengikat

molekul substrat (Effendi, 2003). Akan tetapi ion logam ini dapat menggantikan ion logam tertentu yang berfungsi sebagai kofaktor dari suatu enzim, sehingga dapat menurunkan fungsi enzim tersebut bagi tubuh (Darmono, 2001).

Berikut ini merupakan batas-batas konsentrasi kobalt yang membahayakan bagi kesehatan manusia yang telah ditetapkan oleh pemerintah federal sebagai berikut (ATSDR, 2004) :

1. EPA (*Environmental Protection Agency*) menetapkan batas maksimal konsentrasi kobalt dalam air minum adalah 0,2 mg/L.
2. OSHA (*The Occupational Health and Safety Administration*) menetapkan batas maksimal bagi pekerja yang terpapar dengan kobalt secara langsung adalah 0,1 mg/m<sup>3</sup> selama 8 jam kerja sehari dan 40 jam kerja selama 1 minggu.
3. *The Nuclear Regulatory Commission* menetapkan batas maksimal konsentrasi kobalt radioaktif di ruang kerja adalah  $7 \times 10^{-8}$   $\mu\text{Ci/mL}$  untuk <sup>60</sup>Co.

#### **j. Logam Mangan (Mn)**

Mangan merupakan logam keras yang berwarna abu-abu merah muda. Logam ini sulit mencair, tapi mudah teroksidasi. Mangan murni bersifat amat reaktif dan dalam bentuk bubuk akan terbakar dengan oksigen, serta larut dalam asam encer. Mangan merupakan salah satu logam yang paling melimpah di tanah yang terutama berbentuk senyawa oksida dan hidroksida. Mangan terjadi terutama sebagai pyrolusite (MnO<sub>2</sub>), dan pada

jumlah lebih rendah sebagai rhodochrosite ( $\text{MnCO}_3$ ). Lebih dari 25 juta ton bijih mangan ditambang setiap tahun dengan daerah pertambangan utama meliputi Afrika Selatan, Rusia, Ukraina, Georgia, Gabon, dan Australia. Mangan merupakan elemen penting untuk semua spesies makhluk hidup. Beberapa organisme seperti diatom, moluska, dan spons mengakumulasi mangan. Ikan dapat memiliki hingga 5 ppm dan mamalia hingga 3 ppm mangan dalam jaringan mereka, meskipun biasanya tidak melebihi sekitar 1 ppm.

Mangan merupakan komponen kunci dari stainless steel dan paduan aluminium tertentu. Mangan dioksida juga digunakan sebagai katalis. Mangan digunakan pula sebagai dekolorisasi kaca dan membuat kaca berwarna ungu. Kalium permanganat merupakan oksidator kuat dan digunakan sebagai desinfektan. Senyawa lain yang banyak dimanfaatkan adalah mangan dioksida ( $\text{MnO}$ ) yang digunakan untuk pupuk dan keramik, serta mangan karbonat ( $\text{MnCO}_3$ ) yang dimanfaatkan sebagai material awal untuk membuat senyawa mangan lainnya.

Mangan adalah senyawa yang sangat umum dan mudah ditemukan. Mangan merupakan salah satu dari tiga elemen penting namun beracun, yang berarti bahwa unsur ini diperlukan bagi manusia untuk bertahan hidup, tetapi juga beracun ketika konsentrasi terlalu tinggi hadir dalam tubuh manusia. Penyerapan mangan oleh manusia terutama terjadi melalui makanan, seperti bayam, teh, dan rempah-rempah. Bahan makanan lain yang mengandung konsentrasi tinggi mangan adalah biji-

bijian dan beras, kacang kedelai, telur, minyak zaitun, kacang hijau, dan tiram. Dalam tubuh, mangan akan diangkut melalui darah ke hati, ginjal, pankreas dan kelenjar endokrin. Efek kelebihan mangan terjadi terutama di saluran pernapasan dan di otak. Gejala keracunan mangan meliputi halusinasi, mudah lupa, dan kerusakan saraf. Mangan juga dapat menyebabkan Parkinson, emboli paru, dan bronkitis. Pria yang terpapar mangan dalam jangka waktu lama berpotensi menjadi impoten. Namun, kekurangan asupan mangan juga bisa memicu berbagai masalah kesehatan. Berikut adalah diantaranya:

- Kegemukan
- Intoleransi glukosa
- Pembekuan darah
- Masalah kulit
- Gangguan rangka
- Janin lahir cacat
- Perubahan warna rambut
- Gejala neurologis

Keracunan mangan kronis dapat terjadi akibat menghirup debu dan asap mangan dalam jangka panjang. Kejadian tinggi pneumonia dan infeksi saluran pernapasan atas lainnya ditemukan pada pekerja yang terkena debu atau asap senyawa mangan.

Senyawa mangan terdapat secara alami di lingkungan sebagai padatan dalam tanah, partikel kecil di dalam air, serta partikel debu di udara.

Manusia meningkatkan konsentrasi mangan di udara oleh kegiatan industri dan melalui pembakaran bahan bakar fosil. Mangan yang berasal dari aktivitas manusia juga dapat meresap ke air permukaan, air tanah, dan air limbah. Mangan merupakan komponen penting pada hewan dan menyusun tiga puluh enam enzim yang digunakan untuk metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak. Hewan yang kekurangan asupan mangan akan mengalami gangguan pertumbuhan, gangguan pembentukan tulang, dan gangguan reproduksi. Namun, dosis mangan yang terlalu tinggi bisa memicu masalah paru-paru, hati, gangguan pembuluh darah, penurunan tekanan darah, kegagalan perkembangan janin, dan kerusakan otak. Tes laboratorium pada hewan menunjukkan bahwa keracunan mangan parah dapat menyebabkan perkembangan tumor.

#### **4. Toksisitas Logam Berat**

Logam berat adalah bahan pencemar yang tidak dapat didegradasi atau dihancurkan, sehingga akan terakumulasi di alam dan di dalam tubuh organisme. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi toksisitas setiap jenis logam berat, antara lain: bentuk senyawa logam berat, daya kelarutan logam berat di dalam cairan, ukuran partikel logam berat dan beberapa sifat kimia dan fisika lainnya (Darmono, 2001). Sutamihardja (2006) menyatakan bahwa mekanisme toksisitas logam berat di dalam tubuh organisme dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kategori yaitu:

- (1) Logam berat dapat memblokir dan menghalangi kerja gugus biomolekul yang esensial untuk proses-proses metabolisme;
- (2) Logam berat dapat menggantikan ion-ion logam esensial yang terdapat dalam molekul terkait;
- (3) Logam berat dapat mengadakan modifikasi atau perubahan bentuk (konformasi) dari gugus-gugus aktif yang dimiliki biomolekul.

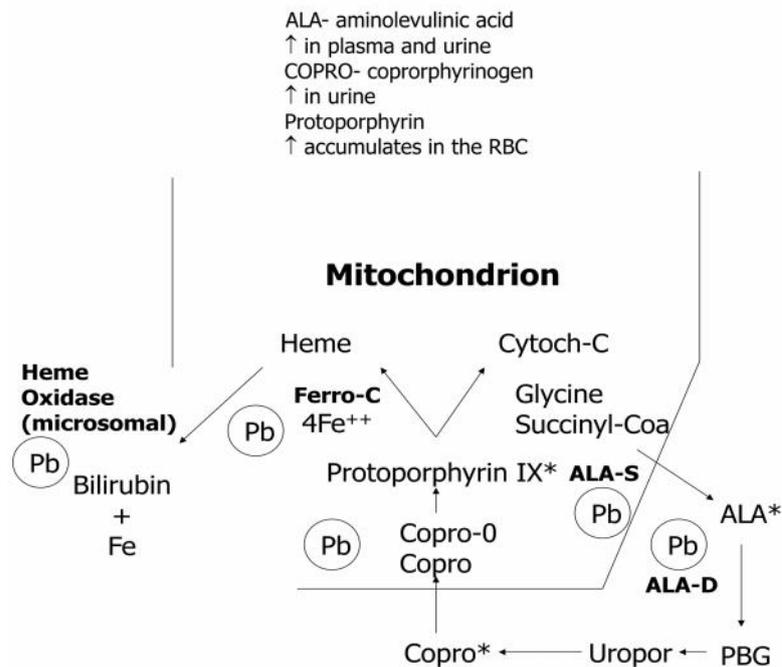
Mekanisme kerja logam berat pada manusia adalah pada lokasi-lokasi sebagai berikut:

#### **(1) Pada Enzim**

Kerja utama logam berat adalah menghambat kerja enzim, dan enzim umumnya memiliki kerentanan yang berbeda-beda. Kerja logam berat menghambat enzim biasanya terjadi akibat adanya interaksi logam berat dengan gugus sulfida seperti disulfida (-S-S) dan sulfhidril (-SH) pada enzim tersebut. Gugus sulfida mampu mengikat logam berat yang masuk ke dalam tubuh dan terikat di dalam darah, karena logam berat memiliki afinitas yang tinggi terhadap gugus sulfida.

Kerja enzim dapat pula dihambat melalui mekanisme pengusuran kofaktor logam yang penting pada enzim. Misalnya, Pb dapat menggantikan Zn di dalam enzim yang memiliki Zn sebagai kofaktor, seperti enzim asam d-aminolevulinat hidratase (ALAD). Mekanisme lain yang dapat mengganggu kerja enzim adalah melalui penghambatan sintesis enzim. Misalnya nikel (Ni) dan platina (Pt) dapat menghambat asam d-aminovulinat sintetase (ALAS), sehingga mengganggu sintesis

hem, zat yang merupakan komponen penting untuk pembentukan hemoglobin dan sitokrom (Maines dan Kapres, 1997 dalam Sutamihardja, 2006). Proses pengaruh logam berat terhadap kerja enzim dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Logam Berat pada Kerja Enzim

## (2)Organel Subseluler

Munculnya efek toksik logam berat dapat juga terjadi akibat adanya reaksi antara logam berat dengan komponen intraseluler. Untuk dapat menimbulkan efek toksik pada sel, maka logam berat harus masuk ke dalam sel. Logam berat yang mudah masuk ke dalam sel melalui membran sel adalah logam berat yang bersifat lipofilik, seperti metil merkuri. Setelah masuk ke dalam sel, logam berat dapat mempengaruhi berbagai organel seperti Retikulum Endoplasma (RE) yang mengandung berbagai

enzim. Enzim mikrosom pada RE dapat dihambat oleh kadmium (Cd) dan mengacaukan struktur RE (Sutamihardja, 2006). Terdapat pula hasil penelitian yang menemukan bahwa kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dapat menyebabkan kematian sel (apoptosis) pada sel fibroblast dari organ paru (Carlisle *et al.*, 2000).

Menurut Sutamihardja (2006), beberapa faktor yang dapat mempengaruhi toksisitas logam berat adalah:

#### **a. Tingkat dan Lamanya Paparan**

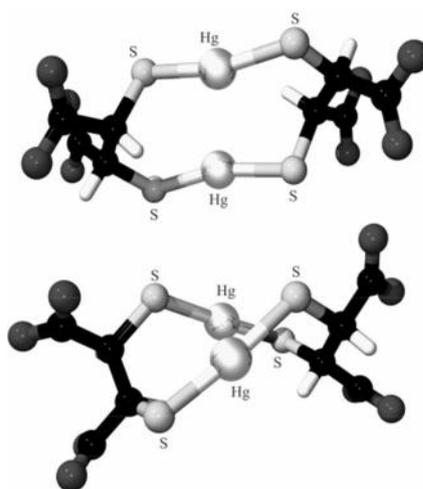
Telah diketahui bahwa logam berat mempunyai sifat bioakumulatif dan biomagnifikasi. Dengan demikian, semakin tinggi dan lama tingkat paparan logam berat maka akan semakin tinggi pula konsentrasi logam berat di dalam tubuh organisme termasuk manusia dan efek toksiknya pun akan semakin besar.

#### **b. Bentuk Kimia**

Bentuk kimia logam berat dapat mempengaruhi toksisitas logam berat tersebut. Sebagai contoh merkuri dalam bentuk  $\text{HgCl}_2$  lebih toksik daripada dalam bentuk merkuro ( $\text{HgCl}$ ). Hal ini disebabkan bentuk divalen lebih mudah larut daripada bentuk monovalen. Selain itu, bentuk  $\text{HgCl}_2$  lebih cepat dan mudah diabsorpsi sehingga toksisitasnya lebih tinggi. Merkuri anorganik seperti  $\text{HgCl}$  dan  $\text{HgCl}_2$  dikenal sebagai toksikan ginjal, sedangkan merkuri organik seperti metil merkuri dan metil merkuri dikenal bersifat toksik terhadap susunan syaraf pusat.

### c. Kompleks Protein Logam Berat

Beberapa logam berat dapat berikatan dengan protein karena sifat afinitas yang tinggi terhadap gugus S. Protein mengandung asam amino yang memiliki gugus S seperti *methionine (met)* dan *cysteine (cys)*, sehingga mudah berikatan dengan logam berat. Contoh logam berat yang membentuk kompleks protein logam adalah yang dibentuk oleh timbal, bismut dan merkuri-selenium. Besi (Fe) dapat bergabung dengan protein untuk membentuk feritin yang bersifat larut dalam air, atau hemosiderin yang tidak dapat larut dalam air. Kadmium (Cd) dan beberapa logam air, misalnya tembaga (Cu) dan seng (Zn) dapat bergabung dengan metalotionein, yaitu suatu protein yang memiliki berat molekul rendah. Kompleks Cd tidak terlalu toksik bila dibandingkan dengan  $Cd^{2+}$ , tetapi di dalam sel tubulus ginjal, kompleks Cd metalotionein akan melepaskan  $Cd^{2+}$  dan menimbulkan efek toksik. Contoh kompleks protein logam berat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Kompleks Protein Logam Berat

#### **d. Faktor Penjamu**

Faktor penjamu (*host*) adalah faktor-faktor seperti umur, jenis kelamin, ras, kondisi fisiologis dan anatomi tubuh, yang dapat mempengaruhi toksisitas logam berat di dalam tubuh manusia. Anak kecil cenderung lebih rentan terhadap efek toksik logam berat dibandingkan orang dewasa karena anak kecil lebih peka dan tingkat penyerapan di dalam saluran pencernaannya juga lebih besar. Kondisi fisiologis seperti kehamilan juga mempengaruhi toksisitas logam berat. Logam berat tertentu seperti timbal (Pb) dan merkuri (Hg), dapat masuk ke dalam plasenta dan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan janin.

### **5. Dampak Negatif Logam Berat pada Kesehatan Manusia**

Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui rantai makanan pendek (hewan-manusia) atau melalui rantai makanan panjang (tanaman-hewan-manusia). Proses pemajanan pada manusia dapat terjadi melalui 3 proses utama, yaitu saluran pernafasan (*inhalation*), saluran pencernaan (*ingestion*) dan melalui kulit (*injection*, dan *skin absorption*). Di dalam tubuh manusia logam berat akan mengalami proses menjadi ion-ion di dalam usus dan selanjutnya akan masuk ke dalam darah untuk menuju ke organ target, sesuai dengan jenis logam berat. Organ target logam berat umumnya adalah hati, ginjal, otak dan sumsum tulang (Sutamihardja, 2006 dan Alfian, 2006).

Tingkat keracunan logam berat pada tubuh manusia terdiri atas:

- (1) Keracunan Akut

Keracunan akut terjadi akibat paparan dalam waktu singkat pada konsentrasi logam berat yang tinggi. Misalnya paparan langsung logam berat dalam konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kerusakan paru-paru, reaksi pada kulit dan gejala penyakit gastrointestinal.

## (2) Keracunan Kronik

Keracunan kronik terjadi akibat paparan dalam waktu lama, meskipun dengan konsentrasi kecil yang kemudian akan terakumulasi. Penyakit Minamata adalah keracunan merkuri yang bersifat kronik yang terjadi akibat paparan dalam waktu yang cukup lama, yaitu sekitar 25 tahun baru tampak gejala penyakit yang ditimbulkan.

## 6. Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

### A. Pengertian

ICP-OES merupakan perangkat canggih untuk penentuan logam dalam berbagai matriks sampel yang berbeda. ICP dikembangkan untuk spektrometri emisi optik oleh Fassel *et al.* Di Iowa State University, Amerika Serikat dan oleh Greenfield *et al.* Di Albright & Wilson, Ltd, Inggris pada pertengahan 1960-an. Instrumen ICP-OES yang tersedia secara komersial pertama kali diperkenalkan pada tahun 1974 (Hou dan Jones, 2000).

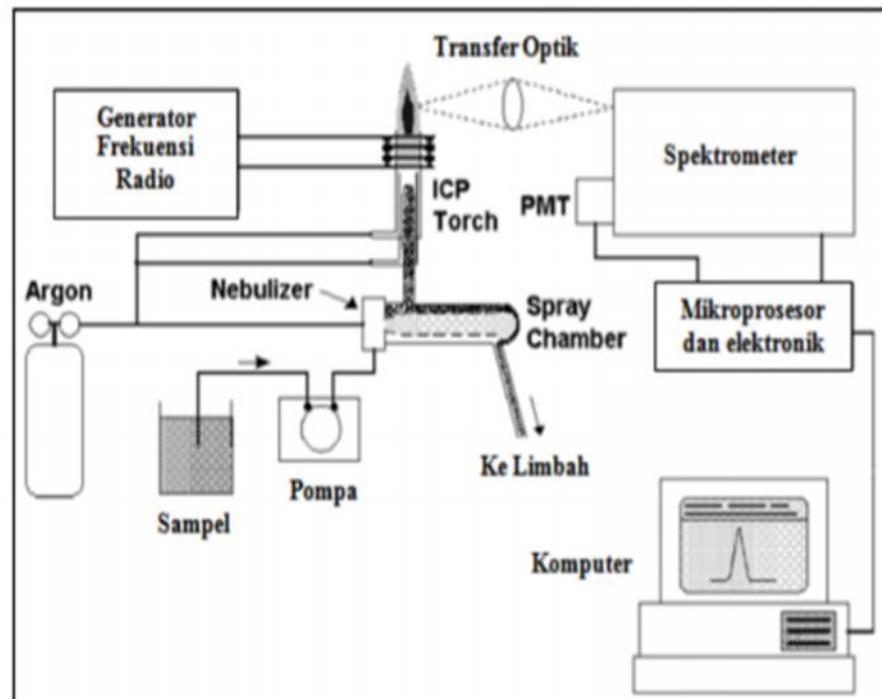
## B. Prinsip Kerja

Teknik kerja didasarkan pada emisi spontan foton dari atom dan ion yang telah tereksitasi dalam *radio frequency (RF) discharge*. Sampel cair dan gas dapat diinjeksi langsung ke instrumen, sedangkan sampel padat memerlukan ekstraksi atau digesti asam sehingga analit akan didapatkan dalam bentuk larutan. Larutan sampel diubah menjadi aerosol dan diarahkan ke saluran pusat plasma. Pada bagian inti Inductively Coupled Plasma (ICP) suhunya sekitar 10.000 K, sehingga aerosol cepat diuapkan. Unsur analit dibebaskan sebagai atom-atom bebas dalam bentuk gas. Eksitasi tumbukan lebih lanjut dalam plasma menghasilkan energi tambahan untuk atom sehingga mempromosikannya ke keadaan tereksitasi. Energi yang cukup mengubah atom menjadi ion dan selanjutnya mempromosikan ion ke keadaan tereksitasi. Kedua jenis keadaan tereksitasi dari atom dan ion kemudian dapat kembali ke keadaan dasar melalui emisi foton. Foton ini memiliki energi khas yang ditentukan oleh struktur tingkat energi terkuantisasi untuk atom atau ion. Dengan demikian panjang gelombang dari foton dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur-unsur asalnya. Total jumlah foton berbanding lurus dengan konsentrasi unsur dalam sampel ( Hou dan Jones, 2000).

Pada ICP-OES, gas argon diarahkan melalui *torch* yang terdiri atas tiga tabung konsentrasi yang terbuat dari kuarsa atau beberapa bahan lain yang sesuai. Sebuah kumparan tembaga, yang disebut *load coil*, mengelilingi ujung atas *torch* dan terhubung ke generator frekuensi radio (*radio*

*frequency*, RF). Bila daya RF diterapkan pada *load coil*, arus bolak –balik bergerak di dalam kumparan, atau berosilasi, pada tingkat yang sesuai dengan frekuensi generator. Osilasi Rf dari arus dalam kumparan ini menyebabkan terbentuknya medan listrik dan medan magnet RF dibagian atas *torch*. Dengan gas argon yang berputar melalui *torch*, bunga api yang diterapkan pada gas menyebabkan beberapa elektron akan terlepas dari atom argonnya. Elektron ini kemudian tertangkap dan diakselerasi dalam medan magnet. Menambahkan energi pada elektron dengan menggunakan kumparan dengan cara ini dikenal sebagai *inductive coupling*. Elektron berenergi tinggi ini selanjutnya bertumbukan dengan atom argon lainnya, menyebabkan lepasnya lebih banyak elektron. Ionisasi tumbukan gas argon ini berlanjut dalam reaksi berantai, mengubah gas menjadi plasma yang terdiri atas atom argon, elektron, dan ion argon, membentuk apa yang dikenal sebagai *inductively coupled plasma (ICP) discharge*. ICP *discharge* tersebut kemudian dipertahankan dalam *torch* dan *load coil* selama energi RF masih terus ditransfer melalui proses *inductive coupling* (Boss dan Fredeen, 1997).

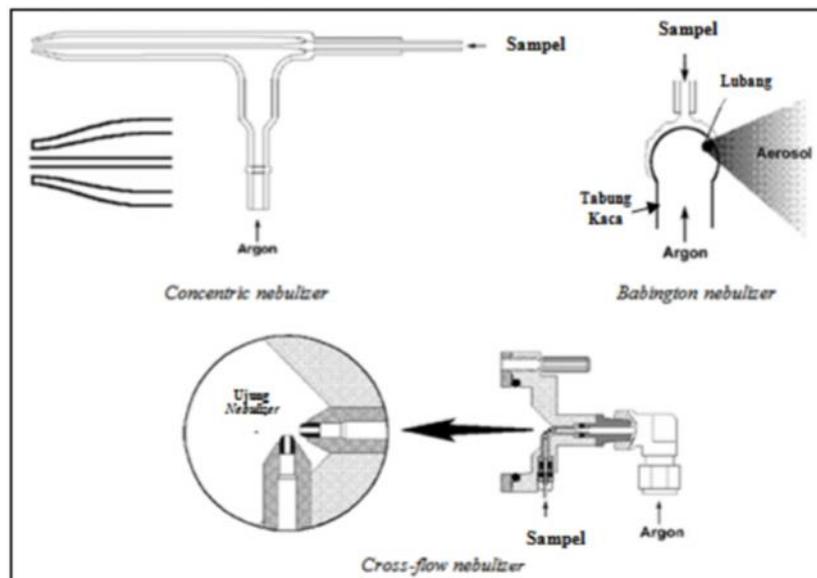
### C. Instrumentasi



Gambar 7. Cara Instrumentasi

#### i. Nebulizer

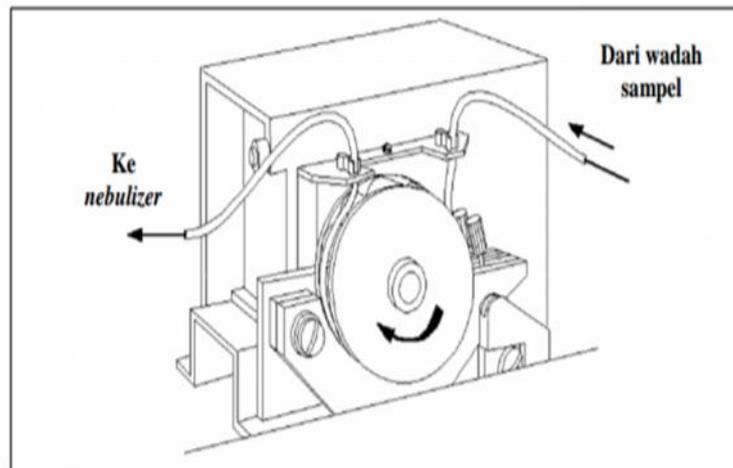
*Nebulizer* adalah alat yang mengubah cairan menjadi aerosol yang dapat dibawa ke plasma. Banyak gaya yang dapat digunakan untuk memecah cairan menjadi aerosol namun, hanya dua yang berhasil digunakan dengan ICP, gaya pneumatik dan gaya mekanik ultrasonik. Kebanyakan nebulizer ICP komersial adalah dari jenis pneumatik. *Nebulizer* ini menggunakan aliran gas berkecepatan tinggi untuk membuat aerosol (Boss dan Fredeen, 1997).



Gambar 8. Contoh *Nebulizer* yang digunakan untuk ICP-OES  
Sumber: (Boss dan Fredeen, 1997).

## ii. Pompa

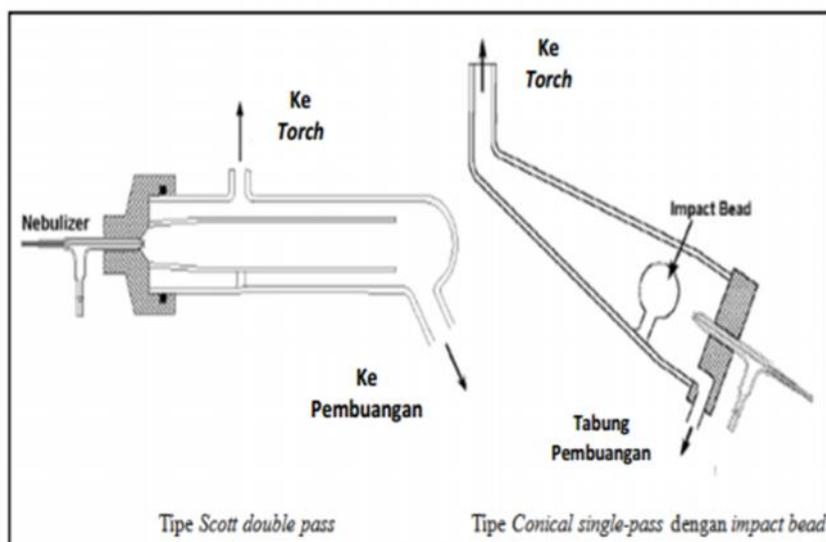
Pompa memanfaatkan serangkaian rol yang mendorong larutan sampel melalui selang dengan menggunakan proses yang dikenal sebagai gerakan peristaltik. Pompa tersebut tidak kontak dengan larutan, hanya dengan selang yang membawa larutan bejana sampel ke *nebulizer* (Boss dan Fredeen, 1997).



Gambar 9. Pompa Peristaltik yang digunakan untuk ICP-OES  
Sumber (Boss dan Fredeen, 1997).

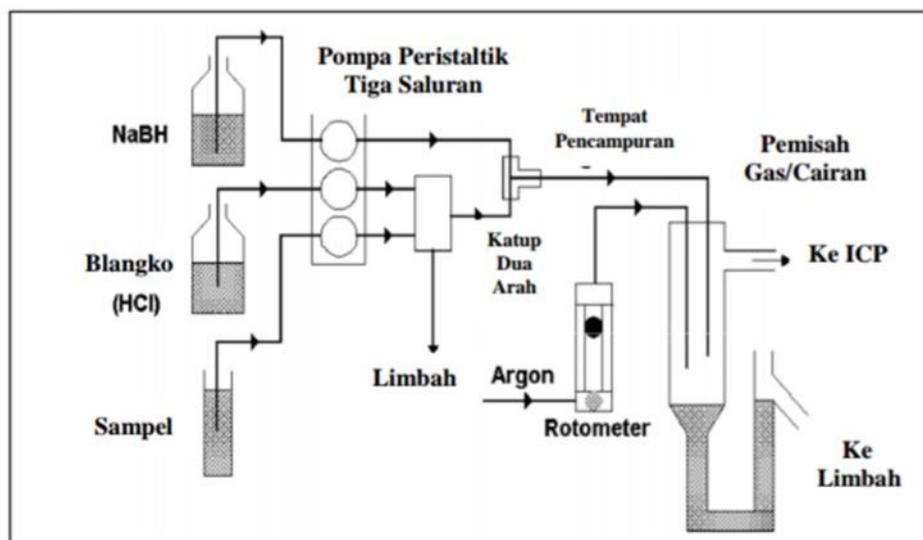
### iii. *Spray Chamber*

*Spray Chamber* ditempatkan diantara *nebulizer* dan *torch*. Fungsi utamanya adalah menghilangkan tetesan besar dari aerosol. Fungsi kedua dari *spray chamber* adalah untuk melancarkan *pulse* yang terjadi selama nebulisasi yang sering disebabkan oleh pemompaan larutan. Secara umum, *spray chamber* ICP dirancang untuk memungkinkan tetesan diameter sekitar 10 mm atau lebih kecil lolos ke plasma (Boss dan Fredeen, 1997).



Gambar 10. *Spray Chamber* yang digunakan untuk ICP-OES

Beberapa alternatif untuk *nebulizer* dan *spray chambers* telah digunakan sebagai sistem penghantar sample untuk ICP-OES. Teknik alternatif yang paling banyak digunakan adalah hydride generation (generasi hidrida). Dengan teknik ini, sample, dalam asam encer, dicampur dengan zat reduksi, biasanya larutan natrium borohidrida dalam natrium hidroksida encer. Reaksi natrium borohidrida dengan asam menghasilkan atom hidrogen. Atom hidrogen kemudian bereaksi dengan Hg, Sb, As, Bi, Ge, Pb, Se, Te, dan Sn dalam larutan untuk membentuk hidrida stabil dari unsur-unsur tersebut. Senyawa gas ini kemudian dipisahkan dari sisa campuran reaksi dan dibawa ke plasma (Boss dan Fredeen, 1997).



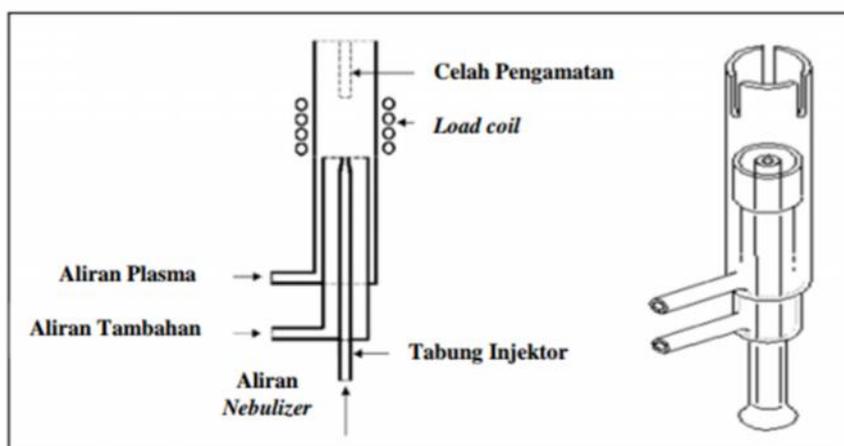
Gambar 11. Skema Generator Hidrida

Perbaikan dalam batas deteksi dengan faktor hingga 1000 untuk unsur-unsur yang tercantum di atas telah dicapai dengan menggunakan generasi hidrida. Alasan kemajuan besar dalam sensitivitas untuk unsur ini adalah tingkat penghantar sample untuk generator hidrida seringkali sebanyak sepuluh kali tingkat dibandingkan *nebulizer* pneumatik, dan efisien dengan hibrida yang mudah menguap yang dihantarkan ke plasma mendekati 100% dibandingkan dengan efisien 1 – 5% bila menggunakan *nebulizer* pneumatik dan *spray chamber* (Boss dan Fredeen, 1997).

#### iv. *Torch*

*Torch* terdiri atas tiga tabung konsentri untuk aliran argon dan injeksi aerosol. Jarak antara dua tabung luar dipertahankan sempit sehingga gas yang dihantarkan diantaranya mengalir dengan kecepatan tinggi. Salah

satu fungsi dari gas ini adalah untuk menjaga dinding kuarsa torch dingin. Untuk ICP argon, aliran gas luar biasanya sekitar 7-15 L/menit. Ruang antar aliran luar dan aliran dalam menghantarkan gas langsung di bawah toroid plasma. Dalam operasi normal *torch*, aliran ini, sebelumnya disebut aliran tambahan tapi sekarang disebut aliran gas menengah, sekitar 1,0 L/menit. Aliran menengah biasanya digunakan untuk mengurangi pembentukan karbon pada ujung tabung injektor ketika sample organik sedang di analisis. Namun, hal tersebut juga dapat meningkatnya kinerja dengan sample air. Aliran gas yang membawa aerosol sample diinjeksikan ke plasma melalui tabung atau injektor pusat. Karena diameter diujung injektor kecil, kecepatan gas argon 1 L/menit yang digunakan untuk nebulisasi dapat membentuk lubang melalui plasma (Boss dan Fredeen, 1997).



Gambar 12. *Torch* yang digunakan untuk ICP-OES

#### **D. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif dengan ICP-OES**

Untuk mendapatkan informasi kualitatif, yaitu unsur apa yang terdapat dalam sample, melibatkan identifikasi adanya emisi pada panjang gelombang khas dari unsur yang dituju. Secara umum, setidaknya tiga garis spektrum dari unsur yang diperiksa untuk memastikan bahwa emisi yang diamati memang benar merupakan milik unsur yang dituju. Terkadang gangguan garis spektral dari unsur lain mungkin membuat suatu ketidakpastian tentang adanya unsur dalam plasma. Untungnya, dari sejumlah besar garis emisi yang tersedia untuk sebagian besar unsur memperbolehkan salah satu garis emisi yang dapat mengatasi gangguan tersebut dengan cara memilih diantara beberapa garis emisi yang berbeda untuk unsur yang dituju (Boss dan Fredeen, 1997).

Untuk mendapatkan informasi kuantitatif, yaitu, seberapa banyak suatu unsur terdapat dalam sampel, dapat dicapai dengan menggunakan plot intensitas emisi terhadap konsentrasi yang disebut kurva kalibrasi. Larutan dengan konsentrasi analit yang diketahui, disebut larutan standar, dimasukkan kedalam ICP dan intensitas emisi khas untuk semua unsur, atau analit, diukur. Intensitas ini kemudian dapat di plot terhadap konsentrasi standar untuk membentuk kurva kalibrasi bagi semua unsur. Ketika intensitas emisi dari analit diukur, intensitas diperiksa terhadap kurva kalibrasi unsur tersebut untuk menentukan konsentrasi sesuai dengan intensitasnya (Boss dan Fredeen, 1997).

## E. Kelebihan dan Kekurangan

Dibandingkan dengan teknik lain, ICP-OES memiliki suhu atomisasi yang lebih tinggi, lingkungan yang lebih inert, dan kemampuan alami untuk penentuan hingga 70 element secara bersamaan. Hal ini membuat ICP lebih tahan terhadap gangguan matriks, dan lebih mampu mengoreksinya ketika terjadi gangguan matriks. ICP-OES menyediakan batas deteksi serendah, atau lebih rendah dari pesaing terbaiknya, GFAAS. Selain itu, ICP tidak menggunakan elektroda, sehingga tidak kontaminasi dari pengotor yang berasal dari bahan elektroda. ICP juga relatif lebih mudah dalam perakitannya dan murah, di bandingkan dengan beberapa sumber lain, seperti LIP ( *Laser-Inducted Plasma* ). Berikut ini adalah beberapa sifat yang paling menguntungkan dari ICP (Hou dan Bradley, 2000) :

- a) Suhu tinggi (7000-8000 K).
- b) Kerapatan elektron tinggi ( $10^{14}$ - $10^{16}$  cm<sup>3</sup>).
- c) Derajat ionisasi yang cukup besar untuk banyak unsur
- d) Kemampuan analisa multiunsur secara bersamaan (lebih dari 70 unsur termasuk P dan S).
- e) Emisi *background* (latar belakang) rendah, dan gangguan kimia yang relatif rendah.
- f) Stabilitas tinggi menyebabkan akurasi dan presisi yang sangat baik.

- g) Batas deteksi yang sangat baik untuk sebagian unsur (0,1-100 ng/m L).
- h) Linear dynamic range (LDR) yang lebar (4-6 kali lipat).
- i) Dapat diterapkan untuk unsur-unsur refraktori.
- j) Analisis dengan biaya efektif.

Table 2. Kelebihan dan Kekurangan Teknik-teknik Analisis Unsur

Tenik	Kelebihan	Kekurangan
AAS (Atomic Absorption Spectrometry)	Batas deteksi rendah	Beberapa unsur, membutuhkan waktu lama, efek matriks
NAA (Neutron Activation Analysis)	Batas deteksi rendah	Beberapa unsur, membutuhkan reaktor
SSMS (Spark Source Mass Spectrometry)	Batas deteksi rendah, banyak unsur	Kuantifikasi sulit, sensitif-permukaan
WDXRF (Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence)	Banyak unsur, sample padat dan cair	Batas deteksi terlalu tinggi
ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry)	Batas deteksi rendah, banyak unsur, analisis isotop	Efek matriks
ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry)	Batas deteksi rendah, banyak unsur, interferensi spektral terbatas, stabilitas baik, efek matriks rendah	Hanya sample cair

[Sumber : NRC, 2004]

### III. METODE KERJA

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2016 sampai Januari 2017.

Pengambilan sampel kerang dilakukan di Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI (Gambar 13).



Gambar 13. Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI

Preparasi dan analisis sampel di lakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan analisis kandungan logam berat di Laboratorium Biomassa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dan analisis

kandungan logam berat pada kerang di lakukan di Laboratorium Biomassa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

## **B. Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sampel kerang-kerangan, air distilasi (Milli-Q water, aquabides, Asam Nitrat pekat (100%) dan kertas saring. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain alat-alat gelas laboratorium, plastik ziplok, dry ice, ice box, GPS, kulkas, mikroskop, neraca analitik dengan ketelitian  $\pm 0,0001$  gram, oven, centrifuge, dan seperangkat alat ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) (Varian 715-ES).

## **C. Rancangan Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis penelitian deskriptif, karena dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keadaan dari objek penelitian.

## **D. Pelaksanaan Penelitian**

### **1. Pengambilan Sampel**

Adapun pengambilan sampel dengan cara membeli kerang secara langsung dari kedua pasar di Teluk Lampung (pasar PPI dan pasar Gudang Lelang), dengan mencari penjual kerang yang ada dipasar ini.

Kemudian sampel disimpan dalam ice box yang sudah berisi dry ice. Gunakan GPS untuk menandai titik tempat pengambilan sampel. Sampel kerang yang sudah didapat kemudian disimpan di dalam kulkas.

## **2. Persiapan Bahan Uji**

Kerang di bersihkan terlebih dahulu dari air garam laut dengan menggunakan air distilasi (Milli-Q water) sebanyak 3 kali, untuk menghindari kontaminasi trace element dari alamnya (Demina *et al*, 2009; Rentería-Cano *et al*, 2011). Selanjutnya kerang ditimbang beratnya masing- masing sebanyak 2 g, sampel yang telah ditimbang di letakkan pada tabung reaksi dan ditambahkan pelarut asam nitrat pekat (100%) hingga terlarut jika tidak larut dilakan destruksi basah di dalam oven dengan suhu 100<sup>0</sup>C, setelah larut diencerkan dengan menambahkan aquabides hingga 25 ml dan dilakukan centrifuge untuk memisahkan endapan dengan fitratnya.

## **3. Analisis logam berat**

Sampel yang telah dilarutkan dilakukan analisis kandungan logam beratnya dengan menggunakan alat ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) (Varian 715-ES).

## **E. Parameter Penelitian**

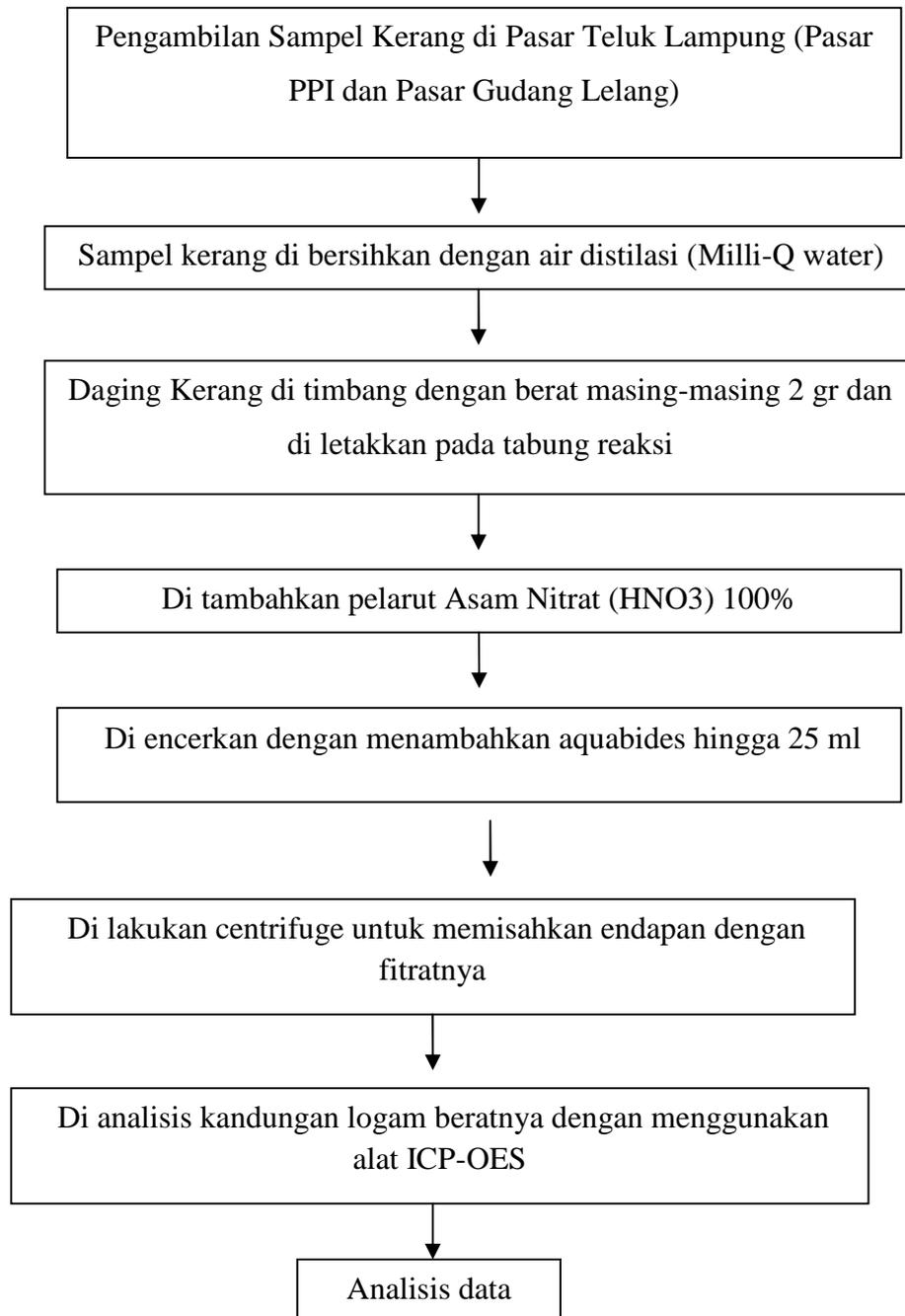
Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui kadar logam berat Timbal (Pb), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Kadmium (Cd),

Kromium (Cr), Perak (Ag), Besi (Fe), Mangan (Mn), Nikel (Ni), dan Kobal (Co) pada sampel kerang dari Pasar Gudang Lelang dan Pasar PPI di Bandar Lampung.

#### **F. Analisis Data**

Data yang diperoleh diamati kadar logam berat (Pb), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Perak (Ag), Besi (Fe), Mangan (Mn), Nikel (Ni), dan Kobal (Co) secara deskriptif karena dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keadaan dari objek penelitian serta mendapatkan makna dari implikasi berdasarkan gambaran obyek penelitian (Nazir, 1999).

### G. Diagram Alir



Gambar 14. Diagram Alir Penelitian

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Di Pasar Gudang Lelang didapatkan Kerang Hijau (*Perna viridis*), Kerang Bulu (*Anadara antiquilata*) dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan kadar logam berat Pb, Cr, Ni dan Cd yang telah melewati baku mutu.
2. Kerang yang didapatkan pada Pasar Gudang Lelang memiliki kandungan tertinggi pada logam Timbal (Pb) yaitu Kerang Hijau sebesar 14,339 mg/kg, Kerang Bulu 10,427 mg/kg, dan Kerang Darah 13,880 mg/kg.
3. Pada Pasar PPI hanya didapatkan kerang Hijau yang mengandung logam Pb, Cr dan Ni yang telah melewati baku mutu.
4. Kerang hijau dari pasar PPI mengandung logam berat tertinggi yaitu Timbal (Pb) dengan nilai 12,671 mg/Kg.

## **B. Saran**

Berdasarkan dari hasil penelitian ini maka dapat dilakukan:

1. Penelitian lebih lanjut mengenai penurunan kadar logam berat pada kerang, sehingga dapat mengurangi resiko bahaya logam berat yang sudah tercemar dalam daging kerang.
2. Adanya penanganan perairan Teluk Lampung yang sudah tercemar logam berat, sehingga dapat meningkatkan mutu kesehatan warga Indonesia khususnya masyarakat Lampung dan sekitarnya.
3. Perlu dilakukan pengujian kandungan logam berat dari Pasar Teluk Lampung pada biota laut lainnya secara berkala.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, I. 2000. Kandungan Logam Berat Cd, Pb, Cu dan Zn Dalam Air Sedimen dan Beberapa Organisme Bentos dari Muara Sungai Asahan, Sumatera Utara. Skripsi, Institut pertanian Bogor.
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2008. *Toxicological Profile for Chromium*. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta.
- Alfian, 2006. Merkuri: Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan. Fakultas MIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Anggraini, D. 2016. 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). Universitas Lampung.
- Anonim. 2001. "Mangrove Jenis Api-Api (*Avicennia marina*) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Pesisir". *Lembaga Kajian dan Konservasi Lahan Basah*. Diakses pada tanggal 02 Maret 2017.
- Arisandi, P. 2001. Mangrove Jenis Api-Api (*Avicenna marina*) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. Gresi
- ATSDR. 1999. "Agency for Toxic Substances and Disease Registry". diakses tanggal 13 Maret 2017. <http://www.atsdr.cdv.gov>.
- Bellinger, D., Bolger, M., Goyer, M., Barraj, L., and Baines, J. 1992. "WHO Food Additive Series 46: "Cadmium". Diakses tanggal 13 Maret 2017. <http://www.inchem.org/document/jecfa/jecmono/v46jell.htm>
- BPOM. 2009. Penetapan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan. No. HK.00.06.1.52.4011. Jakarta (Indonesia): Badan Pengawas Obat dan Makanan.

- Boss, C. B. dan Kenneth J. F., 1997. *Concepts, Instrumentation, and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, Second Edition*. USA : Perkin Elmer.
- Cahyadi, W., 2004, Bahaya Pencemaran Timbal Pada Makanan dan Minuman, Bandung: Fakultas Teknik Unpas Departemen Farmasi Pascasarjana ITB.
- Carlisle. 2000. Apoptosis and P53 Induction in Human Lung Fibroblast Exposed to Chromium (VI): Effect of Ascorbate and Tocopherol. *Journal of Toxicology Sciences* 55, 60-68. Society of Toxicology.
- Clark, R.B., 1992. *Marine Pollution*. 3rd ed. Calendron Press, Oxford.
- Dahuri, R., 2003. Keanekaragaman Hayati Laut : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia (UI) Press: Jakarta.
- Darmono. 2001. Beberapa Senyawa Logam Berat dan Hubungannya dengan Keracunan Pada Ternak. Balai Penelitian Penyakit Hewan. Bogor.
- Ernawati. 2010. Kerang Bulu (*Anadara inflata*) Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) di Muara Sungai Asahan, Tesis. Program Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Fernanda, L., 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr), Dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Dan Sifat Fraksionasinya Pada Sedimen Laut. (Skripsi) Universitas Indonesia.
- GESAMP. 1990. *The State of the Marine Environment*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Haas, E. M., 1984. Cadmium. *Staying Healthy with Nutrition: The Complete Guide to Diet and Nutritional Nutrition Center*. San Rafael. Diakses tanggal 13 Maret 2017. <http://www.healthy.net>.
- Hamidah. 1980. Pengaruh Logam Berat Terhadap Lingkungan. *Pewarta Oseana*, Vol. VI No. 2. Jakarta : LON LIPI.
- Hasbi, R., 2007. Analisis polutan logam tembaga (Cu), timbal (Pb) dan besi (Fe) dalam sedimen laut pelabuhan Pantoloan berdasarkan kedalamannya (skripsi). UNTAD Press, Palu.

- Hudaya, R., 2010. *Pengaruh Pemberian Belimbing Wuluh ( Averrhoa bilimbi) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Kerang (Bivalvia) Yang Berasal Laut Belawan*. Skripsi Ilmu Kesehatan Masyarakat USU, Sumatera Utara.
- Hou, X dan Bradley T. Jones. 2000. *Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry*. Chichester : John Wiley & Sons Ltd.
- 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.
- Kennis, M. J., 1992. *Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effect*. CRC Press, Inc, Florida. 494 p.
- Marganof. 2003. "Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat Kadmium di Perairan". IPB. Bogor.
- Mason, C. F., 1991. *Biology of Freshwater Pollution*. Longman Scientific and Technical. New York.
- Nazir, M., 1999. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta
- National Research Council. 2004. *Forensic Analysis, Weighing Bullet Lead Evidence*. Diakses tanggal 29 November 2016. <http://www.nap.edu/openbook.php?recordid=10924&page=15>.
- Nontji, A., 1987. *Laut Nusantara*. Djambatan, Jakarta. 368 hal.
- Palar Heryando Drs. 1994. *Pencernaan & Toksikologi Logam berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Parulian, A., 2009. *Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan Besi (Fe) Pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal*. Medan : Pascasarjana Universitas Sumatera Utara (USU).
- Petrucci., R. H., 1987. *Kimia Dasar (Prinsip dan Terapan Modern*. (Alih Bahasa Achmadi Suminar). Edisi Keempat Jilid 3. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Poedjiadi, A dan T. Supriyanti. 2006. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press.
- Rohyatun, E dan A. Rozak. 2007, *Pemantauan Kadar Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta*, Makara Sain, Vol. 11.
- Sari, F. I. dan S. Keman. 2005. *Efektifitas Larutan Asam Cuka Untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Cadmium Dalam Daging Kerang Bulu*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol.1, no.2, januari 2005. Efektifitas

- Larutan Asam Cuka (120-129). Diakses tanggal 13 Maret 2017. [www.journal.unair.ac.id/filer/PDF/KESLING-1-2-03.pdf](http://www.journal.unair.ac.id/filer/PDF/KESLING-1-2-03.pdf).
- Supriharyono, 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Penerbit Djambatan, Jakarta : 118 hlm.
- Sutamihardja, 2006. Toksikologi Lingkungan. Buku Ajar Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.
- Stoeppler, M., 1992. *Hazardous Metals in the Environment*. Elsevier Science Publisher. Jerman.
- Suwignyo dan Sugiarti. 2005. *Avertebrata Air Jilid 1*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- T. Sastrawijaya. 1991. *Pencemaran Lingkungan*, Rineka Cipta, Jakarta.
- US. Department of Health and Human Services .EPA. 2005. Voluntary Estuary Monitoring Manual. Chapter 12: Contaminants and Toxic Chemicals Heavy metals, Pesticides, PCBs, and PAHs.  
Akses internet: <http://www.epa.gov/owow/estuaries/monitor/>.
- Wiryanan B, Marsden B, Susanto HA, Mahi AK, Ahmad M, Poespitasari H., 1999. Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir Lampung. Kerjasama Pemda.
- 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.
- Wisconsin Public Health, 2000. *Cadmium*. Diakses pada tanggal 13 Maret 2017 . <http://www.dhfs.state.wi.us/eh/chemfs/fs/cadmium.html>.