

**KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb), KADMIUM (Cd), TEMBAGA (Cu), KROMIUM (Cr) DAN MANGAN (Mn) PADA IKAN TERI KERING (*Stolephorus sp.*) DI PESISIR TELUK LAMPUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ANITA SARI**



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

## **ABSTRAK**

### **KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb), KADMIUM (Cd), TEMBAGA (Cu), KROMIUM (Cr) DAN MANGAN (Mn) PADA IKAN TERI KERING (*Stolephorus sp.*) DI PESISIR TELUK LAMPUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

Oleh

**Anita Sari**

Telah dilakukan kajian sebaran logam berat Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn pada ikan teri kering (*Stolephorus sp.*) yang diperoleh dari Pesisir Teluk Lampung. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat di Pesisir Teluk Lampung, dengan cara menganalisis kandungan logam berat yang terakumulasi di dalam biota air di perairan tersebut. Ikan teri merupakan salah satu ikan yang masih banyak dikonsumsi oleh masyarakat ekonomi kelas menengah. Titik pengambilan sampel ikan teri kering yaitu di pengasinan Pulau Pasaran dan Lempasing. Sampel diberi label sesuai dengan sumber diperolehnya ikan tersebut, yaitu Pulau Sebesi, Selesung dan Legundi. Logam berat dalam sampel dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil analisis pada ketiga sampel (Sebesi, Selesung, dan Legundi) menunjukkan bahwa kadar logam Pb antara 0,084-0,114 ppm, logam Cd antara 0,084-0,087 ppm, logam Cu antara 0,091-0,096 ppm, logam Cr antara 0,063-0,084 ppm, dan logam Mn antara 0,081-0,157 ppm. Berdasarkan hasil analisis pada ketiga sampel tersebut menunjukkan bahwa kadar logam Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn masih berada dibawah batas aman yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN, 2009) dan Balai Pengawas Obat dan Makanan (BPOM No. 03725/B/SK/89).

**Kata Kunci:** Kajian kandungan logam berat, Pb, Cd, Cu, Cr, Mn, Ikan Teri Kering, (*Stolephorus sp.*), SSA, Teluk Lampung

## **ABSTRACT**

### **STUDY OF HEAVY METAL CONTENT LEAD (Pb), CADMIUM (Cd), CHROMIUM (Cr), COPPER (Cu) AND MANGANESE (Mn) IN DRIED ANCHOVY (*Stolephorus sp.*) AT THE COASTAL BAY OF LAMPUNG USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY**

By

**Anita Sari**

Study on distribution of heavy metal (Pb, Cd, Cu, Cr and Mn) has been done in dried anchovy (*Stolephorus.sp*) obtained from the Coastal Bay of Lampung. The study aims to investigate the level of heavy metal pollution in the Coastal Bay of Lampung by analyzing the content of heavy metal that were accumulated in aquatic biota at these aquatic. Anchovy is one of the fish that is still widely consumed by middle class economic society. The dried anchovy that used a sample was taken from the marination around of Pasaran and Lempasing Island. The samples were given label according to the source of where the fishes were obtained, namely as Sebesi, Selesung, and Legundi Island. The heavy metal in samples than analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometry method (AAS). The result analysis on the three of samples (Sebesi, Selesung, and Legundi) show that the content of Pb metal is 0,084-0,114 ppm, Cd metal is 0,084-0,087 ppm, Cu metal is 0,091-0,096 ppm, Cr metal is 0,063-0,084 ppm, Cr metal is 0,063-0,084 ppm, and Mn metal is 0,081-0,157 ppm. Based on the result of analysis on the three of samples show that the content of Pb, Cd, Cu, Cr, and Mn metals were still below of the safety limit which set by the National Standardization Agency (BSN, 2009) and the Food and Drug Supervisory Agency (BPOM No. 03725/B/SK/89)

Keywords: Study of heavy metal content, Pb, Cd, Cu, Cr, Mn, dried anchovy (*Stolephorus sp.*), AAS, Lampung Bay

**KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb), KADMIUM (Cd), TEMBAGA (Cu), KROMIUM (Cr) DAN MANGAN (Mn) PADA IKAN TERI KERING (*Stolephorus sp.*) DI PESISIR TELUK LAMPUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

Oleh

**Anita Sari**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2017**

Judul Skripsi : **KAJIAN KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb), KADMIUM (Cd), TEMBAGA (Cu), KROMIUM (Cr) DAN MANGAN (Mn) PADA IKAN TERI KERING (*Stolephorus sp.*) DI PESISIR TELUK LAMPUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

Nama Mahasiswa : **Anita Sari**

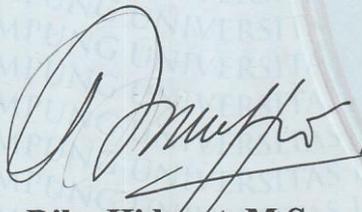
No. Pokok Mahasiswa : 1317011003

Jurusan : Kimia

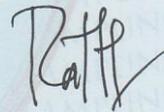
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing



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



**Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si.**  
NIP 19770713 200912 2 002

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

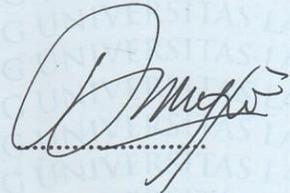


**Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.**  
NIP 19740705 200003 1 001

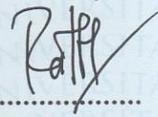
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

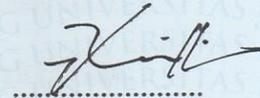
**Ketua : Diky Hidayat, M.Sc.**



**Sekretaris : Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si. ....**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Rinawati, Ph.D.**



**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 : 28 September 2017**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Palas Jaya, pada tanggal 03 Oktober 1994, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, putri dari bapak Saparudin dan ibu Suarni. Jenjang pendidikan diawali dari Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Palas Jaya, diselesaikan pada tahun 2006. Sekolah Madrasah Tsanawiyah (MTs) di MTs Nurul Huda Palas diselesaikan pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Kalianda, diselesaikan pada tahun 2012. Tahun 2013, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Unila melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Pada tahun 2016 Penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan di Laboratorium UPTD BPSMB Teluk, Bandar Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Dasar jurusan Agribisnis periode 2014/2015, Kimia Dasar jurusan Agribisnis 2015/2016, Kimia Dasar jurusan Agroteknologi 2015/2016, Kimia Dasar jurusan Agribisnis 2016/2017, Kimia Analitik II jurusan Kimia periode 2016/2017, dan Cara-cara Pemisahan jurusan Kimia periode 2016/2017. Penulis juga aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unila sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) periode 2013/2014, anggota Bidang KPO periode 2014/2015, anggota Bidang PSLH

BEMF periode 2014/2015, dan anggota ROISF Universitas Lampung periode 2013-2016.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang dan Segala Puji  
dan Syukur kepada Allah SWT  
Kupersembahkan Karya sederhanaku ini Teruntuk

Kedua Orang tuaku,  
Bapak Saparudin dan Ibu Suarni yang senantiasa selalu memberikan rasa kasih saayang,  
cinta, pengorbanan, serta selalu memanjatkan do'a indah untukku. Semoga Allah selalu  
melimpahkan kasih sayang dan kalian selalu dalam lindungan Allah SWT

Udaku Ari Saprizal, M.Pd, mbak Ruspita Sari Amd.AK, serta adikku April Salasa Putra  
yang telah mendo'akan dan mendukung penuh penulis dalam membuat karya tulis ini

Seluruh keluarga besarku, teman dan sahabatku

Seseorang yang kelak akan mendampingi hidupku

Alamamater tercinta  
Universitas Lampung

## MOTTO

*Faabiayyi Aalaa irabbikumaa tukaddzibaan*  
(*Ar-Rahman; 13*)

Pendidikan merupakan senjata paling ampuh yang bisa kita gunakan  
untuk merubah dunia  
(Nelson Mandela)

Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya  
bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai  
dari suatu urusan tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain.  
(*Asy-Syarah; 5-7*)

Terkadang *mood* sering dijadikan alasan menunda skripsi, jangan  
hanya menunggu terinspirasi baru akan menyusun kata demi kata  
dalam skripsi kerana perlu diingat ada orangtua di rumah yang  
menantikanmu. Jadikanlah orangtua sebagai motivasi kita untuk  
sukses  
(Sari, 2017)

## SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat, ridho dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini Shalawat Serta salam tidak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan umat manusia.

Skripsi dengan judul "Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Kromium (Cr) dan Mangan (Mn) pada Ikan Teri Kering (*Stolephorus sp.*) di Pulau Pasaran Secara Spektrofotometri Serapan Atom" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Warsito, D.E.A., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila.

3. Bapak Diky Hidayat, M.Sc. selaku Pembimbing utama yang telah memberikan ilmu dan bimbingan, saran, nasihat, motivasi, serta arahan yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si. selaku Pembimbing kedua yang telah banyak memberikan ilmu, nasihat, saran, motivasi, perhatian, serta kesabaran dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Rinawati, Ph.D. selaku Pembahas atas segala arahan, saran dan kritik serta motivasinya dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mengajarkan dan memberikan ilmu dengan tulus.
7. Seluruh karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung terkhusus Mba Iin dan Mas Udin selaku Laboran Kimia Analitik dan Instrumentasi, serta Pak Gani, dan Mba Nora atas seluruh bantuan yang diberikan kepada penulis.
8. Teristimewa untuk kedua orang tuaku yang sangat aku cintai dan banggakan bapak Saparudin dan ibu Suarni, terima kasih bapak dan ibu atas segala bentuk pengorbanan, cinta yang begitu besar dan kasih sayangmu yang tulus. Terima kasih atas segala kebaikan, keikhlasan, kerja keras dan segala perjuangan kalian yang telah diberikan kepadaku.
9. Udaku Ari Saprizal, M.Pd beserta istri Ruspita Sari, A.Md.A.K terima kasih atas bantuan dan dukungannya selama ini. Adikku tercinta April Salasa Putra yang menjadi *partner* bertengkar dan bermain, terima makasih atas keceriaan yang menjadi sumber motivasi bagi penulis.

10. Sahabat-sahabat terbaikku Khalimatus Sa'diah, S.Si, Linda Wati, S.Si, Nur Padila, Renita Susanti, S.Si atas bantuan, motivasi, dan persaudaraannya hingga saat ini.
11. Kak Purna Pirdaus, S.Si dan Mbak Dwi Anggraini, S.Si atas bantuan, saran dan motivasinya
12. Teman-teman *Heavy Metal Squad* Fera Lastriama M, S.Si, Riski Rahmadani, S.Si, Yuvica Oktaviana P (Calon S.Si) yang telah memberikan semangat, dan diskusi-diskusi kepada penulis.
13. Rekan-rekan dan keluargaku Kimia Angkatan 2013 dewi, anggung, nita, erva, ines, badi, vicka, inggit, nurul, arni, dona, aulia, siti, shella, maya, atun, nia, ezra, vyna, tyas, melia, monic, shelta, yuni, sinta, febrina, ismi, nova, della, kartika, rado, melita, setioso, anggi, awan, arief, megafhit, yulia, indah, fentri, widya, mawar, carmel, esti, gita, rian, bara, citra, anton, yudha, herma, nora, yunitri, verro, ridho teman seperjuangan yang telah memotivasi dan memberikan dukungan
14. Teman-teman *Analytic Squad* Uut, lulu, dicky, paul, tika, eky, nurma, oci, eka, dan amha yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
15. Teman-teman KKN Nyukang Harjo Periode 1 2017 Nurul Fatia, Rohayani, bang Agung Probowo, Rian Agustanto, Gandung Bagas K, dan Nicodemus atas kebersamaan, motivasi dan dukungan kalian selama ini.
16. Warga Astri Handayani Apri Yuli, A.Md, Meylinda A.S, A.Md, khunul, camel, ica, anin, eky, nia, mba opi, zaza, gege, lia, ade, uus, khoir, imah, nisa, Jenny W. S, A.Md, mba putri, iwen, mona atas dukungan dan motivasi kalian selama ini

17. Seluruh keluarga besar Jurusan Kimia
18. Almamater tercinta, Universitas Lampung
19. Semua pihak yang telah membantu penulis selama kuliah, penelitian, hingga penulisan skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 3 Oktober 2017  
Penulis

**Anita Sari**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	4
C. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
A. Pesisir Teluk Lampung .....	5
B. Pulau Pasaran .....	6
C. PencemaranTeluk Lampung .....	8
D. Logam Berat .....	10
E. Timbal (Pb) .....	12
1. Sifat Fisik dan Kimia Timbal .....	12
2. Kegunaan Timbal .....	12
3. Toksisitas Timbal .....	13
F. Kadmium (Cd) .....	14
1. Sifat Fisik dan Kimia Kadmium .....	14
2. Kegunaan Kadmium .....	14
3. Toksisitas Kadmium .....	14
G. Tembaga (Cu) .....	15
1. Sifat Fisik dan Kimia Tembaga .....	15
2. Kegunaan Tembaga .....	15
3. Toksisitas Tembaga .....	16
H. Kromium.....	16
1. Sifat Fisik dan Kimia Kromium .....	16
2. Kegunaan Kromium .....	16
3. Toksisitas Kromium.....	16
I. Mangan .....	17

1. Sifat Fisik dan Kimia Mangan .....	17
2. Kegunaan Mangan .....	18
3. Toksisitas Mangan .....	18
J. Ikan .....	20
K. Ikan Teri .....	21
L. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) .....	22
1. Prinsip Dasar .....	23
2. Sistem Instrumentasi .....	24
2.1 Sumber Sinar .....	25
2.2 Sumber Atomisasi .....	25
2.3 Monokromator .....	28
2.4 Detektor .....	28
3. Jenis-Jenis Gangguan .....	28
3.1 Gangguan Kimia .....	29
3.2 Gangguan Fisika .....	29
M. Validasi Metode .....	30
1. Linieritas .....	30
2. Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi .....	30
3. Presisi .....	31
4. Akurasi .....	31
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>33</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
B. Alat dan Bahan .....	33
C. Prosedur Penelitian .....	34
1. Pembuatan Larutan .....	34
1.1 Larutan HNO <sub>3</sub> 5% .....	34
1.2 Larutan Standar Pb 1000 ppm .....	34
1.3 Larutan Standar Cd 1000 ppm .....	34
1.4 Larutan Standar Cr 1000 ppm .....	34
1.5 Larutan Standar Cu 1000 ppm .....	34
1.6 Larutan Standar Mn 1000 ppm .....	35
2. Metode Pengambilan Sampel .....	35
2.1 Persiapan Pengambilan Sampel .....	35
2.2 Pengambilan Sampel .....	35
3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn .....	35
4. Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	36
4.1 Kurva Kalibrasi Timbal .....	36
4.2 Kurva Kalibrasi Kadmium .....	37
4.3 Kurva Kalibrasi Kromium .....	37
4.4 Kurva Kalibrasi Tembaga .....	38
4.5 Kurva Kalibrasi Mangan .....	38
5. Validasi Metode .....	39
5.1 Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantifikasi (LoQ) .....	40
5.2 Presisi .....	40
5.3 Akurasi .....	40
5.3.1 Uji Perolehan Kembali Pb .....	40

5.3.2 Uji Perolehan Kembali Cd .....	40
5.3.3 Uji Perolehan Kembali Cu .....	41
5.3.4 Uji Perolehan Kembali Cr .....	41
5.3.5 Uji Perolehan Kembali Mn .....	41
5.4 Linieritas .....	41
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
A. Pengambilan Sampel .....	42
B. Preparasi Sampel .....	43
C. Kondisi Optimum Alat .....	44
D. Kandungan Logam Pb, Cd, Cu, Cr dan Mn pada Ikan Teri di Pesisir Teluk Lampung .....	45
1. Kandungan Logam Pb .....	46
2. Kandungan Logam Cd .....	47
3. Kandungan Logam Cu .....	48
4. Kandungan Logam Cr .....	49
5. Kandungan Logam Mn .....	50
6. Konsumsi Maksimum Mingguan Ikan Teri .....	51
E. Validasi Metode .....	52
1. Linieritas .....	52
2. LoD ( <i>limit of detection</i> ) dan LoQ ( <i>limit of quantification</i> ) .....	54
3. Akurasi .....	55
4. Presisi .....	56
<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>62</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pengamatan Kualitas Air Pulau Pasaran .....	6
2. Sifat Fisik Logam Mangan (Mn) .....	17
3. Kondisi Optimum SSA .....	44
4. Nilai LoD dan LoQ Logam Pb, Cd, Cu, Cr dan Mn .....	55
5. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Pb dan Cd .....	55
6. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Cu dan Cr .....	55
7. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Mn .....	56
8. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Pb pada Ikan .....	57
9. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cd pada Ikan ....	58
10. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cu pada Ikan .....	59
11. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cr pada Ikan .....	60
12. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Mn pada Ikan ....	61
13. Absorbansi Logam Pb pada Ikan Teri Sebesi .....	75
14. Absorbansi Logam Cd pada Ikan Teri Sebesi .....	75
15. Absorbansi Logam Cu pada Ikan Teri Sebesi .....	76
16. Absorbansi Logam Cr pada Ikan Teri Sebesi .....	76
17. Absorbansi Logam Mn pada Ikan Teri Sebesi .....	76

18. Absorbansi Logam Pb pada Ikan Teri Selesung .....	77
19. Absorbansi Logam Cd pada Ikan Teri Selesung .....	77
20. Absorbansi Logam Cu pada Ikan Teri Selesung .....	78
21. Absorbansi Logam Cr pada Ikan Teri Selesung .....	78
22. Absorbansi Logam Mn pada Ikan Teri Selesung .....	78
23. Absorbansi Logam Pb pada Ikan Teri Legundi .....	79
24. Absorbansi Logam Cd pada Ikan Teri Legundi .....	79
25. Absorbansi Logam Cu pada Ikan Teri Legundi .....	80
26. Absorbansi Logam Cr pada Ikan Teri Legundi .....	80
27. Absorbansi Logam Mn pada Ikan Teri Legundi .....	80
28. Konsentrasi Logam Pb Ikan Teri Sebesi, Selesung dan Legundi .....	81
29. Konsentrasi Logam Cd Ikan Teri Sebesi, Selesung dan Legundi .....	82
30. Konsentrasi Logam Cu Ikan Teri Sebesi, Selesung dan Legundi .....	83
31. Konsentrasi Logam Cr Ikan Teri Sebesi, Selesung dan Legundi .....	84
32. Konsentrasi Logam Mn Ikan Teri Sebesi, Selesung dan Legundi .....	85
33. Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Standar Timbal .....	86
34. Absorbansi Larutan Sampel pada Ikan Teri Sebesi .....	87
35. Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Standar Kadmium .....	88
36. Absorbansi Larutan Sampel pada Ikan Teri Selesung .....	89
37. Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Standar Tembaga .....	90
38. Absorbansi Larutan Sampel pada Ikan Teri Legundi .....	91
39. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Pb .....	92

40. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cd .....	93
41. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cu .....	94
42. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cr .....	95
43. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Mn .....	96
44. Nilai Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Pb.....	97
45. Nilai Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Cd .....	98
46. Nilai Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Cu .....	99
47. Nilai Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Cr.....	100
48. Nilai Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Mn .....	101
49. Nilai M dan $\bar{M}$ Logam Pb .....	104
50. Nilai M dan $\bar{M}$ Logam Cd .....	105
51. Nilai M dan $\bar{M}$ Logam Cu .....	106
52. Nilai M dan $\bar{M}$ Logam Cr .....	107
53. Nilai M dan $\bar{M}$ Logam Mn .....	108
54. Nilai SD, RSD, dan Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Pb dan Cd .....	109
55. Nilai SD, RSD, dan P ersen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Cu dan Cr .....	109
56. Nilai SD, RSD, dan Persen Perolehan Kembali ( <i>Recovery</i> ) Logam Mn .....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ikan Teri .....	21
2. Diagram Sistematis Spektrofotometer Serapan Atom .....	24
3. Komponen Spektrofotometer Serapan Atom .....	24
4. Sumber Atomisasi .....	26
5. Rerata Kandungan Logam Pb pada Ikan Teri .....	46
6. Rerata Kandungan Logam Cd pada Ikan Teri .....	47
7. Rerata Kandungan Logam Cu pada Ikan Teri .....	48
8. Rerata Kandungan Logam Cr pada Ikan Teri .....	49
9. Rerata Kandungan Logam Mn pada Ikan Teri .....	50
10. Kurva Regresi Larutan Standar .....	53

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Teluk Lampung terletak di bagian selatan pulau Sumatera secara geografis terletak di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Kota Bandar Lampung yang terletak pada posisi  $5^{\circ}20'LS - 5^{\circ}30'LS$  dan  $105^{\circ}28'BT - 105^{\circ}37'BT$  merupakan suatu wilayah pesisir. Teluk Lampung merupakan teluk terbesar di Pulau Sumatera dengan luas total wilayah daratannya adalah 127.902 ha, dan luas perairan adalah 161.178 ha (Helfinalis, 2000). Pesisir Teluk Lampung meliputi daratan dan perairan, dengan posisi geografis terletak antara  $5^{\circ}25' - 5^{\circ}59' LS$  dan  $104^{\circ}56 - 105^{\circ}45' BT$ . Teluk Lampung yang memiliki wilayah pantai yang cukup luas, di sepanjang pantai Teluk Lampung terdapat tiga kecamatan yaitu, Kecamatan Teluk Betung Selatan, Kecamatan Teluk Betung Barat, dan Kecamatan Panjang terdiri dari 12 desa (Wiryawan dkk.,1999).

Wilayah pesisir Teluk Lampung merupakan kawasan wilayah yang kaya akan keragaman hayati seperti terumbu karang, mangrove, ikan, dan biota lain beserta ekosistemnya yang mempunyai potensi sebagai pendukung pengembangan kelautan. Secara ekologis habitat alami pesisir menjadi pusat kehidupan dan tempat berbagai jenis biota laut lainnya, seperti ikan, udang, moluska, echinodermata dan berbagai jenis rumput laut. Sumber daya kelautan dan

perikanan perlu diseimbangkan agar kelestariannya dapat terpelihara dengan baik sehingga dapat menopang sumber-sumber ekonomi secara lestari. 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.

Banyaknya aktivitas yang terjadi di perairan Teluk Lampung berdampak pada pencemaran perairan Teluk Lampung. Pencemaran adalah peristiwa masuknya zat, energi, unsur, atau komponen lainnya ke dalam perairan. Pencemaran tersebut ditandai dengan menurunnya kualitas dan produktivitas perairan karena pembuangan limbah dari limbah domestik rumah tangga, aktivitas industri, maupun aktivitas perkapalan (Wijayanti, 2007).

Aktivitas-aktivitas tersebut, baik secara langsung maupun tidak langsung akan berdampak terhadap keseimbangan ekosistem di kawasan pantai tersebut. Hal ini disebabkan oleh kerusakan-kerusakan lingkungan laut dari eksploitasi lahan pantai secara berlebihan. Eksploitasi terbesar adalah pembukaan hutan bakau (mangrove) yang ditandai dengan adanya abrasi pantai, sedimentasi, intrusi (pergerakan) air laut. Tekanan lingkungan terhadap perairan ini makin lama semakin meningkat karena masuknya limbah dari berbagai kegiatan di kawasan-kawasan yang telah terbangun di wilayah pesisir tersebut. Jenis limbah yang masuk seperti limbah organik, dan anorganik (sampah) inilah yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan perairan (Wiryawan dkk., 1999).

Beberapa limbah yang dibuang ke perairan adakalanya berupa limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya), dimana limbah B3 ini mengandung logam berat seperti

timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), kromium (Cr), mangan (Mn), nikel (Ni) dan kobalt (Co) yang apabila masuk ke ekosistem pesisir dapat menimbulkan dampak yang fatal, baik bagi biota perairan maupun manusia yang ada di wilayah tersebut. Polutan yang berupa logam-logam berat diketahui dapat menyebabkan keracunan, kelumpuhan, kelainan genetik, hingga kematian. Keracunan dalam jangka panjang dapat menurunkan proses degeneratif fisik, otot dan syaraf (Dinis, 2011).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Verawati (2016) dapat diketahui perairan Teluk Lampung dikategorikan tercemar ringan. Untuk mengetahui tingkat pencemaran di lingkungan perairan dapat diketahui dengan cara analisis kandungan logam berat yang terakumulasi di dalam biota air di perairan tersebut, diantaranya yakni ikan teri. Sampel ini diambil karena sampai sejauh ini belum ada data terkait kandungan logam berat pada ikan teri, mengingat ikan teri merupakan makanan yang banyak dikonsumsi masyarakat mulai dari kalangan menengah ke bawah hingga menengah ke atas. Jika hasil analisis dalam sampel tersebut menunjukkan kadar logam berat yang tinggi dan melebihi batas normal yang telah ditentukan, maka hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut telah tercemar (Rai dkk., 1981).

Oleh karena itu perlu dilakukan kajian untuk mengetahui keberadaan logam berat Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn pada ikan teri. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu jenis ikan teri kering (*Stolephorus sp.*) yang berasal dari pengasinan Lempasing dan Pulau Pasaran, selanjutnya analisis kadar logam Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometer serapan atom

## **B. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menentukan kadar logam berat Pb, Cd, Cu, Cr dan Mn pada ikan teri kering di perairan Teluk Lampung dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).
2. Untuk mengetahui tingkat pencemaran logam Pb, Cd, Cu, Cr dan Mn pada ikan teri kering di perairan Teluk Lampung.

## **C. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai tingkat pencemaran logam berat Pb, Cd, Cu, Cr dan Mn pada ikan teri kering di perairan Teluk Lampung sehingga dapat menjadi masukan bagi pemerintah daerah, pihak industri dan masyarakat dalam mengelola kegiatan industri yang berwawasan lingkungan.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

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

Teluk Lampung merupakan salah satu dari dua teluk di ujung paling selatan pulau Sumatra, Kota Bandar Lampung terletak pada pangkal teluk, dan bagian mulut teluk (arah selatan-tenggara) berhadapan langsung dengan Selat Sunda yang merupakan perairan penghubung antara Laut Jawa di sebelah utara dan Samudera Hindia di selatan. Wilayah pesisir merupakan suatu wilayah yang mempunyai potensi sumberdaya alam yang cukup besar. Berdasarkan kondisi wilayah dan nilai strategis kawasan, maka terdapat cukup alasan untuk memberikan status sebagai kawasan strategis provinsi pada wilayah pesisir Teluk Lampung, sehingga penataan ruang dan pengelolaan wilayahnya dapat lebih diprioritaskan. Oleh karena itu wilayah ini akan memiliki peluang untuk lebih maju dan berkelanjutan, serta akan lebih berperan bagi Provinsi Lampung secara keseluruhan (Pariwono, 1998).

Wilayah ini telah mengalami banyak perubahan fungsi untuk dapat memberikan manfaat dan sumbangan yang besar dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat melalui peningkatan devisa negara. Namun aktivitas perekonomian tersebut yang mengkonversi lahan pesisir dari rawa dan mangrove menjadi kawasan industri, pariwisata dan pemukiman telah menyebabkan proses abrasi dan sedimentasi

yang cukup parah (Wiryawan dkk., 1999).

## B. Pulau Pasaran

Pulau pasaran merupakan salah satu pulau yang secara administratif berada di Kecamatan Teluk Betung Barat, Kota Bandar Lampung. Pulau Pasaran berjarak 5 km dari kota Bandar Lampung dan merupakan suatu pulau yang paling dekat dengan pusat kota dan berada di muara Sungai Way Belau. Penduduk Pulau Pasaran menggantungkan hidupnya dengan mengolah ikan teri sehingga Pulau Pasaran menjadi salah satu sentra industri pengolahan teri di Lampung. Poduksi teri asin Pulau Pasaran tergantung dengan hasil tangkapan ikan teri segar di bagan-bagan yang bertebaran di perairan Teluk Lampung, seperti di kawasan dekat Pulau Pasaran, Legundi, Kiluan, Sebesi yang lokasinya tidak jauh dari gunung anak Krakatau. Kualitas air Pulau Pasaran dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pengamatan Kualitas Air Pulau Pasaran (Noor, 2014).

<b>Parameter</b>	<b>Kisaran</b>	<b>Nilai Optimum</b>
Kedalaman (m)	2,4 – 7,2	$\geq 800^a$
Kecepatan arus (m/s)	0,05 – 0,16	0,1 – 0,3 <sup>b</sup>
Oksigen terlarut (ppm)	4,3 – 5,6	$> 4^c$
Salinitas (ppt)	26 – 30	26 – 33 <sup>d</sup>
pH	7 - 8	7 – 8,5 <sup>e</sup>
Temperatur (°C)	28 – 31	26 – 32 <sup>e</sup>
Kekeruhan (cm)	110 – 190	30 <sup>b</sup>
Keterangan	: a: Kusuadi (2005), b: Lovatelli (1988), c: Kep-51/Men-KLH (2004) d: Aypa (1990), e: Sivalingam (1997).	

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa kedalaman perairan di sekeliling Pulau Pasaran berada pada kisaran 2,4-7,2 meter. Variasi kedalaman terjadi karena di bagian utara dan barat perairan Pulau Pasaran banyak mengalami pendangkalan karena adanya muara Sungai Way Belau dan tanaman mangrove,

sedangkan pada sisi lainnya memiliki kedalaman yang relatif lebih dalam dari 5 meter (Wallace, 1985). Kecepatan arus di Pulau Pasaran cukup rendah berkisar 0,05-0,16 m/s. Ikan bereaksi secara langsung terhadap perubahan lingkungan yang dipengaruhi oleh adanya kecepatan arus dengan cara mengarahkan dirinya secara langsung pada arus dan umumnya gerakan ikan selalu mengikuti arah menuju arus (Reddy, 2003 *dalam* Notanubun, 2010).

Kandungan oksigen (DO) di perairan Pulau Pasaran berkisar 4,3 - 5,6 ppm, hal ini kurang sesuai untuk pertumbuhan teri karena menurut Nurdin (2000), DO optimum adalah 8 ppm. Kondisi ini diduga karena kecepatan arus di perairan Pulau Pasaran yang rendah sehingga difusi oksigen dari udara langsung jumlahnya sedikit. Selain itu perairan Pulau Pasaran hanya memiliki sedikit tumbuhan air juga mempengaruhi suplai oksigen dalam air rendah (Michael, 1994). Nilai salinitas perairan di Pulau Pasaran sebesar 26 - 30 ppt ini hal ini sangat mendukung pertumbuhan ikan teri sekalipun ada muara sungai yang memungkinkan adanya limpahan air tawar yang bersumber dari sungai.

Begitupun dengan nilai pH, kondisi pH pada perairan dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan. Batasan nilai pH telah ditentukan oleh Kep-51/Men-KLH/2004 yakni 6,5 - 8 dan temperatur perairan yang berada pada kondisi normal.

Tingkat kekeruhan perairan yang optimal untuk ikan berkisar pada 30 - 40 cm (Lovatelli, 1988). Kekeruhan dapat mempengaruhi kemampuan air untuk meneruskan sinar matahari yang masuk kedalam perairan. Berkurangnya kecerahan air akan mengurangi kemampuan fotosintesis tumbuhan air, selain itu dapat pula mempengaruhi kegiatan fisiologi biota air (Effendi, 2003). Perairan

dengan tingkat kekeruhan tertentu akan berdampak bagi pertumbuhan ikan, karena dapat mengurangi intensitas sinar yang masuk ke dalam air, kekeruhan biasanya disebabkan oleh partikel tersuspensi, partikel koloid, fitoplankton.

### **C. Pencemaran Teluk Lampung**

Pencemaran lingkungan hidup menurut Undang-Undang No 23 tahun 1997 adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukkannya. Sumber pencemaran adalah setiap kegiatan yang membuang bahan pencemar. Bahan pencemar tersebut dapat berbentuk padat, cair, gas atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu ke dalam lingkungan, baik melalui udara, air maupun daratan pada akhirnya akan sampai pada manusia. Daur pencemaran lingkungan akan memudahkan di dalam melakukan penelitian dan pengambilan contoh lingkungan serta analisis contoh lingkungan (Wardhana, 2001).

Menurut Odum (1971) pencemaran perairan adalah suatu perubahan fisika, kimia dan biologi yang tidak dikehendaki pada ekosistem perairan yang akan menimbulkan kerugian pada sumber kehidupan, kondisi kehidupan dan proses industri, sedangkan menurut definisi GESAMP (*Group of Expert on Scientific Aspect on Marine Pollution*) pencemaran laut diartikan sebagai masuknya zat-zat (substansi) atau energi ke dalam lingkungan laut dan estuaria baik langsung maupun tidak langsung akibat adanya kegiatan manusia yang menimbulkan

kerusakan pada lingkungan laut, kehidupan di laut, kesehatan manusia, mengganggu aktivitas di laut (usaha penangkapan, budidaya, alur pelayaran) serta secara visual merusak keindahan (estetika).

Banyaknya aktivitas yang terjadi di perairan Teluk Lampung berdampak pada pencemaran perairan Teluk Lampung. Pencemaran adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk, pergeseran ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan pencemar tersebut pada dasarnya mempunyai sifat toksik, yang berbahaya bagi organism hidup. Toksisitas dari polutan tersebut yang kemudian menjadi pemicu pencemaran (Palar, 2005).

Sumber pencemaran yang utama berasal dari limbah industri dan domestik yang mengalir melalui sungai-sungai yang bermuara ke pesisir Teluk Lampung. Sampah-sampah domestik diperkirakan juga berasal dari wilayah lain yang dibawa oleh arus laut dan terdampar di sepanjang pantai. Bahan pencemar logam berat biasanya masuk dari darat (Bewers, 1990).

Limbah industri yang mengandung bahan berbahaya dan beracun akan terbawa oleh sungai atau udara ke lingkungan laut. Secara sederhana bahan cemar tersebut akan mengalami tiga macam proses akumulasi yaitu proses fisik, kimia dan biologi. Pencemaran laut oleh logam berat menyebabkan efek yang merugikan karena dapat merusak sumber daya hayati, membahayakan kesehatan manusia, menghalangi aktivitas perikanan, menurunkan mutu air laut dan merugikan kenyamanan di laut (Hutagalung, 1991).

Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup, biasanya

berasal dari limbah-limbah yang sangat berbahaya dalam arti memiliki daya racun (toksisitas) yang tinggi. Limbah-limbah yang sangat beracun pada umumnya merupakan limbah kimia, apakah itu berupa persenyawaan-persenyawaan kimia atau dalam bentuk unsur atau ionisasi. Biasanya senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup dan manusia adalah senyawa-senyawa kimia yang mempunyai bahan aktif dari logam-logam berat. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif dan logam berat akan bekerja, disamping itu bahan beracun dari senyawa kimia juga dapat terakumulasi atau menumpuk dalam tubuh, akibatnya timbul masalah keracunan kronis (Palar, 2005).

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

Logam berat adalah kelompok logam yang memiliki densitas lebih besar dari 5 g/cm<sup>3</sup>. Logam berat dalam perairan dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik maupun anorganik, sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Razak, 1998). Logam berat pada umumnya mempunyai sifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Beberapa logam berat banyak digunakan dalam berbagai kehidupan sehari-hari. Secara langsung maupun tidak langsung toksisitas dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Apabila kadar logam berat sudah melebihi ambang batas yang ditentukan dapat membahayakan bagi kehidupan (Koestoer, 1995).

Logam berat dalam konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan kematian beberapa jenis biota perairan, sedangkan jika konsentrasi logam berat rendah juga dapat membunuh organisme hidup dan proses ini diawali dengan penumpukan logam berat dalam tubuh biota air. Ikan adalah biota air yang dapat digunakan sebagai bioindikator tingkat pencemaran air, ikan teri dapat digunakan sebagai indikator yang baik dalam memonitor suatu pencemaran lingkungan disebabkan oleh sifatnya menetap dalam suatu habitat tertentu. Ikan Teri sendiri hidup bergerombol, biasanya dapat dijumpai di daerah perairan yang dangkal, air payau yang berdasar lumpur, seperti daerah muara dan teluk.

Jika di dalam ikan teri tersebut telah terkandung kadar logam yang tinggi dan melebihi batas normal (ambang batas) yang telah ditentukan oleh Badan Standarisasi Nasional atau BPOM maka dapat dijadikan indikator terjadinya suatu pencemaran dalam lingkungan tersebut. Banyaknya logam berat yang terserap dan terdistribusi pada ikan bergantung pada bentuk senyawa dan konsentrasi polutan (Darmono, 1995).

Berdasarkan toksisitasnya, logam berat digolongkan ke dalam tiga golongan, yaitu:

1. Hg, Cd, Pb, As, Cu dan Zn yang mempunyai sifat toksik yang tinggi,
2. Cr, Ni dan Co yang mempunyai sifat toksik menengah
3. Mn dan Fe yang mempunyai sifat toksik rendah

(Connel and Miller, 1995).

## E. Timbal (Pb)

### 1. Sifat Fisika dan Kimia Timbal

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, 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 mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik leleh timbal adalah  $1740^{\circ}\text{C}$  dan memiliki massa jenis  $11,34 \text{ g/cm}^3$  (Widowati, 2008). Palar (1994) mengungkapkan bahwa logam Pb pada suhu  $500 - 600^{\circ}\text{C}$  dapat menguap dan membentuk oksigen di udara dalam bentuk timbal oksida (PbO).

### 2. Kegunaan Timbal

Penggunaan timbal (Pb) dalam kehidupan sehari-hari, antara lain (Ferdiaz, 1992)

- a. Timbal digunakan untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa, dan solder, bahan kimia, pewarna (cat), dan lain-lain
- b. Produk-produk yang harus tahan karat, timbal (Pb) digunakan dalam bentuk alloy, seperti pipa-pipa yang digunakan untuk mengalirkan bahan kimia yang korosif.
- c. Timbal juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan keramik yang disebut glaze, dalam bentuk PbO untuk membentuk sifat mengkilap pada keramik.

Menurut Widowati (2008), logam Timbal (Pb) dalam pertambangan berbentuk industri baterai, kabel, penyepuhan, pestisida, sebagai zat antiletup pada bensin,

bahan untuk penyolderan, sebagai formulasi penyambung pipa. Menurut ATSDR (2005), industri yang paling banyak menggunakan Timbal (Pb) untuk produksi adalah industri pembuatan baterai. Penggunaan Timbal (Pb) lainnya untuk pembuatan benda-benda yang disolder, untuk mesin x- ray dan pencegahan korosi pada peralatan dan bangunan gedung.

### 3. Toksisitas Timbal

Timbal (Pb) merupakan logam yang bersifat neurotoksin yang dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia ataupun hewan, sehingga bahayanya terhadap tubuh semakin meningkat (Kusnoputranto, 2006). Menurut Underwood dan Shuttle (1999), Pb biasanya dianggap sebagai racun yang bersifat akumulatif dan akumulasinya tergantung levelnya. Hal itu menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada ikan jika terdapat pada jumlah di atas batas ambang, menurut Badan Standarisasi Nasional (SNI 7387.2009 ) yaitu 0,3 ppm.

Efek yang ditimbulkan jika keracunan timbal yaitu gangguan sistem pencernaan, gangguan system saraf pusat dan anemia. Gejala awal biasanya ditandai dengan kehilangan nafsu makan, berat badan menurun, konstipasi, lesu, muntah, mudah lelah, dan sakit kepala. Keracunan timbal parah dapat menyebabkan muntah, ataksi, gangguan pengelihatatan, peningkatan darah rendah, dan koma (Dreisbach dan Robertson, 1994).

## F. Kadmium (Cd)

### 1. Sifat Fisika dan Kimia Kadmium

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

### 2. Kegunaan Kadmium

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

### 3. Toksisitas Kadmium

Kadmium merupakan logam penyebab toksisitas kronis yang biasanya terakumulasi di dalam tubuh terutama dalam ginjal. Logam ini tidak menunjukkan gejala pada penderita selama bertahun-tahun. Keracunan Cd dalam jangka waktu lama dapat bersifat toksik terhadap beberapa macam organ, yaitu paru-paru, tulang, hati, dan ginjal. Selain itu keracunan dapat menyebabkan darah tinggi, kerusakan jaringan testikular, kerusakan ginjal dan kerusakan sel darah merah (Svehla, 1985).

## G. Tembaga (Cu)

### 1. Sifat Fisik dan Kimia Tembaga

Secara fisik berwarna kuning dan apabila dilihat menggunakan mikroskop berwarna pink kecoklatan sampai keabuan. Cu termasuk golongan logam, berwarna merah serta mudah berubah bentuk (Tarigan dkk., 2003). Tembaga mempunyai nomor atom 29, massa atom 63,546 gr/mol, densitas 8,92, entalpi penguapan 300,5 KJ/mol, titik lebur 1083°C, titik didih 2595°C, dan massa jenis 62,526. Unsur tembaga di alam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk pesenyawaan atau senyawa padat dalam bentuk mineral (Svehla, 1985).

### 2. Kegunaan Tembaga

Adapun kegunaan tembaga yaitu sebagai berikut:

- a. Bahan untuk kabel listrik dan kumparan dinamo.
- b. Bahan penahan untuk bangunan dan beberapa bagian dari kapal.
- c. Serbuk tembaga digunakan sebagai katalisator untuk mengoksidasi methanol menjadi metanal.
- d. Menambah kekuatan dan kekerasan mata uang dan perkakas  
- perkakas yang terbuat dari emas dan perak.
- e. Dalam industri, tembaga banyak digunakan dalam industri cat, industri fungisida serta dapat digunakan sebagai katalis, baterai elektroda, sebagai pencegah pertumbuhan lumut, turunan senyawa-senyawa karbonat banyak digunakan sebagai pigmen dan pewarna kuning.

### 3. Toksisitas Tembaga

Efek keracunan yang ditimbulkan pada manusia akibat oleh debu atau uap Cu (bentuk tembaga yang paling beracun yang mengakibatkan kematian pada dosis 3,5 mg/kg) tersebut adalah terjadinya kerusakan atropik pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung. Kerusakan itu, merupakan akibat dari gabungan sifat iritatif yang dimiliki oleh debu atau uap Cu tersebut (Palar, 2005).

## H. Kromium (Cr)

### 1. Sifat Fisik dan Kimia Kromium

Kromium merupakan salah satu unsur logam transisi golongan VI B yang tahan karat dan berwarna abu-abu. Kromium mempunyai nomor atom 24, massa jenis 7,19 g/cm<sup>3</sup>. Kromium di alam terdapat dalam 3 jenis valensi, yaitu kromium (0), kromium (III), dan kromium (VI). Kromium (III) merupakan unsur esensial yang dibutuhkan tubuh dalam reaksi enzimatik untuk metabolisme gula, protein, dan lemak (ATSDR, 2008).

### 2. Kegunaan Kromium

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

### 3. Toksisitas Kromium

Akumulasi kromium dalam tubuh manusia dalam jumlah yang besar sangat mengganggu kesehatan dan dapat mengakibatkan kerusakan dalam sistem organ

tubuh. Efek toksisitas kromium (Cr) dapat merusak serta mengiritasi hidung, paru-paru, lambung, dan usus. Mengonsumsi makanan berbahaya mengandung kromium dalam jumlah yang sangat besar dapat menyebabkan gangguan pada perut, bisul, kerang, ginjal, kerusakan hati dan bahkan kematian (Palar, 1994). Efek lain yang ditimbulkan yaitu berdampak karsinogen (penyebab kanker) dan teratogen (menghambat pertumbuhan janin dan mutagen (Schiavon dkk., 2008).

## I. Mangan (Mn)

### 1. Sifat Fisik dan Kimia Mangan

Mangan adalah suatu unsur kimia yang mempunyai nomor atom 25 dan memiliki simbol Mn. Mangan ditemukan oleh *Johann Gahn* pada tahun 1774 di Swedia. Logam mangan berwarna putih keabu-abuan dan berbentuk padat dalam keadaan normal. Mangan termasuk logam berat dan sangat rapuh tetapi mudah teroksidasi. Ia adalah elemen pertama dari golongan 7B, memiliki titik lebur yang tinggi kira-kira 1250°C. Ia bereaksi dengan air hangat membentuk mangan (II) hidroksida dan hidrogen (Gabriel, 2001).

**Tabel 2.** Sifat Fisik Logam Mangan (Mn)

Nomor atom	25
Titik lebur (K)	1519
Titik didih (K)	2334
Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	7.21
Kalor fusi (kJ/mol)	12.91
Kalor penguapan (kJ/mol)	221
Kapasitas panas pada 25 °C (J/mol.K)	26.32
Energi ionisasi (kJ/mol)	1.55

## 2. Kegunaan Mangan

Menurut Effendi, penggunaan logam Mn (mangan) dalam industri antara lain:

- a) Mangan digunakan dalam industri besi dan baja. Mangan digunakan sebagai campuran pembuatan ferromangan (70 - 80% Mn), besi mangan (13% Mn) dan manganin yaitu campuran antara tembaga, mangan dan nikel. Mangan digunakan untuk mencegah korosi pada pembuatan baja. Campuran logam (*Alloy*) yang mengandung mangan memiliki kekuatan magnetis yang banyak digunakan pada mesin jet dan turbin gas mesin/motor, sebagai bahan baja tahan-karat dan baja magnet.
- b) Mangan digunakan sebagai bahan pembuat isolator.
- c) Mangan digunakan untuk pembuatan baterai. Senyawa mangan dioksida ( $MnO_2$ ) digunakan sebagai sel kering baterai.
- d) Mangan digunakan untuk pewarnaan kaca dan dalam konsentrasi tinggi untuk pewarnaan batu permata.
- e) Senyawa oksida mangan digunakan untuk pembuatan oksigen, klorin, dan pengeringan cat hitam. Senyawa permanganat adalah oksidator yang kuat dan digunakan dalam analisis kuantitatif dan pengobatan.

## 3. Toksisitas Mangan

Adanya mangan (Mn) dalam perairan dengan konsentrasi yang relatif tinggi, dapat meracuni kehidupan organisme perairan, sedangkan dalam konsentrasi yang relatif rendah, akan diserap oleh organisme perairan tingkat rendah, seperti plankton yang kemudian terakumulasi di dalam plankton (Forstner dan Wittman, 1983). Apabila logam Mn tersebut terakumulasi dalam tubuh manusia, dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang serius seperti gangguan syaraf otak pada

anak-anak, gangguan ginjal yang akut, dan dapat menyebabkan kematian (Palar, 1994).

## **J. Ikan**

Ikan sebagai bahan makanan yang mengandung protein tinggi dan mengandung asam amino esensial yang diperlukan oleh tubuh, disamping itu nilai biologisnya mencapai 90%, dengan jaringan ikat yang sedikit sehingga mudah dicerna (Rabiatul, 2008). Ikan merupakan komoditi ekspor yang mudah mengalami pembusukan dibandingkan produk daging, buah dan sayuran. Pembusukan pada ikan terjadi karena beberapa kelemahan dari ikan yaitu tubuh ikan mengandung kadar air tinggi (76%) dan pH tubuh mendekati netral, sehingga memudahkan tumbuhnya bakteri pembusuk, daging ikan mengandung asam lemak tak jenuh berkadar tinggi yang sifatnya mudah mengalami proses oksidasi.

Oleh karena beberapa kelemahan tersebut, para produsen melakukan penghambatan kebusukan dari ikan dengan membuat kondisi lingkungan yang tidak sesuai dengan pertumbuhan mikroba, sehingga mikroba dapat ditekan pertumbuhannya. Salah satu cara yang dilakukan yaitu dengan proses penggaraman dan pengeringan yang kemudian hasil produksinya disebut ikan asin. Ikan asin diproduksi dari bahan ikan segar atau ikan setengah basah yang ditambahkan garam 15 - 20%. Walaupun kadar air di dalam tubuh ikan masih tinggi 30-35%, namun ikan asin dapat disimpan agak lama karena penambahan garam yang relatif tinggi.

Untuk mendapat ikan asin berkualitas bahan baku yang digunakan harus bermutu

baik, garam yang digunakan bisa garam murni berwarna putih bersih dan garam beryodium. Garam tersebut mengandung natrium klorida (NaCl) cukup tinggi, yaitu sekitar 95%. Komponen yang biasa tercampur dalam garam adalah magnesium klorida (MgCl<sub>2</sub>), kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>), magnesium sulfat (MgSO<sub>4</sub>), kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>), kalium iodat (KIO<sub>3</sub>). Jika garam yang digunakan pada proses penggaraman mengandung magnesium (Mg) dan kalsium (Ca) akan menghambat penetrasi garam ke dalam daging ikan akibatnya daging ikan berwarna putih, keras, rapuh, pahit (Abbas, 1995), sehingga sering kali menimbulkan bau tengik, jaringan ikat pada daging ikan sangat sedikit sehingga cepat menjadi lunak dan mikroorganisme cepat berkembang.

#### **K. Ikan Teri**

Ikan ini umumnya berukuran kecil sekitar 6-9 cm, tetapi ada pula yang berukuran relatif besar misalnya *Stelophorus commersoni* dan *S. indicus* dapat mencapai 17,5 cm. Kedua jenis terakhir ini lazim disebut teri glagah.

Ikan Teri (Brands, 2005)

Domain	: Eukariata
Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Osteichites
Ordo	: Clupeiformes
Famili	: Engraulidae
Genus	: Stolephorus



**Gambar 1.** Ikan Teri

Ikan teri termasuk dalam famili *Engraulidae* dengan nama ilmiah *Stolephorus sp.* Morfologinya adalah badan seperti cerutu, sedikit silindris, bagian perut membulat, kepala pendek, moncong nampak jelas dan meruncing, nakal sirip dubur sedikit ke belakang, duri-duri lemah sirip punggung dan warna pucat bila sisik terlepas. Anggota dari marga *Stolephorus* mempunyai tanda-tanda khusus yaitu sirip kaudal bercagak dan tidak bergabung dengan sirip anal serta dari abdominal hanya terdapat antara sirip pectoral dan ventral berjumlah tidak lebih dari 7 buah. *Stolephorus* umumnya tidak berwarna atau agak kemerah-merahan (Hutomo, dkk.,1987).

Ikan teri bersifat pelagis dan hidup di perairan pesisir dan estuaria. Berdasarkan sifatnya, ikan teri hidup bergerombol, sering melakukan migrasi, sehingga ikan teri memiliki daerah penyebaran yang dipengaruhi oleh perubahan musim pada daerah tertentu. Perkembangbiakan ikan ini terjadi pada bulan Oktober dan Maret, ikan ini bertelur setidaknya 100 Km dari pantai di dekat permukaan air laut.

## L. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ditemukan oleh Walsh, Alkemande dan Melatz pada pertengahan tahun 1950-an. Spektrometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog et al., 2000). Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Memang selain dengan metode serapan atom, unsur-unsur dengan energi eksitasi rendah dapat juga dianalisis dengan fotometri nyala, akan tetapi fotometri nyala tidak cocok untuk unsur-unsur dengan energi eksitasi tinggi. Fotometri nyala memiliki rentang ukur optimum pada panjang gelombang 400-800 nm, sedangkan SSA memiliki rentang ukur optimum pada panjang gelombang 200-300 nm (Skoog et al., 2000). SSA memerlukan lampu katoda spesifik (hollow cathode), kromatografi dalam SSA merupakan syarat utama.

Spektrofotometri serapan atom digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur logam dalam jumlah sekelumit dan sangat kelumit. Cara ini cocok untuk analisis kelumit logam karena mempunyai kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm), pelaksanaannya relatif sederhana dan interferensinya sedikit.

Spektrofotometri serapan atom didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau sinar ultraviolet. Secara garis besarnya prinsip spektrofotometri serapan atom sama saja dengan

spektrofotometri sinar tampak dan ultraviolet. Perbedaan terletak pada bentuk spektrum, cara pengerjaan sampel dan peralatannya (Rohman, 2007).

### 1. Prinsip Dasar SSA

Prinsip dasar dari SSA adalah metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berbeda pada tingkat energi dasar (ground state). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasnya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron tersebut akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Dalam SSA, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Gunandjar, 1990).

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

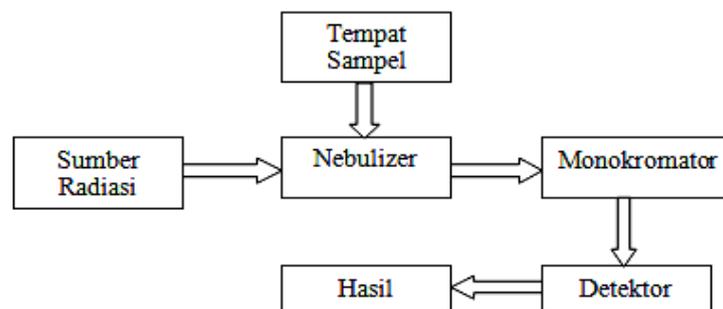
$$E = h\nu$$

Persamaan Maxwell-Boltzmann menyatakan energi yang dibutuhkan/ dilepas suatu atom untuk elektron berpindah ke lintasan orbital tertentu. Intensitas dari

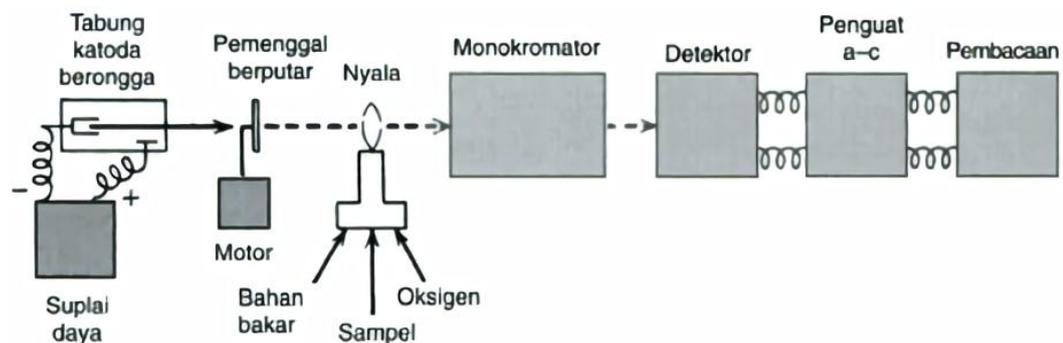
radiasi yang dihasilkan berhubungan dengan konsentrasi awal atom pada tingkat energi dasar (Settle, 1997).

## 2. Sistem Instrumentasi

Instrumentasi spektrofotometer secara sederhana terdiri dari sumber cahaya, dan nebulizer (*atomizer*), monokromator dan detector. Peralatan SSA terdiri dari enam komponen utama, diagram sistematis spektrofotometer serapan atom dapat dilihat pada Gambar 2 dan komponen spektrofotometer serapan atom dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 2.** Diagram Sistematis Spektrofotometer Serapan Atom (Settle, 1997).



**Gambar 3.** Komponen Spektrofotometer Serapan Atom (Underwood, 2002).

Spektrofotometer Serapan atom memiliki komponen-komponen sebagai berikut (Slavin, 1987).

## 2.1 Sumber Sinar

Merupakan sistem emisi yang diperlukan untuk menghasilkan sinar yang energinya akan diserap oleh atom bebas. Sumber sinar haruslah bersifat sumber yang kontinyu. Seperangkat sumber yang dapat memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur yang spesifik tertentu dengan menggunakan lampu pijar *Hollow cathode (HCL)*. *Hollow Cathode Lamp* terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar dari atom-atom katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom-atom tersebut akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu. HCL dapat memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.

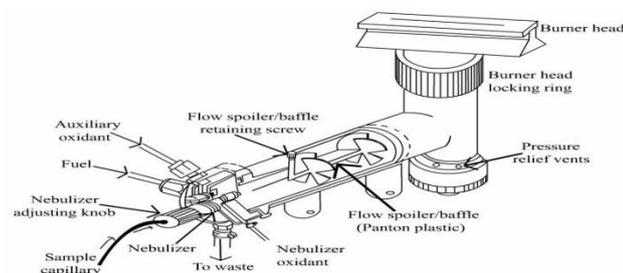
Sumber sinar lain yang sering dipakai yaitu *Electrodes Discharge Lamp (EDL)* merupakan sumber untuk spektrum atom garis dan mempunyai prinsip kerja hampir sama dengan *Hollow Cathode Lamp* tetapi mempunyai *output* radiasi lebih tinggi dan biasanya digunakan untuk analisis unsur-unsur As dan Se, karena lampu HCL untuk unsur-unsur ini mempunyai signal yang lemah dan tidak stabil.

## 2.2 Sumber Atomisasi

Merupakan bagian yang penting karena pada tempat ini senyawa akan dianalisa. Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel disiapkan

dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasa dihasilkan oleh nebulizer (pengabut) yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot (*chamber spray*). Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen, dengan kedua jenis nyala ini kondisi analisis yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode emisi, absorpsi dan juga fluoresensi

Diagram sumber atomisasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.** Sumber Atomisasi (Slavin, 1987).

➤ Nyala udara asetilen.

Biasanya menjadi pilihan untuk analisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Temperatur nyalanya yang lebih rendah mendorong terbentuknya atom netral dan dengan nyala yang kaya bahan bakar pembentukan oksida dari banyak unsur dapat diminimalkan.

➤ Nitrous oksida-asetilen.

Bahan bakar ini dipakai untuk penentuan unsur-unsur yang mudah terbentuk oksida dan sulit terurai. Hal ini disebabkan karena temperatur nyala yang dihasilkan relatif tinggi. Unsur-unsur tersebut adalah Al, B, Mo, Si, So, Ti dan V. Pada sistem pengatoman, unsur-unsur yang akan dianalisa diubah bentuknya dari

bentuk ion menjadi bentuk atom bebas.

Ada beberapa jenis sistem pengatoman yang lazim digunakan pada setiap alat SSA, antara lain :

a) Sistem pengatoman dengan nyala api

Menggunakan nyala api untuk mengubah larutan berbentuk ion menjadi atom bebas. Ada 2 bagian penting pada sistem pengatoman dengan nyala api, yaitu sistem pengabut (nebulizer) dan sistem pembakar (burner), sehingga sistem ini sering disebut sistem burner-nebulizer. Sebagai bahan bakar yang menghasilkan api merupakan campuran dari gas pembakar dengan oksidan dan penggunaannya tergantung dari suhu nyala api yang dikehendaki.

b) Sistem pengatoman dengan tungku grafit

Keuntungan sistem ini jika dibandingkan dengan sistem pengatoman nyala api adalah sampel yang dipakai lebih sedikit, tidak memerlukan gas pembakar, suhu yang ada di burner dapat dimonitor dan lebih peka.

c) Sistem pengatoman dengan pembentukan hidrida

Sistem ini hanya dapat diterapkan pada unsur-unsur yang dapat membentuk hidrida, dimana senyawa hidrida dalam bentuk uapnya akan menyerap sinar dari HCL. Sistem ini biasanya dilakukan dengan mereduksi unsur sehingga menjadi valensi yang lebih rendah, kemudian dibentuk sebagai hidrida. Sistem ini banyak dilakukan untuk analisa unsur-unsur seperti As, Bi dan Se.

d) Sistem pengatoman dengan uap dingin

Sistem ini hanya dilakukan untuk analisa unsur Hg, karena Hg mempunyai tekanan uap yang tinggi, sehingga pada suhu kamar Hg akan berada pada

kesetimbangan antara fasa uap dan fasa cair. Cara menganalisis Hg dengan mereduksi merkuri ( $\text{Hg}^{2+}$ ) menjadi merkuro ( $\text{Hg}_2^{2+}$ ), kemudian uapnya dialirkan secara kontinu ke dalam sel serapan yang ditempatkan diatas burner (tidak dipanaskan) dan penyerapan terjadi karena Hg berbentuk uap.

### 2.3 Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hallow Cathode Lamp*. Selain itu monokromator dimaksudkan untuk memilih panjang gelombang yang akan digunakan dalam analisis.

### 2.4 Detektor

Fungsi detektor adalah mengubah energi sinar menjadi energi listrik, dimana energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendapatkan data. Detektor SSA tergantung pada jenis monokromatornya, jika monokromatornya sederhana yang biasa dipakai untuk analisa alkali detektor yang digunakan adalah *barier layer cell*, tetapi pada umumnya yang digunakan adalah detektor *photomultiplier tube*. Metode SSA sangat tepat untuk analisa zat pada konsentrasi rendah. Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisa dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar. Sensitivitas dan batas deteksi merupakan parameter yang sering digunakan dalam SSA. Keduanya dapat bervariasi dengan perubahan temperatur nyala, dan lebar pita spektra.

## 3 Jenis-Jenis Gangguan SSA

Gangguan-gangguan (*interference*) pada SSA adalah peristiwa-peristiwa yang menyebabkan pembacaan absorbansi unsur yang dianalisis menjadi lebih kecil

atau lebih besar dari nilai yang sesuai dengan konsentrasinya dalam sampel.

Gangguan-gangguan yang dapat terjadi dalam SSA adalah sebagai berikut:

### 3.1 Gangguan Kimia

Biasanya memperkecil populasi atom pada level energi terendah. Gangguan uap terjadi karena terbentuknya senyawa seperti oksida atau klorida, atau karena terbentuknya ion. Gangguan lainnya yaitu terjadi karena senyawa yang sukar menguap atau sukar terdisosiasi dalam nyala. Hal ini terjadi pada nyala ketika pelarut menguap meninggalkan partikel-partikel padat (Harmita, 2006).

Gangguan ini dapat dihindari dengan menggunakan suhu temperatur nyala yang lebih tinggi.

### 3.2 Gangguan Fisika

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

## M. Validasi Metode

Validasi metode adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan penggunaannya. Adapun parameter validasi antara lain sebagai berikut:

### 1. Linieritas

Linieritas merupakan kemampuan metode analisis yang memberikan respon baik secara langsung maupun dengan bantuan transformasi matematika, menghasilkan suatu hubungan yang proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan regresi linier sehingga didapat nilai slope, intersep, dan koefisien korelasi (Harmita, 2006).

### 2. Limit Deteksi dan Limit Kuantifikasi

Batas deteksi atau limit deteksi (LoD) adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan, sedangkan batas kuantifikasi (LoQ) merupakan konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang secara kuantitatif dapat memenuhi kriteria keseksamaan dan kecermatan. Batas deteksi dan batas kuantifikasi dapat dihitung dengan mengukur respon blanko beberapa kali lalu dihitung simpangan blanko, yaitu dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{LOD} = \frac{3 \times S_b}{S_I}$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times S_b}{S_I}$$

Keterangan :

LoD : limit deteksi

LoQ : limit kuantifikasi

Sb : simpangan baku respon analitik dari blanko

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

### 3. Presisi (ketelitian)

Presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedurnya diterapkan secara berulang pada sampel yang diambil (Harmita, 2004). Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 4 kali pengulangan, lalu dari nilai absorbansi tersebut kemudian ditentukan nilai konsentrasi (menggunakan kurva kalibrasi), nilai simpangan baku (SD) serta nilai relatif standar deviasi (RSD) dapat ditentukan presisi yang baik ditunjukkan dengan perolehan simpangan baku relatif (RSD) <15 % (AOAC, 1998). Metode ini dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan :

SD : Standar Deviasi (simpangan baku)

x : Konsentrasi hasil analisis

n : Jumlah pengulangan analisis

$\bar{x}$  : Konsentrasi rata-rata hasil analisis

### 4. Akurasi

Akurasi dinyatakan sebagai persen peroleh kembali (*recovery*) larutan standar yang ditambahkan. Akurasi ini bertujuan untuk mengetahui kedekatan antara

nilai yang diterima sebagai nilai kebenaran dibandingkan dengan nilai yang diperoleh.

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

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

Keterangan :

$C_F$  : Konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran

$C_A$  : Konsentrasi sampel sebenarnya

$C_A^*$  : Konsentrasi analit yang ditambahkan

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2017. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, serta analisis spektrofotometer serapan atom dilakukan di Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung

#### B. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, oven, desikator, ayakan 106  $\mu\text{m}$ , mortar dan alu, neraca analitik ketelitian  $\pm 0,0001$  gram, termometer, botol *polypropylene*, seperangkat alat spektrofotometer serapan atom (shimadzu AA-7000).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan teri kering (*Stolephorus sp.*),  $\text{HNO}_3$  pekat 69%,  $\text{H}_2\text{O}_2$  pekat 30%, kertas saring,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{MnSO}_4$ , dan akuades.

## C. Prosedur Penelitian

### 1. Pembuatan Larutan

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

HNO<sub>3</sub> 69% diambil sebanyak 72,46 mL lalu diencerkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang telah di masukkan sebelumnya sedikit akuades kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

#### 1.2 Larutan Standar Pb 1000 ppm

Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ditimbang sebanyak 0,159 gram lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

#### 1.3 Larutan Standar Cd 1000 ppm

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

#### 1.4 Larutan Standar Cu 1000 ppm

CuSO<sub>4</sub> ditimbang sebanyak 0,25 gram lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

#### 1.5 Larutan Standar Cr 1000 ppm

K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ditimbang sebanyak 0,565 gram lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

#### 1.6 Larutan Standar Mn 1000 ppm

MnSO<sub>4</sub> ditimbang sebanyak 0,275 gram lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL,

dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

## **2. Metode Pengambilan Sampel**

### **2.1 Persiapan Pengambilan Sampel**

Sebelum dilakukan pengambilan sampel, wadah sampel harus di cuci bersih dengan sabun dan dibilas air, kemudian wadah sampel di rendam dengan larutan HNO<sub>3</sub> 5% selama 24 jam, tujuannya untuk menghilangkan kontaminasi logam-logam pada wadah sampel. Selanjutnya proses pengeringan dan penyimpanan dilakukan dalam keadaan tertutup sampai digunakan (Sulistiani, 2009).

### **2.2 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil sampel ikan teri secara langsung di pengasinan Lempasing dan Pulau Pasaran, Teluk Lampung. Sampel ditempatkan dalam wadah polystyrene yang bersih dan bertutup. Jika sampel tidak langsung dianalisa, sampel disimpan dalam suhu ruang sampai saatnya untuk dianalisa (BSN, 2006).

## **3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn**

Sampel ikan teri mula-mula dicuci dan dibilas dengan akuades, kemudian sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 65°C kurang lebih selama 24 jam, lalu sampel digerus dengan mortar dan alu kemudian diayak menggunakan ayakan 106 µm.

Selanjutnya sampel yang telah halus ditimbang dengan neraca analitik digital sebanyak ±5 gram dan dimasukkan ke dalam tabung desruksi kemudian sampel didestruksi dengan

ditambahkan 20 mL larutan  $\text{HNO}_3$  69% dan 10 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% lalu dipanaskan diatas penangas air pada suhu  $60^\circ\text{C}$  -  $70^\circ\text{C}$  selama 2-3 jam sampai larutan jernih kemudian di dinginkan lalu disaring menggunakan kertas saring Whatman no.41. Filtrat yang diperoleh dari sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan larutan  $\text{HNO}_3$  5% sampai tanda batas kemudian dihomogenkan. Filtrat sampel kemudian siap diukur ke dalam Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

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

##### **4.1 Kurva Kalibrasi Timbal**

Larutan standar timbal 1000 ppm dipipet sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, lalu larutan diencerkan dengan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur sampai tanda batas, kemudian larutan dihomogenkan. Hasilnya adalah larutan dengan konsentrasi 10 ppm, selanjutnya dipipet sebanyak 0,1 mL, 0,5 mL, 1 mL, 1,5 mL, dan 2,0 mL, kemudian masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,01 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,15 dan 0,2 ppm. Larutan-larutan standar timbal tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

##### **4.2 Kurva Kalibrasi Kadmium**

Larutan standar kadmium 1000 ppm dipipet sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan diencerkan dengan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur sampai tanda batas kemudian larutan dihomogenkan. Hasilnya adalah larutan

dengan konsentrasi 10 ppm, selanjutnya dipipet sebanyak 0,1 mL, 0,5 mL, 1 mL, 1,5 mL, dan 2,0 mL kemudian masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,01 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,15 dan 0,2 ppm. Larutan-larutan standar kadmium tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom. .

#### 4.3 Kurva Kalibrasi Kromium

Larutan standar kromium 1000 ppm dipipet sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan diencerkan dengan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur sampai tanda batas kemudian larutan dihomogenkan. Hasilnya adalah larutan dengan konsentrasi 10 ppm yang selanjutnya dipipet sebanyak 0,1 mL, 0,5 mL, 1 mL, 1,5 mL, dan 2,0 mL kemudian masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,01 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,15 dan 0,2 ppm. Larutan-larutan standar kromium tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom. .

#### 4.4 Kurva Kalibrasi Tembaga

Larutan standar tembaga 1000 ppm dipipet sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan diencerkan dengan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur sampai tanda batas kemudian larutan dihomogenkan. Hasilnya adalah larutan dengan konsentrasi 10 ppm yang selanjutnya dipipet sebanyak 0,1 mL, 0,5 mL, 1 mL, 1,5 mL, dan 2,0 mL, kemudian masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur

100 mL dan diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,01 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,15 dan 0,2 ppm. Larutan-larutan standar tembaga tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

#### 4.5 Kurva Kalibrasi Mangan

Larutan standar mangan 1000 ppm dipipet sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan diencerkan dengan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur sampai tanda batas kemudian larutan dihomogenkan. Hasilnya adalah larutan dengan konsentrasi 10 ppm yang selanjutnya dipipet sebanyak 0,1 mL, 0,5 mL, 1 mL, 1,5 mL, dan 2,0 mL, kemudian masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,01 ; 0,05 ; 0,1 ; 0,15 dan 0,2 ppm. Larutan-larutan standar mangan tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

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

$$y = a + bx$$

keterangan :

y = Absorbansi sampel

b = *Slope*

x = Konsentrasi sampel

a = *Intersep*

Konsentrasi pengukuran setelah diketahui, maka konsentrasi sebenarnya dari dalam sampel kering dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Siaka,2008).

$$M = \frac{C.V.F}{B}$$

Keterangan :

M = Konsentrasi logam dalam sampel (mg/Kg)

C = Konsentrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi (ppm)

V = Volume larutan sampel (L)

B = Bobot sampel (Kg)

F = Faktor Pengenceran

## 5. Validasi Metode

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

### 5.1 Limit Deteksi (LoD) dan Limit Kuantitasi (LoQ)

Penentuan nilai LoD dan LoQ untuk logam Pb, Cd, Cr, Cu dan Mn diperoleh dari pengukuran sampel masing-masing sebanyak 5 kali pengulangan yang selanjutnya hasil pengukuran diproses dengan metode perhitungan persamaan kurva kalibrasi secara statistik.

### 5.2 Presisi

Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 3 kali pengulangan. Nilai absorbansi yang diperoleh dari hasil analisis tersebut kemudian ditentukan nilai konsentrasi (kurva kalibrasi), lalu nilai simpangan baku (SD) serta nilai

relative standar deviasi (RSD). Metode dengan presisi yang baik ditunjukkan dengan perolehan relatif standar deviasi (RSD) <5 %.

### 5.3 Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan penambahan larutan standar ke dalam larutan sampel. Akurasi dinyatakan sebagai persen peroleh kembali (*recovery*) larutan standar yang ditambahkan. Akurasi ini bertujuan untuk mengetahui kedekatan antara nilai yang diterima sebagai nilai kebenaran dibandingkan dengan nilai yang diperoleh. Persen peroleh kembali dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan berikut (AOAC, 1998):

#### 5.3.1 Uji Perolehan kembali Pb

Sebanyak 0,1 mL larutan standar Pb 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

#### 5.3.2 Uji Perolehan kembali Cd

Sebanyak 0,1 mL larutan standar Cd 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

#### 5.3.3 Uji Perolehan kembali Cu

Sebanyak 0,1 mL larutan standar Cu 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

#### 5.3.4 Uji Perolehan kembali Cr

Sebanyak 0,1 mL larutan standar Cu 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

#### 5.3.5 Uji Perolehan kembali Mn

Sebanyak 0,2 mL larutan standar Mn 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

### 5.4 Linieritas

Uji ini dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi standar dari masing-masing logam dengan lima macam konsentrasi yaitu untuk standar Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn yaitu 0,01; 0,05; 0,1; 0,15 dan 0,2 ppm. Nilai absorbansi kemudian diproses dengan metode kuadrat terkecil untuk selanjutnya dapat ditentukan nilai kemiringan (*slope*), intersep, dan koefisien korelasinya.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

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

1. Hasil analisis rerata kandungan logam Pb pada ikan Legundi sebesar 0,114 ppm, lebih tinggi dibandingkan dengan ikan Sebesi sebesar 0,084 dan ikan teri Selesung sebesar 0,093 ppm. Konsentrasi logam berat Pb pada ketiga sampel ikan masih berada dibawah ambang batas baku mutu logam berat pada ikan yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI-7387-2009) yaitu 0,3 ppm.
2. Hasil analisis rerata kandungan logam Cd pada ikan teri Sebesi sebesar 0,084 ppm, ikan Selesung sebesar 0,084, dan ikan Legundi sebesar 0,087 ppm. Konsentrasi logam berat Cd pada sampel pada ketiga sampel ikan masih berada dibawah ambang batas baku mutu logam berat pada ikan yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI-7387-2009) yaitu 0,3 ppm.
3. Hasil analisis rerata kandungan logam Cu pada ikan teri Sebesi sebesar 0,094 ppm, ikan Selesung sebesar 0,091, dan ikan Legundi sebesar 0,096 ppm. Konsentrasi logam berat Cu pada sampel pada ketiga sampel ikan masih berada dibawah ambang batas baku mutu logam berat pada ikan yang ditetapkan oleh BPOM No.03725/B/SK/89 yaitu 5 ppm.

4. Hasil analisis rerata kandungan logam Cr pada ikan teri Sebesi sebesar 0,084 ppm, lebih tinggi dibandingkan dengan ikan Selesung sebesar 0,063, dan ikan Legundi sebesar 0,077 ppm. Konsentrasi logam berat Cr pada sampel pada ketiga sampel ikan masih berada dibawah ambang batas baku mutu logam berat pada ikan yang ditetapkan oleh BPOM No.03725/B/SK/89 yaitu 2,5 ppm.
5. Hasil analisis rerata kandungan logam Mn pada ikan teri Sebesi sebesar 0,084 ppm, lebih tinggi dibandingkan dengan ikan Selesung sebesar 0,123, dan ikan Legundi sebesar 0,081 ppm. Konsentrasi logam berat Mn pada sampel pada ketiga sampel ikan masih berada dibawah ambang batas baku mutu logam berat pada ikan yang ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (SNI-06.6989.04.2009) yaitu 5 ppm.

## **B. Saran**

Keberadaan logam berat Pb, Cd, Cu, Cr, dan Mn pada ikan memiliki dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Untuk selanjutnya perlu dilakukan pengawasan yang lebih ketat terhadap produk makanan yang beredar di masyarakat, serta perlu adanya penelitian keberadaan logam berat di perairan Teluk Lampung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S, D. 1995. *Pakan Ikan Alami*. Kanisius. Yogyakarta.
- Adawyah, rabiatul. 2008. *Pengolahan dan Pengawetan Ikan*. Edisi Pertama. PT. Bumi Aksara. Jakarta.
- Andreas, Josef W. 2011. *Analisis Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Teri Kering (Stolephorus spp.) dan Ikan Asin Tenggiri (Scomberomus sp.) di Muara Angke dengan Spektrofotometri Serapan Atom (Skripsi)*. UI. Depok.
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2008. *Toxicological Profile for Chromium*. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta.
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2012. *Toxicological Profile for Cadmium*. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta
- AOAC. 1998. *Peer Verified Methods Program, Manual on Polices and Procedures*. North Frederick Avenue. Gaithersburg.
- AOAC. 1998. *Peer Verified Methods Program, Manual on Polices and Procedures*. Arlington, VA. USA.
- Aypa, SM. 1990. *Mussel Culture: Regional Seaforming Development and Demonstration*. National Inland Fisheries Institute. Bangkok.
- Arya Wardana, Wisnu. 2001. *Dampak Pencemaran Llingkungan*. Penerbit Andi Ofset. Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SK Dirjen BPOM No. 03725/B/SK/VII/89. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. SNI *Penetapan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Peroduk Perikanan*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 06.6989.04:2009. *Batas Maksimum*

- Cemaran Logam Berat Dalam Pangan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 7387:2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan*. BSN. Jakarta.
- Bewers, J.M., R.A. Duce, T.D. Jicklelis, P.S. Lies, J.M. Miller, A.L. Windom, and R. Wollast. 1990. *Land to Ocean Transport of Contamination :Comparisson of River and Atmospheric Fluxes*. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 114, 2 : 417-446.
- Brand, S.J. 1989. *The Taxonomicon*. Universal Taxonomic Services. The Netherlands. Zwaag.
- Connel dan Miller, 1995, *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*, diterjemahkan oleh Koestoer, S., hal. 419, Indonesia University Press, Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam)* UI Press. Jakarta.
- Demirel, S., Tuzen, Saracoglu, dan Suylak. 2008. Evaluation of Various Digestion Procedures for Trace Element Contents of Some Food Materials. *Journal of Hazardous Materials*. 1020-1026.
- Dinis, M. dan Antonio, F. 2011. *Explosure Assessment to Heavy Metals In the Environment. Measures To Eliminate or Reduce the Exposure To Critical Receptors*.
- Dreisbach, R. H dan Robertson, W. O. 1994. *Handbook of Poisoning Prevention, Diagnosis and Treatment*. United State of America. Prentice-Hall Internatioal, Inc.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air danudara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Fauzi, R. 2012. *Penerapan Sanitasi Dan Higiene Pedagangan Di Pasar Tradisional Kabupaten Purworejo*. Fakultas pertanian, Universitas Gadjahmada. Yogyakarta.
- Forstner, U. & Wittman, G.T.W. 1983. *Metal Pollution In The Aquatic Environment*. Berlin, Heidelberg, Springer- Verlag. Germany.

- FAO/WHO. 2004. *Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives JECFA (1956-2003)*. ILSI Press International Life Science Institute. Washington.
- Gabriel, J. F. 2001. *Fisika Lingkungan*. Cetakan Pertama. Penerbit Hipokrates Jakarta.
- GESAMP. 1985. Cadmium, Lead, and Tin in the Marine Environment. *Reports and Studies No. 22*. 122p
- Gunandjar. 1985. *Diktat Kuliah Spektrofotometer Serapan Atom*. PPNY BATAN. Yogyakarta.
- Harmita. 2004. *Buku Ajar Analisis Fisikokimia*. UI Press. Jakarta.
- Helfinalis. 2000. *Aspek Oseonografi Bagi Peruntukan Lahan di Wilayah Pantai Teluk Lampung*. PPLO-LIPI. Jakarta.
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat: Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. P3O-LIPI. Jakarta
- Hutomo, M., Burhanuddin, A. Djamalidan S. Martosewojo. 1987. *Sumberdayakan Teri di Indonesia. Proyek Studi Potensi Sumberdaya Laut*. Pusat Penelitiandan Pengembangan Oseanologi – LIPI. Jakarta. 80 hal.
- IARC. 1990. Chromium and Certain Chromium Compounds. *In: IARC Monographs on The Evaluation of The Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*. Chromium, Nickel, and Welding. IARC monographs, Vol. 49. Lyon, France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer.
- IARC. 1993. Cadmium and Certain Cadmium Compounds. *In: IARC Monographs on The Evaluation of The Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in The Glass Manufacturing Industry. IARC monographs, Vol. 58. Lyon, France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer, 119-236.
- Keputusan Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan Nomor : 0375/B/SK/VII/89 *Tentang Batas Maksimal Cemaran Logam dalam Makanan*.
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. Kep-51/MNKLH/I/2004 Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Koestoer, Y. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi pencemaran*, Terjemahan dari

- Chemistry and Ecotoxicology of pollution oleh D.W. Connel, UI Press. Jakarta.
- Kristianingrum. 2011. *Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel dan Efeknya*. UNY. Yogyakarta.
- Kusnopranto, H. 2006. *Toksikologi Lingkungan, Logam Toksik dan Berbahaya*. FKM-UI Press dan Pusat Penelitian Sumber Daya Manusia dan Lingkungan. Jakarta.
- Kusuadi. 2005. *Mussel Farming in the State of Sarawak, Malaysia: a Feasibility Study*. Thesis. The united nations university. Malaysia.
- Lovatelli A. 1988. Site selection for mollusc culture. *Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA), NACA-SF/WP/88/8*. Bangkok: National Inland Fisheries Institute, Kasetsart University Campus Bangkok.
- Lu, C.F. 1995. *Toksikologi Dasar*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Marganof. 2003. *Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan*. ITB Press. Bandung
- Michael, P. 1994. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium*. UI Press. Jakarta.
- Noor, NM. 2014. Prospek Pengembangan Usaha Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Pulau Pasaran, Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Sumberdaya Perairan*. 241-242.
- Notanubun, J. W. 2010. Perbedaan Penggunaan Intensitas Cahaya Lampu terhadap Hasil Tangkapan Bagan Apung di Perairan Selat Rosernberg Kabupaten Maluku Tenggara Kepulauan Kei (Skripsi). UNSRAT.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company Ltd. Philadelphia.
- Palar, H. 1994. *Toksikologi dan Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Palar, H. 2005. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta
- Pariwono, J.I. (1998) *Kondisi Oseanografi Perairan Pesisir Lampung, Proyek Pesisir Publication, Techical Report (Te-99/12-1) Coastal Research Center*. Universitas Of Rhode Island. Jakarta.
- Petrucci, Ralph H. 1987. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.

- Rahde, A.F. 1991. *Lead Inorganic*. IPCS INCHEM. pp 1 – 24.
- Rai, L. C., Gaur, J. P., Jumar, H. D. 1981. *Phycology and Heavy-Metal Pollution*. Biol Rev. 56: 99-151
- Razak H. 1980. *Pengaruh logam berat terhadap lingkungan*. Pewarta Oseana : 2. LON-LIPI. Jakarta.
- Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis.*, Pustaka Pelajar Universitas Islam Indonesia. Jakarta. Hal. 298.
- Schiavon, M. E. A. H. Pilon. Smits, M. Witz, R. Hell and Malagoli. 2008. Interactions Between Chromium And Sulfur Metabolism In Barassica Juncea. *Journal Of Environmental Quality*. 37 : 1536-1545.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques For Analytical Chemistry*. Prentice-Hall. New Jersey. Hal: 374.
- Skoog. D. A., Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2000. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Hardcover: 992 pages, Publisher: Brooks Cole.
- Slavin, M. 1987. *Atomic Absorption Spectroscopy Second Edition*. New York. USA.
- Sivalingam, P.M. 1977. Aquaculture of Green Mussel *Mytilus Viridis* in Malaysia. *Aquaculture*. 297-312.
- Stoeppler, M. 1992. *Hazardous Metals in the Environment*. Elsevier Science. Publishers B.V. 2. London.
- Sunarya, Y. 2007. *Kimia Umum*. Grafiindo. Bandung.
- Svehla. 1985. *Analisis Kualitatif Anorganik Makro dan SemiMikro*. Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Tarigan, Z. 1990. Prinsip Dasar Metoda Analisa Atomic Absorption Spectrophotometer. *Majalah Semi Populer*, vol. 14. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Ambon.
- Underwood, E.J. and N.F. Shuttle. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*. CABI Publishing. Third ed. London. England. pp. 185 – 212.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 23 Tahun 1997. *Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Vandecasteele, C., dan C.B. Block. 1993. *Modern Methods for Trace Element Determination*. John Wileyand Sons Inc. 94. England.

- Verawati. 2016. *Analisis Kualitas Air Laut Di Teluk Lampung*. (Tesis). Fakultas Teknik Sipil Universitas Lampung.
- Wallace, C. 1985. Reproduction, Recruitment and Fragmentation in Nine Sympatric Species of the Coral Genus *Acropora*. *Marbiol.* 217-233.
- Welz, B. dan Michael S. 2005. *Atomic Absorption Spectrometry. Third Completely Revised Edition*. WILEY-VCH. New York.
- Widowati., Sastiono., Jusuf., 2008. *Efek Toksik Logam : Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Wijayanti. M. H. 2007. *Kajian Kualitas Perairan Di Pantai Kota Bandar Lampung Berdasarkan Komunitas Hewan Makrobenthos*. TESIS. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro Semarang.
- Wiryan, B., B. Marsden, H.A., Susanto, A.K. Mahi., M. Ahmad., H. Poespitasari. 1999. *Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir Lampung*. Pemda Tk 1 Lampung-CRMP Lampung.