

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

(Skripsi)

Oleh

FERA LASRIAMA MANALU



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

ABSTRACT

STUDY OF HEAVY METAL CONTENTS LEAD (Pb), KADMIUM (Cd), CROMIUM (Cr), COPPER (Cu), AND MANGAN (Mn) ON SEAWEED (*sargassum* sp.) IN COASTAL LAMPUNG BAY WITH ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY

By

Fera Lasriama Manalu

Seaweed on the coast of Lampung is still used as raw materials in food both in the form of food and cosmetics but in addition to beneficial in terms of seaweed economy has the ability to absorb a heavy metals that can be used as bioindicators in environmental pollution. In this study seaweed *sargassum* sp. at Coast of Lampung Bay which determined the level of heavy metal. It was determined by using the atomic absorption spectrophotometer. The analysis result shows that metal concentration in coastal lampung bay is between 0,1147 – 0,1333 ppm of Pb, 0,1053 – 0,1333 ppm of Cd, 0,1173 – 0,1730 ppm of Cr, 0,3 ppm of Cu and 1,6890 – 2,0800 ppm of Mn. The validation methods on determining of heavy metal to the sampel shows the linear standar curve with good correlation coefficient values exceeding 0.9950, the sample concentration of each metal exceeds the detection limit and the the quantization limit, so that the measurement result was reliable. The precision value with the standard deviation value < 5% and the recovery value falls within the range of 80-110%. The concentration of any heavy metals in this study are under the heavy metal standar in seaweed that was established by BPOM and WHO. It was still under standar. It shows that the *sargassum* sp. seaweed has been contaminated by heavy metal and may cause the potential to accumulate in the human body when consumed in the long term.

Keyword : study of heavy metal contents, Pb, Cd, Cr, Cu, and Mn metals,
sargassum sp. seaweed, coastal lampung bay, atomic absorption
spectrophotometry.

ABSTRAK

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

Oleh

Fera Lasriama Manalu

Rumput laut di pesisir lampung masih di jadikan bahan baku dalam pangan baik dalam bentuk makanan dan kosmetik namun selain bermanfaat dalam segi ekonomi rumput laut memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat sehingga dapat di jadikan bioindikator dalam pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini rumput laut *sargassum* sp. di pesisir Teluk Lampung ditentukan kadar logam beratnya. Logam berat ditentukan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Hasil analisis menunjukkan konsentrasi logam di pesisir Teluk Lampung yaitu logam Pb antara 0,1147 – 0,1333 ppm, logam Cd antara 0,1053 – 0,1333 ppm, logam Cr antara 0,1173 – 0,1730 ppm, logam Cu rerata 0,3 ppm dan logam Mn antara 1,6890 – 2,0800 ppm. Validasi metode pada penentuan logam berat dalam sampel menunjukkan liniernya kurva standar dengan nilai koefisien korelasi (r) yang baik yaitu melebihi 0,9950, konsentrasi sampel setiap logam melebihi batas deteksi (LoD) dan batas kuantitasi (LoQ) sehingga hasil pengukuran dikatakan dapat dipercaya, nilai presisi dengan nilai relative standar deviasi (RSD) < 5 % dan nilai perolehan kembali (*recovery*) masuk dalam rentang antara 80-110%. Konsentrasi setiap logam berat dalam penelitian ini masih berada di bawah baku mutu logam berat dalam rumput laut yang telah ditetapkan oleh BPOM dan WHO. Walaupun masih di bawah baku mutu, halis ini menandakan rumput laut *Sargassum* sp. Telah terkontaminasi logam berat dan dapat menimbulkan potensi terakumulasi pada tubuh manusia apabila dikonsumsi dalam jangka panjang.

Kata kunci : kajian kandungan logam berat, logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn, rumput laut *sargassum* sp., pesisir teluk lampung, spektrofotometri serapan atom (SSA).

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

Oleh

Fera Lasriama Manalu

Skripsi

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

Pada

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



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

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

Nama Mahasiswa : **Fera Tasriama Manalu**

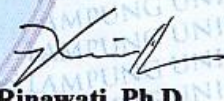
No. Pokok Mahasiswa : 1317011025

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




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


Rinawati, Ph.D.
NIP 19710414 200003 2 001


2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA


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

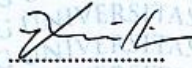
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

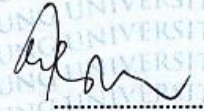
Ketua : Diky Hidayat, M.Sc.



Sekretaris : Rinawati, Ph.D.

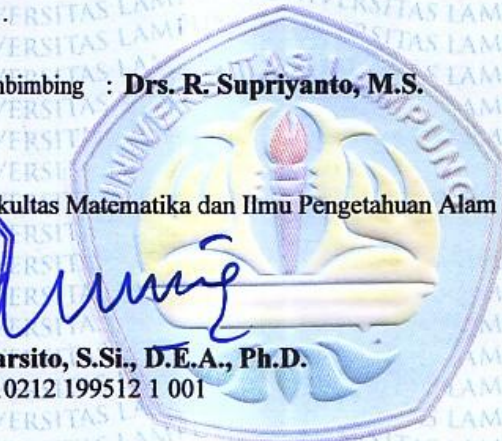


**Penguji
Bukan Pembimbing : Drs. R. Supriyanto, M.S.**



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 : 26 Oktober 2017

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 13 Februari 1996 Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung. Anak ketiga dari lima bersaudara, buah kasih sayang pasangan Bapak St.Bongitan Manalu dan Ibu Nurhaidah br.Parapat. Penulis menamatkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 6 kelapa 7 Kotabumi pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 7 Kotabumi pada tahun 2010 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Abung Selatan Kabupaten Lampung Utara pada tahun 2013. Penulis diterima di Universitas Lampung melalui jalur undangan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2013.

Selama menjadi mahasiswa Kimia Universitas Lampung, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung sebagai Anggota Bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi (KPO) selama 2 periode kepengurusan dan aktif melayani dalam Persekutuan Oikumene Mahasiswa MIPA (POMMIPA). Penulis juga pernah meraih kejuaraan olimpiade Kimia yang diselenggarakan Pertamina dengan meraih juara 3 Se-Sumatera bagian Selatan (sesumbagsel) pada tahun 2014, penulis juga pernah menjadi asisten Praktikum Kimia Dasar untuk

Mahasiswa S1 Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Lampung tahun 2016, asisten Kimia Analitik 1 untuk Mahasiswa S1 Kimia Fakultas MIPA Universitas Lampung tahun 2016, asisten Kimia Analitik 2 untuk Mahasiswa S1 Kimia Fakultas MIPA Universitas Lampung tahun 2017, asisten Kimia Dasar untuk Mahasiswa S1 Kimia Fakultas MIPA Universitas Lampung tahun 2017 dan asisten Cara-Cara Pemisahan untuk Mahasiswa S1 Kimia Fakultas MIPA Universitas Lampung 2017. Pada tahun 2015 penulis menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) yang berjudul "*Penentuan Kadar Air dan Uji Visual Bahan Ekspor Biji Kopi Robusta Di Balai Pengawasan dan Sertifikasi Mutu Barang Provinsi Lampung* " dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gaya Baru 6 Kecamatan Seputih Surabaya Kabupaten Lampung Tengah.

*Tuhan adalah kekuatan dan perisaiku kepadaNya hatiku percaya,
aku tertolong sebab itu beria-rialah hatiku dan dengan nyanyianku
aku bersyukur kepadaNya. (mazmur 28 : 7)*

*Learn from the mistakes in the past, try by using a different way, and
always hope for a successful future (Anonim)*

*Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya; hidup di tepi jalan
dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah.
(Abu Bakar Sibli)*

*Belajar dari kesalahan dan penyesalan di masa lalu sebagai senjata
untuk masa depan agar tidak terjadi kesalahan lagi
(Fera Lasriama Manalu)*

PERSEMBAHAN

*Segala Puji dan Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus
Kupersembahkan Karya sederhanaku ini Teruntuk*

*Kedua Orang tuaku,
Bapak St. Bongitan Manalu dan
Ibu Nurhaidah br. Parapat yang telah memberikan
rasa kasih saayang, cinta, pengorbanan, serta do'a
indah untukku.
Terima kasih kalianlah inspirasi dan motivatorku
selama ini.*

Seluruh keluarga besarku, teman dan sahabatku

Seseorang yang kelak akan mendampingi hidupku

*Alamamater tercinta
Universitas Lampung*

SANWACANA

Segala Puji Syukur dan Kemuliaan hanya bagi Tuhan Yesus Kristus yang oleh segala limpahan anugerah, kasih dan karunia-Nya penulis dapat menikmati setiap proses penyusunan skripsi ini hingga selesai. Skripsi ini berjudul

Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Tembaga (Cu), dan Mangan (Mn) pada Rumput Laut (*Sargassum sp.*) di Pesisir Teluk Lampung Secara Spektrofotometri Serapan Atom.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari pihak-pihak lain. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang tulus kepada:

1. Bapak Diky Hidayat, M.Sc., selaku Pembimbing Pertama dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan banyak ilmu, waktu, nasihat, semangat, kritik, saran, serta kesabaran dalam membimbing penulis dari proses perencanaan, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi.
2. Ibu Rinawati, Ph.D., selaku Pembimbing Kedua yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran, bersedia membagi ilmu dan waktu nya,

kritik dan juga saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

3. Bapak Drs. R. Supriyanto, M.Si., selaku Pembahas yang telah memberikan kritik, saran dan juga ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Prof. Warsito, .E.A., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Eng Suropto Dwi Yuwono selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Seluruh dosen FMIPA terkhusus dosen Jurusan Kimia yang telah bersedia mendidik dan membagi ilmu nya selama penulis menjalani perkuliahan.
7. Staff Jurusan Kimia terutama Pak Gani, Mbak Nora, Mas Nomo, Mas Udin, Mbak Iin, Mbak Liza dan Uni Kidas yang telah memberi bantuan selama penulis menjalankan perkuliahan dan penelitian.
8. Kedua Orang Tua yang sangat aku cintai. Bapak dan Ibu yang tidak pernah berhenti mendoakan ku hingga saat ini, membiayai, mendukung dalam segala hal, memberikan perhatian nya, memberikan kasih sayang nya dan dengan sabar menantikan kelulusan ku.
9. Saudara kandung ku (Bripka Henri Halomoan Manalu, Oktarina Manalu, S.E., Mei Krisdayanti Manalu dan Andrew Deo Gratias Manalu) terimakasih telah memberikan doa dan semangat selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
10. Kelompok kecil Butterfly (Jelita P. sarionsong, S.Si (kak tata) Melani Pakpahan, S.Si. (kak melani), Dewi rumondang C.P.S, S.Si., Yunitri sianturi,

S.Si., Veronica netty K.M., S.Si.) terimakasih untuk persahabatan, dukungan, dan segala bentuk nasihatnya selama menjalani perkuliahan. Terimakasih telah menemani disaat senang maupun sedih dan tidak pernah lelah menasehatiku yang banyak kekurangan ini. Semoga semua tidak berakhir disini.

11. Kelompok kecil Phileo (Nova, Friska, Pebrina, Alpionika, dan Ade ivo) terimakasih untuk mendoakan dan mendukung penyusunan skripsi.
12. Persekutuan Oikumene Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (POM MIPA) Universitas Lampung, terimakasih untuk kekeluargaan dan telah menjadi tempat pendalaman iman selama penulis menjalani perkuliahan.
13. Tim penelitian Pak Diky Hidayat, M.Sc., (Riski Rahmadani, S.Si., Anita Sari, S.Si., dan Yuvica Oktaviana Putri) terimakasih selalu membantu, menyemangati, menasehati, dan menyarankan dalam penelitian penulis.
14. Teman-teman peer group Kimia Analitik (Mba Febita, lulu, paul, dicky, eky, oci, nurma, rian amha, dian, tika, dan uut,) terimakasih untuk memberikan bantuan dan semangat dalam penyusunan skripsi.
15. Teman-Teman Chetir (Chemistry thirteen) terimakasih untuk segala bantuan dan kekeluargaan selama menjalani perkuliahan. Semoga tetap kompak.
16. Teman – teman HIMAKI (Himpunan Mahasiswa Kimia) terimakasih untuk pengalaman dalam berorganisasi dan kebersamaan kepengurusan.
17. Kakak tingkat 2009-2012 dan adik tingkat 2014-2015 terimakasih atas segala bantuan dan semangat nya untuk penulis.

18. Seseorang yang terkasih (Kornelius Siahaan) terimakasih untuk semangat, bantuan, nasehat, dan penguatan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
19. Teman-teman KKN tematik Universitas Lampung Periode Juli 2016 (kak Nyoman, Alif, Ijal, Heru, Wibi, dan Dini) Desa Gaya Baru 6, Seputih Surabaya, Lampung Tengah. Pak Lurah, Bu Lurah, Puput dan masyarakat Gaya Baru 6 terimakasih untuk bantuan, kebersamaan, pengalaman dan semangat nya selama menjalani KKN.
20. Mantan Kosan Wisma Dewi (Ka Shella, Ka Marlina, Ka Jenifer, Ka Ruli, Ka Nindi, Ka Paul, Warni, Pebri) terimakasih untuk bantuan, nasehat dan keceriaan selama tinggal bersama penulis.
21. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang secara tulus dan ikhlas telah memberikan dukungan moril maupun materil kepada penulis.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi semua pihak.

Penulis

Fera Lasriama Manalu

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Manfaat penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Profil Perairan Teluk Lampung dan Pantai Sebalang.....	5
B. Pencemaran Perairan Teluk Lampung.....	8
C. Rumput Laut	9
D. Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Rumput Laut	13
E. Pengaruh Logam Berat Terhadap Rumput Laut.....	14
F. Logam Berat	14
1. Timbal (Pb)	15
2. Kadmium (Cd)	17
3. Tembaga (Cu)	18
4. Kromium (Cr).....	19
5. Mangan (Mn)	20
G. Spektrofotometri Serapan Atom	22
1. Bagian-Bagian Instrumen SSA	22
2. Prinsip Dasar SSA.....	27
3. Jenis-jenis Gangguan pada SSA	29
H. Validasi Metode.....	31
1. LoD (<i>limit of detection</i>) dan LoQ (<i>limit of quantification</i>).....	31
2. Presisi	32
3. Akurasi	33
4. Linieritas	34

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
B. Alat dan Bahan	35
C. Prosedur Kerja	36
1. Pembuatan Larutan	36
1.1 Larutan HNO ₃ 5%	36
1.2 Larutan Standar Pb 1000 ppm.....	36
1.3 Larutan Standar Cd 1000 ppm	36
1.3 Larutan Standar Cr 1000 ppm.....	36
1.4 Larutan Standar Cu 1000 ppm.....	36
1.5 Larutan Standar Mn 1000 ppm	37
2. Metode Pengambilan Sampel	37
2.1 Persiapan Pengambilan Sampel	37
2.2 Pengambilan Sampel.....	37
3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn.....	38
4. Pembuatan Kurva Kalibrasi	39
4.1 Kurva Kalibrasi Timbal	39
4.2 Kurva Kalibrasi Kadmium.....	40
4.3 Kurva Kalibrasi Kromium	40
4.4 Kurva Kalibrasi Tembaga.....	40
4.5 Kurva Kalibrasi Mangan.....	41
5. Validasi Metode	42
5.1 Linieritas	41
5.2 LoD(<i>limit of detection</i>) dan LoQ (<i>limit of quantification</i>).....	43
5.3 Presisi.....	42
5.4 Akurasi.....	43
5.4.1 Uji Perolehan Kembali Pb	44
5.4.2 Uji Perolehan Kembali Cd.....	44
5.4.3 Uji Perolehan Kembali Cr.....	44
5.4.4 Uji Perolehan Kembali Cu.....	44
5.4.5 Uji Perolehan Kembali Mn.....	45

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi dan Pengambilan Sampel	46
B. Preparasi Sampel	47
C. Kondisi Optimum Alat	49
D. Kandungan Logam Berat dalam Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp. di Pesisir Teluk Lampung	50
E. Validasi Metode	55
1. Linieritas	56
2. LoD (<i>limit of detection</i>) dan LoQ (<i>limit of quantification</i>).....	57
3. Presisi.....	59
4. Akurasi.....	61

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	62
B. Saran	63

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kualitas Air di Perairan Teluk Lampung.....	7
2. Kisaran Level BOD, COD, dan pH Limbah Industri dari Tahun 1995-1998	9
3. Hubungan Konsentrasi dengan RSD.....	33
4. Nilai Persen <i>Recovery</i> Berdasarkan Nilai Konsentrasi Sampel	34
5. Kondisi Instrumen Spektrofotometer Serapan Atom.....	49
6. Nilai LoD dan Nilai LoQ Logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn.....	58
7. Nilai SD dan RSD Logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn pada Rumput Laut <i>sargassum</i> sp.	59
8. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn dalam Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp.	61
9. Hasil Perhitungan Berat Garam Logam	70
10. Absorbansi Logam Pb dan Cd pada Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp.	76
11. Absorbansi Logam Cr dan Cu pada Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp.	77
12. Absorbansi Logam Mn pada Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp.	78
13. Nilai SD dan RSD Logam Pb.....	80
14. Nilai SD dan RSD Logam Cd	80
15. Nilai SD dan RSD Logam Cr.....	81
16. Nilai SD dan RSD Logam Cu	81

17. Nilai SD dan RSD Logam Mn	82
18. Nilai Persen Perolehan Kembali (<i>Recovery</i>) Logam Pb	84
19. Nilai Persen Perolehan Kembali (<i>Recovery</i>) Logam Cd.....	84
20. Nilai Persen Perolehan Kembali (<i>Recovery</i>) Logam Cr	85
21. Nilai Persen Perolehan Kembali (<i>Recovery</i>) Logam Cu.....	85
22. Nilai Persen Perolehan Kembali (<i>Recovery</i>) Logam Mn.....	86
23. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Pb	88
24. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cd.....	88
25. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cr	88
26. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cu.....	89
27. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Mn.....	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pencemaran di Pesisir Teluk Lampung Akibat Limbah Domestik.....	8
2. Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp	11
3. Spektrofotometer Serapan Atom	22
4. Skema <i>Electrodless Dischcarge Lamp</i>	24
5. Skema <i>Hallow Cathode Lamp</i>	24
6. Skema Sumber Atomisasi	25
7. Lokasi Pengambilan Sampel Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp. di Pantai Sebalang Teluk Lampung	38
8. Konsentrasi Setiap Logam Berat pada Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp. di Pesisir Teluk Lampung.....	51
9. Kurva Kalibrasi Setiap Logam Berat pada Rumput Laut <i>Sargassum</i> sp. di Pesisir Teluk Lampung	56

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perairan laut Indonesia menyimpan potensi sumber daya hayati yang melimpah, salah satunya di wilayah pesisir Teluk Lampung dengan ibu kota Bandar Lampung yang memiliki luas perairan seluas 161.178 ha. Teluk Lampung merupakan Teluk terbesar di pulau Sumatera dan provinsi Lampung merupakan provinsi paling selatan di pulau Sumatera. Kota Bandar Lampung terletak pada posisi $5^{\circ}20'LS$ - $5^{\circ}30'LS$ dan $105^{\circ}28'BT$ - $105^{\circ}37'BT$ dan posisis geografis pesisir Teluk Lampung terletak antara $5^{\circ}25'$ - $5^{\circ}59'LS$ dan $104^{\circ}56'$ - $105^{\circ}45'$ BT (Helfinalis, 2000).

Secara umum wilayah pesisir sebagai daerah pertemuan antara daratan dan lautan. Wilayah pesisir Teluk Lampung adalah wilayah yang memiliki potensi sumber daya alam yang cukup besar seperti rumput laut. Rumput laut merupakan *makro algae* yang termasuk dalam divisi *Thallophyta* yaitu tumbuhan yang mempunyai struktur tubuh yang tidak bisa di bedakan antara batang, daun, dan akar. Rumput laut dikenal dengan kualitasnya yang baik dan diminati oleh industri karena mengandung sumber karagenan (tepung rumput laut), agar-agar, dan *alginate*. Selain dari manfaat yang telah di tuliskan, rumput

laut juga digunakan sebagai pemanfaatan modern pada bidang pengendalian pencemaran. Rumput laut ditemukan dapat membersihkan polutan yang cukup efektif dari pembuangan limbah industri seperti logam berat. Senyawa-senyawa kimia yang mencemari perairan ini dapat menyebabkan *eutrofikasi* yaitu kelebihan produksi yang tidak sehat dari sebuah ekosistem. Peneliti Eropa mengungkapkan rumput laut sebagai bioabsorben hingga 95% yang mampu menyerap logam berat dalam air yang dibuang dari industri (Sahat, 2013).

Pencemaran air terhadap lingkungan dapat menyebabkan dampak yang membahayakan yang dapat di rasakan oleh makhluk hidup. Pencemaran yang bersumber dari alam tidak sebanding besarnya dengan pencemaran yang berasal dari manusia, hal ini di karenakan bertambahnya populasi manusia khususnya pada kota Bandar Lampung dan sekitarnya. Hasil kegiatan manusia merupakan faktor utama penyebab pencemaran lingkungan seperti limbah industri, limbah domestik serta limbah sarana rekreasi dan pariwisata yang berada sepanjang garis pantai wilayah pesisir Teluk Lampung yang semuanya terakumulasi bermuara di perairan laut. Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri menjadi penyebab pencemaran lingkungan yang sangat besar karena dalam industri, limbah yang dihasilkan dalam skala besar.

Salah satu bahan pencemar yang cukup mengkhawatirkan yang terjadi adalah logam berat seperti Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn. Pada tingkat kadar yang rendah beberapa logam berat umumnya dibutuhkan oleh organisme hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Namun sebaliknya pada kadar yang tinggi, logam berat berubah sifat menjadi racun (Philips, 1980). Keberadaan

logam berat dalam perairan akan sulit mengalami degradasi, logam berat akan mengendap di dasar perairan yang mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun dan logam berat akan terakumulasi ke dalam tubuh organisme biota laut dengan proses bioakumulasi dan biomagnifikasi (Darmono, 2001).

Salah satu bioindikator pencemaran di lingkungan perairan yaitu dengan analisis kandungan logam berat yang terakumulasi di dalam biota air di perairan seperti rumput laut. Rumput laut sebagai bioindikator pencemaran yang efisien untuk menduga pencemaran logam berat dan penggunaan rumput laut sebagai bahan dasar maupun komposisi dari produk makanan, kecantikan dan obat-obatan sangat perlu diketahui besarnya konsentrasi logam berat yang terakumulasi. Hal ini dilakukan sebagai bentuk pemantauan dalam menjamin keamanan konsumsi bagi masyarakat dan pencemaran lingkungan.

Kadar logam berat Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn dapat dianalisis dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA) teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi unsur logam dengan konsentrasi yang spesifik dan preparasi sampel dengan teknik destruksi basah (Sattle, 1997). Informasi mengenai kadar logam berat pada rumput laut khususnya di wilayah pesisir Teluk Lampung masih sangat terbatas. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian adalah sebagai berikut :

1. Untuk menentukan kadar logam berat Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn pada jenis rumput laut *sargassum* sp.di pesisir Teluk Lampung dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA).
2. Untuk mengetahui tingkat pencemaran logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn pada jenis rumput laut *sargassum* sp.di pesisir Teluk Lampung.

C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi mengenai pencemaran logam berat Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn pada jenis rumput laut *sargassum* sp. di wilayah pesisir Teluk Lampung dan dijadikan masukan bagi pemerintah kota dan daerah, industri serta masyarakat dalam mengelola kegiatan industri yang berwawasan lingkungan serta sebagai bahan peneliti selanjutnya dalam meneliti pencemaran logam berat pada jenis rumput laut yang lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Profil Pesisir Teluk Lampung

Provinsi Lampung terletak paling selatan di pulau Sumatera memiliki luas total wilayah daratan 127.902 ha dan perairan 161.178 ha. Perairan Lampung meliputi perairan samudera di sebelah barat dan baratdaya, perairan Teluk Lampung dan Teluk Semangka di bagian selatan dan perairan pantai timur di sebelah timur wilayah Lampung. Perairan Teluk Lampung yang secara geografis terletak pada posisi antara $5^{\circ}25'-5^{\circ}59'LS$ dan $104^{\circ}56'-105^{\circ}45'BT$ yang memiliki potensi sumber daya alam yang cukup besar, tidak hanya itu saja wilayah ini juga telah mengalami perubahan fungsional yang dapat memberikan manfaat dan sumbangan yang besar dalam meningkatkan taraf hidup masyarakat melalui peningkatan devisa negara seperti pelabuhan besar dan industri yang dimiliki oleh provinsi Lampung diantaranya pelabuhan panjang dan pelabuhan bakauheni, industri batubara, bukit asam dan pelelangan ikan lempasing.

Nilai strategis wilayah pesisir Teluk Lampung adalah lokasi geografisnya sebagai pintu gerbang antar pulau Sumatra dan Jawa, serta dari sisi pertahanan sebagai calon pusat armada barat TNI-AL. Berdasarkan kondisi wilayah dan nilai strategis kawasan, maka terdapat cukup alasan untuk memberikan status sebagai

kawasan strategis provinsi pada wilayah pesisir Teluk Lampung. Aktivitas perekonomian yang mengkonversi lahan pesisir dan mangrove menjadi kawasan industri, pariwisata, dan pemukiman menyebabkan timbulnya banyak pencemaran yang akan merusak lingkungan apabila pengelolaan dan pengawasan tidak dilakukan dengan baik. Kualitas air adalah kondisi kualitatif air yang diukur dan di uji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu. Parameter ini meliputi parameter fisik, kimia, dan mikrobiologis. Kualitas perairan Teluk Lampung ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas air di perairan teluk lampung

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

Sumber : BPLHD, Propinsi Lampung (2014)

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

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

B. Pencemaran Perairan Teluk Lampung

Pencemaran lingkungan menurut Keputusan Kementrian dan Lingkungan Hidup tahun 2004 adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Kerugian lingkungan hidup dimana kerugian yang timbul akibat pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup yang bukan merupakan hak milik pribadi. Aktivitas di pelabuhan maupun industri di sepanjang perairan Teluk Lampung ternyata menimbulkan limbah yang sebagian besar di buang ke perairan Teluk Lampung. Selain dari kegiatan industri dan pelabuhan yang beraktivitas, limbah domestik dan pariwisata menjadi sumber pencemaran lainnya. Berikut gambaran pencemaran yang terjadi di perairan Teluk Lampung.pada Gambar 1.



Gambar 1. Pencemaran di pesisir teluk lampung akibat limbah domestik

Bahan pencemar utama yang terkandung berasal dari limbah industri dan domestik yang mengalir melalui sungai-sungai yang bermuara ke pesisir Teluk

Lampung dalam buangan limbah tersebut berupa sedimen, logam beracun (*toxic metal*), pestisida, organisme patogen, sampah dan bahan-bahan yang menyebabkan oksigen terlarut berkurang (Pramaribo, 1997). Adapun kisaran BOD, COD, dan pH limbah dari industri yang ada di provinsi Lampung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisaran level BOD, COD, dan pH limbah industri dari tahun 1995-1998

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

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

Penanganan limbah buangan yang tidak dikelola dengan baik dapat mematikan biota laut yang ada di dalam perairan karena dekomposisi, rendahnya DO dan bahan beracun. Salah satu biota laut yang mengalami dampak pencemaran perairan di Teluk Lampung yaitu rumput laut

C. Rumput Laut

Rumput laut merupakan jenis alga yang banyak di panen di laut. Dari segi morfologinya, rumput laut tidak bisa di bedakan antara akar, batang, dan daun.

Secara keseluruhan, tumbuhan ini mempunyai bentuk yang mirip, walaupun sebenarnya berbeda. Bentuk-bentuk tersebut di namakan *thallus*. Bentuk *thallus* bermacam-macam antara lain : bulat seperti tabung, pipih, gepeng, bulat seperti kantong, rambut, dan sebagainya. Percabangan *thallus* ada yang *dichotomous* (percabangan dua terus menerus), *pectinate* (berderet searah pada satu sisi *thallus* utama), *pinnate* (bercabang dua-dua pada sepanjang *thallus* utama secara berselang seling), *verticillate* (cabangnya berpusat melingkari sumbu utama) dan ada juga yang sederhana tidak bercabang (Hasanah, 2013). Rumput laut merupakan sumber karagenan yang banyak dimanfaatkan di bidang industri kosmetik dan makanan (wiratmaja, 2011). Jenis rumput laut yang diteliti adalah *sargassum* sp.

Sargassum sp. tersebar luas di Indonesia dan tumbuh di perairan yang terlindung maupun yang berombak besar pada habitat bebatuan. *Sargassum* sp. tumbuh di daerah intertidal, subtidal, sampai daerah tubir dengan ombak besar dan arus deras. Kedalaman untuk pertumbuhan dari 0,5-10m (Kadi, 2005). *Sargassum* sp. adalah rumput laut yang tergolong dalam kelas *phaeophyta* (ganggang coklat). Spesies ini dapat tumbuh sampai panjang 12 meter. Tubuhnya berwarna coklat kuning kehijauan dengan struktur tubuh terbagi atas sebuah *holdfast* yang berfungsi sebagai struktur basal, sebuah *stipe* atau batang semu dan berbentuk seperti daun. *Sargassum* sp. dapat di lihat pada Gambar 2. Warna coklat pada alga dalam kelas *phaeophyta* muncul akibat dominasi dari pigmen *fucoxanthin*, klorofil a dan c, beta-karoten dan xantofil lainnya. Karbohidrat yang di simpan sebagian besar tersedia dalam bentuk laminaran (polisakarida glukosa terbentuk

dari proses fotosintesis) di sertai dengan pati dalam jumlah tertentu tergantung spesiesnya serta dinding selnya terbuat dari selulosa dan asam alginat (Guiry, 2007).



Gambar 2. *Sargassum* sp.

Menurut Pratt (1999), taksonomi *sargassum* sp. secara umum adalah sebagai berikut:

Kerajaan : *Chromalvoelata*

Divisi : *Heterokontophyta*

Kelas : *Phaeophyceae*

Bangsa : *Fucales*

Suku : *Sargassaceae*

Marga : *Sargassum*

Jenis : *Sargassum* sp.

Sargassum sp. termasuk dalam *chromalvoelata* dan divisi *heterokontophyt* karena *sargassum* sp. memiliki klorofil a dan klorofil c serta tidak memiliki *flagella* yang sama panjang. Bangsa *fucales* tidak memiliki keturunan yang membentuk spora (Murakami, 2007).

Sargassum sp. dapat tumbuh subur pada daerah tropis dengan suhu perairan 27,25^oC-29,3^oC dan salinitas 32-33,5%. Kebutuhan intensitas cahaya matahari lebih tinggi karena kandungan klorofil pada *sargassum* sp. lebih banyak dan klorofil tersebut berperan dalam fotosintesis. Kandungan terbesar dari *sargassum* sp. adalah alginat yang merupakan asam alginik. Asam alginik dalam bentuk derivat garam dinamakan garam alginat yang terdiri dari natrium alginat, sodium alginat dan ammonium alginat. Garam alginat tidak larut dalam air, tetapi larut dalam larutan alkali. *Sargassum* sp. memiliki komponen kimia seperti hidrokarbon atau karbonil (Kadi, 2005).

Rumput laut merupakan komoditas yang memiliki nilai ekonomi penting karena penggunaannya yang luas. Menurut (Anggadiredja *et al.*, 2008), ada beberapa manfaat dari rumput laut antara lain :

- 1) Rumput laut sebagai bahan pangan

Rumput laut sebagai bahan pangan umumnya di konsumsi dalam bentuk lalapan, di buat acar, di masak sebagai sayur, di buat urap atau di tumis.

2) Rumput laut dalam industri farmasi

Beberapa jenis rumput laut digunakan sebagai obat-obatan tradisional seperti anti septik, obat cacung, bronchitis, asma, batuk, bisul, mimisan, gangguan pencernaan, gangguan kekurangan iodium, dan obat penyakit urinari. Metabolit primer dari rumput laut merupakan senyawa polisakarida yang bersifat hidrokoloid seperti agar-agar, alginat, karagenan dan fulcelaran.

3) Rumput laut dalam industri makanan

Hasil ekstrak rumput laut seperti karagenan, agar dan alginat banyak digunakan dalam industri makanan. Misalnya karagenan sebagai bahan suspensi dalam yoghurt, penstabil dalam es krim, dan pencegah sineresis dalam keju. Agar-agar dapat digunakan dalam pembuatan jelli, es krim, dan permen.

D. Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pada Rumput Laut

Rumput laut juga mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat tertentu dalam skala yang besar. Penyerapan logam berat yang dilakukan berkaitan dengan sifat hidupnya dengan melekatkan dirinya pada substrat lumpur, pasir, karang, batu ataupun kayu yang mengendap di dasar perairan lalu diserap masuk ke dalam jaringan rumput laut dan akhirnya terakumulasi dalam *thallus* rumput laut sehingga proses bioakumulasi terjadi secara intensif.

E. Pengaruh Logam Berat Terhadap Rumput Laut

Pada prinsipnya logam berat mempengaruhi tumbuhan dengan cara menggantikan kedudukan ion-ion esensial dalam sel. Logam berat yang mencemari badan perairan dapat pindah atau masuk dalam *thallus* rumput laut dan merusak sistem metabolisme sehingga menurunkan produktifitas rumput laut. Akumulasi logam berat di pengaruhi lamanya pemaparan. Hal ini menyebabkan semakin lamanya pemaparan maka banyak logam berat yang terakumulasi dalam *thallus*.

F. Logam Berat

Logam berat adalah unsur alami dari kerak bumi. Logam yang stabil dan tidak bisa rusak atau hancur, oleh karena itu logam berat cenderung menumpuk dalam tanah dan sedimen. Logam berat memiliki bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari perioda 4 sampai 7, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S menyebabkan logam berat mengikat unsur S dalam enzim sehingga terbentuk ikatan gugus (-SH) dengan ion logam berat, daya kerja yang dimiliki oleh enzim menjadi sangat berkurang atau sama sekali tidak dapat bekerja. Keadaan ini secara keseluruhan akan merusak sistem metabolisme (Palar, 2004).

Adapun sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok sebagai berikut :

- a. Bersifat toksik tinggi terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn.

- b. Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co.
- c. Bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

Keberadaan logam berat di lingkungan berasal dari dua sumber. Pertama dari proses alamiah seperti pelapukan secara kimiawi dan kegiatan geokimiawi serta dari tumbuhan dan hewan yang membusuk. Kedua dari hasil aktivitas manusia maupun dari kegiatan industri (Connel dan Miller, 1995).

Adapun sifat-sifat logam berat adalah sebagai berikut :

1. Sulit di degradasi sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan).
2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan yang dapat membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut.
3. Mudah terakumulasi di sedimen sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam di dalam air.
4. Mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang di kandunginya ke dalam air sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu (Efendi, 2003):

Berikut beberapa logam yang ada di dalam perairan :

1. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) disebut juga timah lunak berwarna coklat kehitaman. Logam Pb termasuk dalam kelompok logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia

dengan nomor atom (NA) 82 dan berat atom (BA) 207,9 g/mol (Palar, 1994). Pb di alam terdapat dalam kandungan endapan sulfid yang tercampur mineral-mineral lain terutama seng dan tembaga. Pb merupakan logam yang beracun dan pada dasarnya tidak dapat dimusnahkan serta tidak terurai menjadi zat lain bila terakumulasi dalam makhluk hidup.

Menurut Palar (1994), logam Pb dan persenyawaannya masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan dan proses klorosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin serta berasal dari limbah industri. Sumber pencemaran logam berat Pb yang berasal dari buangan limbah industri metalurgi yang bersifat racun dalam bentuk Pb-Arsenat dan dapat berasal dari proses korosi timbal kertas campuran serta pelabuhan dan galangan kapal yang menggunakan Pb sebagai bahan pencampur logam untuk reparasi kapal. Limbah ini akan jatuh pada jalur-jalur perairan seperti sungai yang kemudian akan di bawa menuju ke muara kemudian terakumulasi dalam organisme perairan dan mengendap dalam bentuk sedimen.

Toksisitas logam Pb pada manusia di dalam tubuh dapat menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin yang dapat menyebabkan penyakit anemia (Palar, 1994). Gejala yang di akibatkan dan keracunan Pb adalah kurangnya nafsu makan, kejang, muntah dan pusing-pusing. Suhendrayatna (2003), menyatakan bahwa Pb juga dapat menyerang susunan syaraf, sistem reproduksi dan kelainan ginjal.

2. Cadmium (Cd)

Logam berat kadmium memiliki simbol Cd dengan nomor atom 48 dan berat atom 112,4 g/mol. Logam ini tergolong kedalam logam transisi periode 5 pada tabel unsur periodik dan memiliki warna putih (Palar, 1994). Menurut Darmono (1995), dalam air laut terdapat dalam bentuk senyawa klorida (CdCl_2), dan di dalam air tawar ditemukan dalam bentuk karbonat (CdCO_3) (Arisman, 2003).

Logam Cd di dalam perairan mudah terikat dengan bahan organik lalu mengendap dan bersatu dengan sedimen di dasar perairan. Kadmium secara alamiah dan non alamiah juga dapat masuk ke dalam badan perairan. Secara alamiah Cd masuk melalui aktivitas geologi seperti letusan gunung berapi di dalam lautan. Menurut Sastrawijaya (1991), secara non alamiah Cd masuk ke perairan akibat limbah industri besi, industri baterai/aki, pupuk fosfat. Cd sering pula di jumpai sebagai hasil samping kegiatan pertambangan timah hitam yang bercampur dengan Cd.

Pada manusia toksisitas logam Cd bersifat akut dan kronis. Keracunan akut terjadi pada pekerja industri-industri yang berkaitan dengan logam ini seperti industri baterai, pesawat terbang, dan tekstil. Pada sistem reproduksi, keracunan Cd dapat mematikan sel-sel sperma dan mengakibatkan impoten pada laki-laki (Palar, 1994). Keracunan kronis Cd dapat menyebabkan kerusakan pada fisiologis tubuh, seperti sistem ekskresi dan sistem sirkulasi. Penyakit ini di mulai dengan gejala mirip rematik, rasa sakit di sekitar pinggang, penderita tidak dapat bangun dari tempat tidur dan dapat terjadi patah tulang (Darmono, 1994).

3. Tembaga (Cu)

Masuknya tembaga kedalam tatanan lingkungan dapat terjadi secara alamiah dan dapat juga secara non alamiah. Secara alamiah tembaga masuk ke dalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari berbagai peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa erosi dari batuan mineral. Sumber lain adalah debu atau partikulat-partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang di bawa turun oleh air hujan. Melalui jalur non alamiah, Cu masuk ke dalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari aktifitas manusia. Jalur dari aktifitas manusia ini ke dalam tatanan lingkungan ada berbagai macam. Sebagai contohnya buangan industri yang memakai Cu dalam proses produksinya, industri galangan kapal, karena Cu digunakan sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, buangan rumah tangga dan lain sebagainya.

Bila dalam perairan terjadi peningkatan kelarutan Cu, sehingga melebihi ambang batas yang seharusnya. Maka akan terjadi peristiwa biomagnifikasi terhadap biota perairan. Peristiwa biomagnifikasi dapat diidentifikasi melalui akumulasi Cu dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah berlebihan, sehingga tidak mampu di metabolisme oleh tubuh.

Keracunan Cu pada manusia adalah mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan akhirnya mati. Pada keracunan kronis, Cu tertimbun dalam hati dan menyebabkan hemolisis. Hemolisis terjadi karena tertimbunnya H_2O_2 dalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel yang

mengakibatkan sel menjadi pecah. Defisiensi suhu dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhan terhambat (Darmono, 1995).

4. 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 $7,19 \text{ g/cm}^3$. Kromium secara alami merupakan unsur esensial yang dibutuhkan oleh tubuh dan terdapat dalam hewan, tumbuhan maupun tanah. Kromium di alam terdapat dalam 3 jenis valensi, yaitu kromium (0), kromium (III), dan kromium (VI). Kromium (III) merupakan unsur esensial yang dibutuhkan tubuh dalam reaksi enzimatik untuk metabolisme gula, protein, dan lemak (ATSDR, 2008). Kromium 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).

Toksisitas 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).

5. Mangan (Mn)

Mangan adalah logam berwarna putih keabu-abuan. Mangan termasuk logam berat dan sangat rapuh tetapi mudah teroksidasi. Logam dan ion mangan bersifat paramagnetik. Hal ini dapat dilihat dari orbital d yang terisi penuh pada konfigurasi elektron. Mangan ditemukan di alam dalam bentuk *pyrolusite* (MnO_2), *brownite* (Mn_2O_3), *hausmannite* (Mn_3O_4), *manganite* ($\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), *psilomelane* [$(\text{BaH}_2\text{O})_2 \text{Mn}_5\text{O}_{10}$] dan *rhodochrosite* (MnCO_3).

Pencemaran logam berat di perairan dapat berasal dari kegiatan alam maupun kegiatan industri. Secara alamiah pencemaran logam berat dapat diakibatkan adanya pelapukan batuan pada cekungan perairan atau adanya kegiatan gunung berapi (Connel, 1995). Pencemaran logam mangan berasal dari bahan zat aktif di dalam batu baterai yang telah habis digunakan dan dibuang ke sungai maupun pesisir (Palar, 1994). Selain itu sumber pencemaran logam mangan juga berasal dari pertambangan, saluran tambang atom, kerja mikroba terhadap mineral mangan pada pH rendah (Manahan, 1994).

Mangan sangat penting untuk produksi besi dan baja. Mangan merupakan komponen kunci dari formulasi baja *stainless* dan digunakan secara luas. Mangan digunakan dalam paduan baja untuk meningkatkan karakteristik yang menguntungkan seperti kekuatan, kekerasan, dan ketahanan. Mangan dioksida juga digunakan sebagai katalis. Selain itu mangan juga digunakan dalam industri elektronik. Mangan merupakan salah satu mineral yang digunakan oleh beberapa

orang untuk membantu mencegah keropos tulang dan mengurangi gejala yang mengganggu terkait dengan sindrom pramenstruasi (PMS).

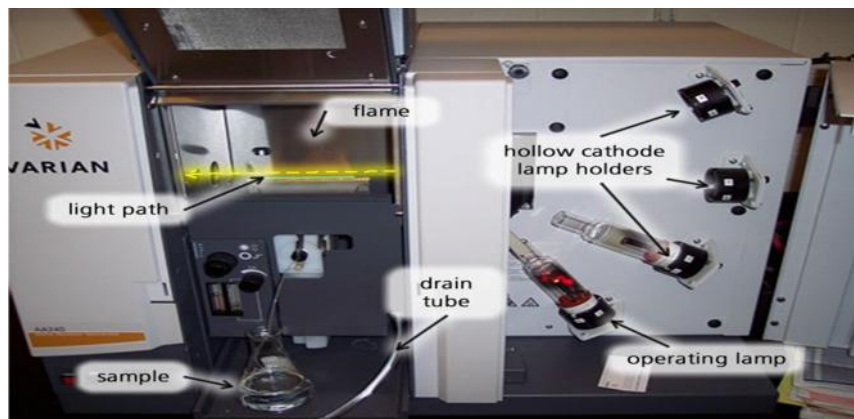
Toksisitas mangan pada manusia berpengaruh pada kerja sistem pernapasan dan otak. Gejala keracunan mangan adalah halusinasi, pelupa dan kerusakan saraf. Mangan juga dapat menyebabkan parkinson, emboli paru-paru dan bronkitis. Dalam jangka waktu lama, dampak logam mangan dapat menyebabkan impoten. Suatu sindrom yang disebabkan oleh mangan memiliki gejala seperti *skizofrenia*, kebodohan, lemah otot, sakit kepala dan insomnia. Karena mangan merupakan elemen penting bagi kesehatan manusia, kekurangan mangan juga dapat menyebabkan efek kesehatan yaitu kegemukan, glukosa intoleransi, darah pembekuan, masalah kulit, menurunkan kadar kolesterol, gangguan skeleton, kelahiran cacat, perubahan warna rambut, gejala neurological (Pallar, 1994).

Mangan masuk ke dalam tanah melalui penggunaan pestisida yang banyak mengandung mangan. Untuk hewan, apabila mengkonsumsi mangan dalam jumlah yang terlalu sedikit, maka akan menyebabkan gangguan pertumbuhan, pembentukan tulang dan reproduksi. Sebaliknya, apabila kadar mangan berlebih dapat menyebabkan gangguan pada paru-paru, hati, pembuluh darah, penurunan tekanan darah, kegagalan dalam perkembangan janin hewan dan kerusakan otak. Apabila penyerapan mangan terlalu sedikit pada tumbuhan, maka dapat menyebabkan gangguan pada mekanisme tanaman, misalnya gangguan dari pembagian air untuk hidrogen dan oksigen.

G. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri serapan atom (SSA) adalah metode analisis penentuan unsur-unsur logam dan metaloid dimana pengukuran berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Ellwel, 1996). Instrumen spektrofotometer serapan atom sangat spesifik karena rendahnya batas deteksi dari suatu larutan contoh dan dapat ditentukan secara langsung unsur lain tanpa pemisahan sehingga *output* data pun dapat di baca secara langsung. Spektrofotometer serapan atom telah banyak membantu penyederhanaan prosedur dan efektifitas waktu dalam analisa logam-logam berat (Tarigan, 1990).

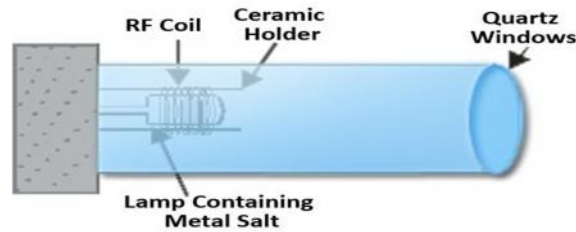
Adapun bagian-bagian dari komponen instrumen SSA dapat dilihat pada Gambar 3.



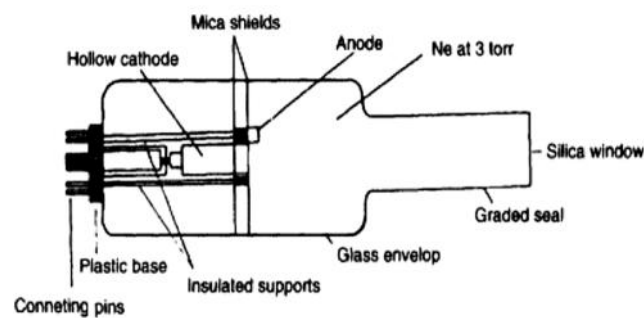
Gambar 3. Spektrofotometer serapan atom

a. Sumber radiasi

Sumber radiasi yang digunakan dalam spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah *Hallow Cathode Lamp* (HCL) atau lampu katoda rongga dan *Electrodeless Discharge Lamp* (EDL). Lampu HCL merupakan sumber radiasi dengan spektra yang tajam dan mengemisikan gelombang monokromatis. *Hallow Cathode Lamp* merupakan lampu yang ditutupi dengan gelas dan diisi dengan gas inert, biasanya neon (Ne), argon (Ar), atau terkadang helium (He). Lampu katoda berongga yang berbentuk silindris ini terbuat dari unsur yang akan di tentukan atau campurannya (*alloy*) dan anoda yang terbuat dari tungsten. Prinsip kerja pengukuran dengan SSA menggunakan *Hallow Cathode Lamp* khusus seperti menentukan konsentrasi tembaga dari suatu contoh, maka digunakan *Hallow Cathode* khusus tembaga. *Hallow Cathode* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom. *Electrodless Dischcarge Lamp* (EDL) disusun dari wadah *quartz* tang terisi gas *inert*, seperti argon dalam tekanan beberapa torr dan sejumlah logam analit atau garamnya. Lampu ini mempunyai prinsip kerja hampir sama dengan *Hallow 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 (Skoog, 2004). Adapun gambaran *Hallow Cathode Lamp* (HCL) dan *Electrodless Dischcarge Lamp* (EDL) dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



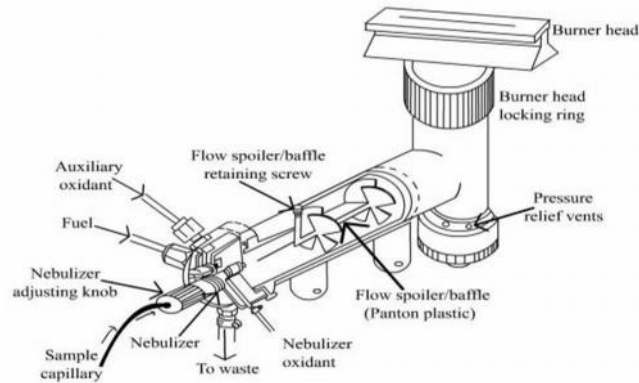
Gambar 4. *Electrodeless discharge lamp*



Gambar 5. *Hallow cathode lamp*

b. Sumber atomisasi

Sumber atomisasi pada instrumen SSA di bagi menjadi dua bagian yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi 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 dan umum untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Berikut diagram sumber atomisasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sumber atomisasi

Adapun beberapa jenis nyala yang digunakan dalam proses atomisasi yaitu:

1. Nyala Udara –Asetilen

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

2. Nitrous Oksida-Asetilen

Suhu nyala ini sangat tinggi karena nitrous oksida mempunyai daya pereduksi yang kuat sehingga dapat digunakan untuk unsur yang sulit diuraikan oleh nyala lain. Biasanya digunakan untuk penentuan unsur-unsur yang mudah membentuk 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.

3. Nyala Udara-Hidrogen

Dibanding dengan nyala udara-asetilen nyala ini mempunyai transmittansi yang baik pada daerah panjang gelombang pendek yaitu untuk analisis spektrum pada daerah 230 nm. Nyala udara ini efektif untuk analisis unsur Pb, Cd, Sn, dan Zn.

4. Nyala Argon- Hidrogen

Nyala ini mempunyai transmittansi pada daerah panjang gelombang pendek, nyala ini sesuai untuk analisis unsur As (192,7 nm) dan Se (196 nm). Akan tetapi karena suhu nyala yang sangat rendah memungkinkan adanya interferensi yang besar. Proses atomisasi sangat berpengaruh terhadap hubungan antara konsentrasi atom analit dalam larutan dan sinyal yang diperoleh pada detektor sehingga sangat berpengaruh terhadap sensitivitas analisis.

c. Monokromator

Berkas cahaya dari lampu katoda berongga akan dilewatkan melalui celah sempit dan difokuskan menggunakan cermin menuju monokromator. Monokromator dalam instrumen SSA berupa lensa, cermin, prisma atau grating yang akan memisahkan, mengisolasi dan mengontrol intensitas energi yang diteruskan ke detektor.

d. Chopper

Chopper berfungsi mengambil salah satu panjang gelombang dari *Hollow Cathode Lamp* yang menghasilkan sinar dengan panjang gelombang tertentu

e. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

f. Sistem pengolah

Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

g. Sistem Pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.

Prinsip dasar instrumen SSA yaitu jika cahaya dengan panjang gelombang resonansi dilewatkan nyala yang mengandung atom-atom yang bersangkutan, maka sebagian cahaya akan diserap dan jauhnya penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom keadaan dasar yang berada dalam nyala. Atom terdiri atas inti atom yang mengandung proton bermuatan positif dan neutron berupa partikel netral, dimana inti atom dikelilingi oleh elektron bermuatan negatif yang memiliki tingkat energi berbeda. Jika energi diabsorpsi oleh atom, maka elektron yang berada paling luar (elektron valensi) akan tereksitasi dari keadaan dasar atau tingkat energi yang lebih rendah (*ground state*) ke keadaan tereksitasi yang memiliki tingkat energi yang lebih tinggi (*excited site*). Jumlah

energi yang dibutuhkan untuk memindahkan elektron ke tingkat energi tertentu dikenal sebagai potensial eksitasi untuk tingkat energi itu. Pada waktu kembali ke keadaan dasar, elektron melepaskan energi panas atau energi sinar (Clark, 1979).

Pada dasarnya hubungan antara absorpsi atom dengan konsentrasi di dalam metode SSA dapat dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer, yaitu secara matematik persamaannya adalah sebagai berikut:

$$I = I_0 e^{-abc} \dots\dots\dots(1)$$

$$\log \left(\frac{I_0}{I} \right) = a \cdot b \cdot c \dots\dots\dots(2)$$

$$A = a \cdot b \cdot c \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

I_0 : Interaksi cahaya yang datang (mula-mula)

I : Interaksi cahaya yang ditransmisikan

A : Absorbansi = $\log I_0/I$

a : Absorpsotivitas, yang besarnya sama untuk sistem atau larutan yang sama (g/L)

b : Panjang jalan cahaya atau tebalnya medium penyerap yang besarnya tetap untuk alat yang sama (cm)

c : Konsentrasi atom yang mengabsorpsi

Dari persamaan di atas, nilai absorbansi sebanding dengan konsentrasi untuk panjang jalan penyerapan dan panjang gelombang tertentu. Ada dua cara untuk mengetahui konsentrasi cuplikan yang telah diketahui nilai absorbansinya yaitu:

1. Cara deret waktu dengan membandingkan nilai absorbansi terhadap kurva kalibrasi dari standar-standar yang diketahui.

2. Cara penambahan standar dengan membandingkan konsentrasi dengan perpotongan grafik terhadap sumbu dengan konsentrasi dari data absorbansi.

Menurut Ismono (1984) beberapa gangguan yang sering terjadi pada SSA adalah sebagai berikut :

1. Gangguan yang berasal dari matriks cuplikan.

Gangguan ini mengakibatkan mengendapnya unsur-unsur yang dianalisis sehingga jumlah atom yang mencapai nyala lebih sedikit dari pada yang sesuai dengan konsentrasi unsur yang bersangkutan dalam cuplikan. Jumlah atom yang mencapai nyala dipengaruhi oleh berbagai sifat fisik larutan, antara lain adalah tegangan permukaan, berat jenis, tekanan uap pelarut. Untuk mengatasi gangguan ini maka perlu diusahakan agar sifat fisik larutan cuplikan sama dengan larutan standar.

2. Gangguan kimia.

Gangguan ion disebabkan karena terhambatnya pembentukan atom-atom netral dari unsur yang analisis pada tingkat energi dasar, hal ini terjadi karena pembentukan senyawa-senyawa yang bersifat refraktori seperti Ca fosfat, fosfat, silikat, aluminat dan oksida dari logam alkali tanah, dan Mg.

Untuk mengatasi gangguan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain :

- a) Menggunakan nyala yang lebih tinggi suhunya, karena senyawa yang refraktori dapat terurai pada suhu yang tinggi.

- b) Penambahan unsur penyangga kepada cuplikan yang akan dianalisis. Unsur penyangga ini misalnya Sr atau La yang akan mengikat gugus yang mengganggu (aluminat, fosfat, silikat dan sebagainya). Sehingga unsur yang akan dianalisis tidak akan diikat oleh gugus ini. Dengan demikian unsur yang dianalisa dapat teratomisasi dengan sempurna meskipun di dalam nyala yang suhunya lebih rendah.
- c) Mengekstraksi unsur yang akan dianalisis, terutama cuplikan-cuplikan yang sangat kompleks.

3. Ionisasi atom pada tingkat dasar

Ionisasi yang terjadi di dalam nyala ini akan mengganggu pengukuran absorbansi atom-atom netral unsur yang akan dianalisis, karena ion suatu unsur mempunyai suatu spektrum serapan atom netral. Untuk mengurangi gangguan ini, suhu nyala yang digunakan harus serendah mungkin dimana atomisasi masih dapat berlangsung secara sempurna. Disamping itu juga ditambahkan unsur lain yang mempunyai potensial lebih rendah dari pada unsur yang dianalisis. Contoh unsur penyangga adalah Sr dan La pada penempatan kalsium itu juga terdapat posfat.

4. Gangguan oleh serapan bukan atom

Gangguan ini berarti bahwa penyerapan cahaya dari lampu katoda berongga dan berukuran oleh atom-atom netral melainkan oleh molekul-molekul, hal ini terutama akan terjadi apabila konsentrasi cuplikan tinggi dan juga bila suhu nyala kurang tinggi.

H. Validasi Metode

Validasi metode analisis adalah proses pengujian mutu secara sistematis yang bertujuan untuk membuktikan bahwa parameter memenuhi persyaratan untuk penggunaannya sehingga validasi metode analisis memberikan tingkat kepercayaan pada hasil analisis dari suatu metode. Parameter validasi metode antara lain :

1. LoD (*limit of detection*) dan LoQ (*limit of quantification*)

Limit deteksi (LoD) merupakan batas deteksi yang dinyatakan sebagai konsentrasi terendah dari suatu analit yang dapat dideteksi oleh prosedur analisis. Sedangkan limit kuantifikasi (LoQ) merupakan batas deteksi yang diartikan sebagai konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang masih memenuhi kriteria cermat. LoD dan LoQ dinyatakan dalam persamaan berikut (Harmita, 2004) :

$$\text{LoD} = \frac{3 \times \text{Sb}}{\text{SI}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times \text{Sb}}{\text{SI}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

LoD : limit deteksi

LoQ : limit kuantifikasi

Sb : simpangan baku respon analitik dari blanko

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

2. Presisi (ketelitian)

Presisi merupakan ukuran kedekatan antara hasil tes yang diperoleh di bawah kondisi yang ditetapkan. Semakin dekat nilai-nilai hasil pengulangan pengukuran maka presisi (ketelitian) semakin tinggi. Presisi diukur sebagai Simpangan Baku (SB) dan Relative Standar Deviasi (RSD) yang dapat dihitung dengan persamaan berikut (Harmita, 2004) :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- SD : Standar deviasi (simpangan baku)
- x : Konsentrasi hasil analisis
- n : Jumlah pengulangan analisis
- \bar{x} : Konsentrasi rata-rata hasil analisis

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

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

Adapun hubungan antara rentang ketelitian dengan konsentrasi analit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan konsentrasi dengan RSD

Analit (%)	Rasio Analit	Unit	RSD (%)
100	1	100 %	1,3
10	10 ⁻¹	10 %	1,9
1	10 ⁻²	1 %	2,7
0,01	10 ⁻³	0,1 %	3,7
0,001	10 ⁻⁴	100 ppm (mg/kg)	5,3
0,0001	10 ⁻⁵	10 ppm (mg/kg)	7,3
0,00001	10 ⁻⁶	1 ppm (mg/kg)	11
0,000001	10 ⁻⁷	100 ppb (µg/kg)	15
0,0000001	10 ⁻⁸	10 ppb (µg/kg)	21
0,00000001	10 ⁻⁹	1 ppb (µg/kg)	30

Sumber : AOAC.1998

3. Akurasi (kecermatan)

Akurasi didefinisikan sebagai ukuran derajat antara kedekatan hasil pengukuran dan nilai benar dari kuantitas yang diukur. Semakin dekat hasil analisis yang diperoleh dengan nilai sebenarnya, maka akurasinya semakin tinggi. Akurasi dapat dinyatakan dalam persamaan berikut (AOAC, 1998) :

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

Keterangan :

C_f : Konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran

C_a : Konsentrasi sampel sebenarnya

C_a* : Konsentrasi analit yang di pilih

Volume larutan standar yang ditambahkan dinyatakan dalam persamaaan berikut

$$\text{Volume spike} = \frac{\text{konsentrasi spike} * \text{volume sampel}}{\text{konsentrasi larutan standar}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

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

Tabel 4. Nilai persen *recovery* berdasarkan nilai konsentrasi sampel

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

Sumber: AOAC. 1998

4. Lineritas

Lineritas merupakan kemampuan metode analisis dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proposional terhadap konsentrasi analit dalam sampel.

Linearitas diperoleh dengan cara mengukur konsentrasi larutan standar yang berbeda minimal 5 konsentrasi kemudian diproses menggunakan regresi linier sehingga didapatkan nilai *slop*, intersep, dan koefisien korelasi. Persyaratan uji linearitas meliputi koefisien korelasi $r \geq 0,995$ (Harmita, 2004).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

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

B. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, oven, desikator, ayakan 600 mesh, mortar dan alu, neraca analitik ketelitian $\pm 0,0001$ gram, thermometer dan seperangkat alat spektrofotometer serapan atom (shimadzu AA-7000).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut jenis *sargassum* sp., HNO₃ pekat 65%, H₂O₂ pekat 30%, Pb(NO₃)₂, Cd(NO₃)₂, K₂Cr₂O₇, CuSO₄, MnSO₄, kertas saring dan akuades.

C. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Larutan

1.1 Larutan HNO₃ 5%

Diambil sebanyak 72,46 mL HNO₃ 65% diencerkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang telah dimasukkan sebelumnya sedikit akuades kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

1.2 Larutan standar Pb 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,16 gram Pb(NO₃)₂ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

1.3 Larutan standar Cd 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,21 gram Cd(NO₃)₂ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

1.4 Larutan standar Cr 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,56 gram K₂Cr₂O₇ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

1.5 Larutan standar Cu 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,25 gram CuSO_4 dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

1.6 Larutan standar Mn 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,27 gram MnSO_4 dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

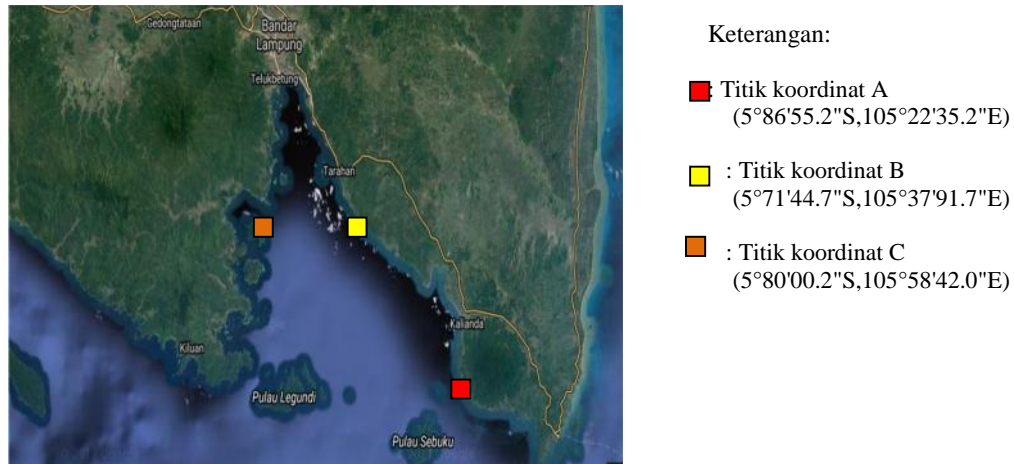
2. Metode Pengambilan Sampel

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_3 5% selama 24 jam, tujuannya untuk menghilangkan kontaminasi logam-logam pada wadah sampel. Selanjutnya proses pengeringan dan penyimpanan dilakukan dalam keadaan tertutup sampai digunakan.

2.2 Pengambilan sampel

Lokasi pengambilan sampel diambil pada 3 titik di wilayah pesisir Teluk Lampung. Untuk lebih jelas lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Lokasi pengambilan *sargassum* sp. di wilayah pesisir Teluk Lampung

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil langsung di 3 lokasi kemudian sampel dicuci bersih dan dimasukkan ke dalam wadah sampel yang diberi label selanjutnya sampel dibawa ke Laboratorium Kimia Analitik Universitas Lampung untuk penelitian lebih lanjut.

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

Sampel rumput laut mula-mula dicuci dan dibilas dengan akuades, kemudian sampel dikeringkan dibawah panas matahari 2 sampai 3 hari hingga kering kemudian dihaluskan menggunakan penggiling sampai homogen. Selanjutnya sampel digerus dengan mortar dan alu kemudian diayak menggunakan ayakan 600 mesh lalu sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga diperoleh berat konstan. Selanjutnya sampel yang telah halus ditimbang dengan neraca analitik digital sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian sampel didestruksi dengan ditambahkan 20 mL larutan HNO₃ 65% dan 10 mL H₂O₂30% lalu dipanaskan diatas penangas air (destruksi) pada suhu 60°C - 70°C

selama 2-3 jam sampai larutan jernih kemudian di dinginkan lalu di saring menggunakan kertas saring. Filtrat yang diperoleh dari sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan larutan 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 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL larutan diencerkan dengan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur sampai tanda batas kemudian larutan dihomogenkan. Diperoleh larutan dengan konsentrasi 50 ppm yang selanjutnya dipipet sebanyak 20 mL diencerkan ke dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas dan dihomogenkan, didapatkan larutan dengan konsentrasi 10 ppm selanjutnya dari larutan stok 10 ppm tersebut dipipet sebanyak 0,1 ; 0,5 ; 1 ; 5 dan 10 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 ; 0,5 dan 1 ppm. Larutan-larutan standar timbal tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

4.2 Kurva kalibrasi kadmium

Dengan perlakuan yang sama larutan standar kadmium 1000 ppm diencerkan hingga konsentrasi 10 ppm yang selanjutnya dipipet sebanyak 0,1 ; 0,5 ; 1 ; 5 dan 10 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 ; 0,5 dan 1 ppm. Larutan-larutan standar kadmium tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom.

4.3 Kurva kalibrasi kromium

Dengan perlakuan yang sama larutan standar kromium 1000 ppm diencerkan hingga konsentrasi 10 ppm yang selanjutnya dipipet sebanyak 0,1 ; 0,5 ; 1 ; 5 dan 10 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 ; 0,5 dan 1 ppm. Larutan-larutan standar kromium tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom. Untuk perhitungan pengenceran dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.4 Kurva kalibrasi tembaga

Larutan standar tembaga 1000 ppm diencerkan hingga konsentrasi 10 ppm kemudian dari konsentrasi tersebut dipipet sebanyak 2,5 ; 5 ; 10 ; 20 ; dan 30 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 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2 dan 3 ppm. Larutan-larutan standar tembaga tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 1.

4.5 Kurva Kalibrasi Mangan

Larutan standar mangan 1000 ppm dipipet sebanyak 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL larutan diencerkan dengan ditambahkan akuades ke dalam labu ukur sampai tanda batas kemudian larutan dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 50 ppm. Dari larutan tersebut dipipet sebanyak 2, 6, 10, 14 dan 18 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 1 ; 3 ; 5 ; 7 dan 9 ppm. Larutan-larutan standar mangan diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 1.

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 :

$$y = a + bx \quad \dots\dots\dots(10)$$

keterangan :

y = Absorbansi sampel

b = *Slope*

x = Konsentrasi sampel

a = *Intersep*

setelah konsentrasi pengukuran diketahui, maka konsentrasi sebenarnya dari dalam sampel kering dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M = \frac{C.V.F}{B} \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan :

M = Konsentrasi logam dalam sampel (mg/Kg)

C = Konsentrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi (mg/L)

V = Volume larutan sampel (L)

B = Bobot sampel (Kg)

F = Faktor Pengenceran

5. Validasi Metode

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

5.1 Linieritas

Penentuan linieritas dilakukan dalam konsentrasi yang berbeda-beda pada setiap logam. Nilai absorbansi kemudian diproses dengan metode kuadrat terkecil untuk selanjutnya ditentukan nilai kemiringan (*slope*), intersep, dan koefisien korelasinya.

5.2 LoD (*limit of detection*) dan LoQ (*limit of quantification*)

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 dengan menggunakan persamaan 4 dan 5.

5.3 Presisi

Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 9 kali pengulangan. Dari nilai absorbansi tersebut kemudian ditentukan nilai konsentrasi (kurva kalibrasi), lalu nilai simpangan baku (SD) serta nilai relatif standar deviasi (RSD) menggunakan persamaan 6 dan 7.

5.4 Akurasi

Penentuan akurasi dilakukan dengan metode *spike* yaitu penambahan larutan standar ke dalam larutan sampel. Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*). Volume larutan standar yang ditambahkan ditentukan dengan menggunakan persamaan 7. Dari nilai tersebut ditentukan persen perolehan kembali (%*recovery*) dengan menggunakan persamaan 8 dan 9.

Adapun uji untuk setiap logam adalah sebagai berikut :

5.4.1 Logam timbal

Sebanyak 0,8 mL larutan standar Pb 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel lalu dihomogenkan dengan *stirrer* kemudian ditentukan serapannya.

5.4.2 Logam kadmium

Sebanyak 0,8 mL larutan standar Cd 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel lalu dihomogenkan dengan *stirrer* kemudian ditentukan serapannya.

5.4.3 Logam kromium

Sebanyak 0,8 mL larutan standar Cr 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel lalu dihomogenkan dengan *stirrer* kemudian ditentukan serapannya.

5.4.4 Logam tembaga

Sebanyak 1,8 mL larutan standar Cu 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel lalu dihomogenkan dengan *stirrer* kemudian ditentukan serapannya.

5.4.5 Logam mangan

Sebanyak 13 mL larutan standar Mn 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel lalu dihomogenkan dengan *stirrer* kemudian ditentukan serapannya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis kandungan logam berat dalam rumput laut *sargassum* sp. menunjukkan bahwa kandungan logam berat Mn paling tinggi. Berikut urutan konsentrasi logam berat tertinggi sampai terendah pada rumput laut *sargassum* sp. yaitu logam berat $Mn > Cu > Cr > Pb > Cd$. Konsentrasi logam Mn antara 1,6890 – 2,0800 ppm, Cu rerata 0,3 ppm, Cr antara 0,1173 – 0,1730 ppm, Pb antara 0,1147 – 0,1333 ppm, dan Cd antara 0,1053 – 0,1333 ppm.
Konsentrasi setiap logam berat masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan oleh BPOM dan WHO.
2. Hasil analisis menunjukkan rumput laut *sargassum* sp. belum tercemar. Meskipun masih di bawah baku mutu hal ini menandakan rumput laut *sargassum* sp. telah terkontaminasi logam berat dan dapat menimbulkan potensi terakumulasi pada tubuh manusia apabila dikonsumsi dalam jangka panjang.

3. Hasil validasi metode menunjukkan nilai koefisien korelasi (r) logam Pb, Cu, dan Mn sebesar 0,997 dan logam Cd dan Cr sebesar 0,999 sehingga koefisien korelasi dalam penelitian ini dikatakan linearitas karena memenuhi kriteria penerimaan koefisien korelasi $> 0,995$. Sedangkan konsentrasi sampel setiap logam melebihi batas deteksi (LoD) dan batas kuantitasi (LoQ), sehingga hasil pengukuran dikatakan dapat dipercaya dan memberikan pengukuran yang baik.

4. Nilai RSD pada logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn dikatakan baik karena masih dibawah rentang $< 11\%$ dalam konsentrasi 1 ppm dan nilai perolehan kembali (*recovery*) pada masing-masing logam Pb, Cd, Cr, Cu, dan Mn berturut-turut sebesar 95,81 ; 93,81 ; 83,92 ; 96,46 dan 92,00%. Nilai *recovery* tersebut berada dalam rentang 80-110% dengan konsentrasi 1-10 ppm per unit menurut AOAC 1998 sehingga validasi metode dalam penelitian dikatakan baik.

B. Saran

Keberadaan logam berat dalam rumput laut *sargassum* sp. memiliki dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat apabila dikonsumsi dalam jangka panjang. Sebaiknya pemerintah kota dan daerah menjadikan rumput laut *sargassum* sp. tidak untuk konsumsi tetapi diubah fungsi menjadi bioabsorben logam berat sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Serta perlu dilakukan penelitian logam berat terhadap jenis rumput laut lainnya di pesisir Teluk Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2008. *Toxicological Profile for Chromium*. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta.
- Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR). 2008. *Toxicological Profile for Cadmium*. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta.
- Anggadireja J.T. Zatnika A, Purwoto H, Istini S. 2008. *Rumput Laut pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- AOAC. 1998. *Peer Verified Methods Program, Manual on Polices and Procedures*. North Frederick Avenue. Gaithersburg.
- Araujo, Rennan G.O., Macedo Samuel M., Korn, Mariadas Gracas A., Pimentel, M.F., Bruns, Roy Eand Ferreira, SergioL. 2008. *Mineral composition of wheat flour consumed in Brazilcities*. Journal Braz. Chem. Soc Vol 19.5, 935-942.
- Arisman. 2003. *Gizi Dalam Daur Kehidupan*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Badan Lingkungan Hidup. 1995. *Prokasih, Program Kali Bersih Provinsi Lampung*. BLH. Bandar Lampung.
- Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM). 2009. *Penetapan Batas Maksimum Cemaran Mikroba dan Kimia Dalam Makanan*. Badan Pengawasan Obat dan Makanan. Indonesia.
- Clark, D.V. 1979. *Approach to Atomic Absorption Spectroscopy*. Analytic Chemistry Consultans Pty Ltd. Sidney-Australia.
- Connel dan Miller. 1995. *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*, diterjemahkan oleh Koestoer, S., hal. 419, Indonesia University Press, Jakarta.
- Cornelia, M. 2005. *Prosedur dan Spesifikasi Teknis Analisis Kesesuaian Budidaya Rumput Laut*. Pusat survey sumber daya alam laut Bakosurtunal.

- Danko, B., Polkowska-Motrenko, H., Dybczynski, R. 2000. *Effect of acid digestion method on cobalt determination in plant materials*. *Analytica Chimica Acta* 408 : 89-95.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia. 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.
- Ebdom, L., E. H. Evans., A. Fisher., S. J. Hill. 1998. *An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry*. John Wiley and Sons Ltd. England.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Kanisius. Yogyakarta.
- Ellwel, W. T. dan J.A. Gidley. 1996. *Atomic Adsorption Spectrophotometry*. Research Departemen Imperial Metal Industries Ltd. England. Ied.
- Giofany, F. 2016. *Kajian kandungan logam berat mangan (mn) dan nikel (ni) pada sedimen di sekitar pesisir teluk lampung*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Gobas, F.A.P.C., J.B. Wilcockson, R.W. Russel and G.D. Haffner. 1999. *Mechanism of Biomagnification in Fish Under Laboratory and Field Condition*. Environmental Science and Technology.
- Guiry. 2007. *Algaebase*. National University of Ireland Galway: Irlandia.
- Harmita. 2004. *Buku Ajar Analisis Fisikokimia*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hasanah, U. 2013. *Analisis kesesuaian perairan untuk lokasi budidaya untuk budidaya rumput laut (Eucheuma cottonii) di Perairan Kecamatan Sajoanging Kabupaten Wajo*. Universitas Hasanudin. Makasar.
- Helfinalis. 2000. *Aspek Oseonografi Bagi Peruntukan Lahan di Wilayah Pantai Teluk Lampung*. PPLO-LIPI. Jakarta.
- IARC. 1990. *Chromium and Certain Chromium Compounds*. In: *IARC Monographs on The Evaluation of The Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*. Chromium, Nickel, and Welding. IARC monographs, Vol. 49. Lyon, France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer.

- Ismono. 1984. *Cara-cara Optik dalam Analisa Kimia*. Jurusan Kimia ITB. Bandung.
- Istini, S. 1986. *Manfaat dan pengolahan rumput laut*. Jurnal Penelitian BPPT. Jakarta.
- Kadi, A. 2005. *Kesesuaian Perairan Teluk Klabat Pulau Bangka Untuk Usaha Budidaya Rumput Laut*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta..
- Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. Kep-51/MNKLH/I/2004 Tentang Pendoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup. Jakarta
- Manahan, S. C. 1994. *Environmental Chemistry, 6th edition*. Willard Grand Press. Boston.
- Murakami.2007. *The Divine Code of Life*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Pallar, S. 1994. *Toksikologi dan Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pallar, S. 2004. *Toksikologi Logam Berat dan Pencemaran Lingkungan, Edisi ke-2*. Rineka Cipta. Jakarta
- Phillips, B.F., J.S. Cobb, and R.W. George. 1980. *General Biology*. In Cobb, J.S., and B.P. Phillips (eds.). *The Biology and Management of Lobsters*. Volume I. Physiology and Behavior. Academic Press. Pp 1 – 89.
- Pramaribo, C.M.G. 1997. *Program Pantai Pesisir. Program Pengendalian dan Kerusakan di Lingkungan Pesisir dan Laut. Makalah Pada Penelitian dan Pengendalian Dampak Lingkungan Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. 22-24 Desember 1997. BAPEDAL WIL I. Pekanbaru.*
- Pratt,J. 1999. *Sargassum*, <http://www.mbari.org/staff/conn/botany/browns/jacque/default.htm>. Diakses 12 November 2016.
- Sahat, J. 2013. *Warta Ekspor Rumput Laut Indonesia*. Ditjen PEN/MJL/004/9/2013
http://djpen.kemendag.go.id/app_frontend/admin/docs/publication/6201390367517.pdf. Diakses 13 November 2016.
- Sastrawijaya, A. T. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques ForAnalyticalChemistry*. Prentice-Hall. New Jersey. Hal: 374.

- Slavin, M. 1978. *Atomic Absorption Spectroscopy Second Edition*. United State of America. New York.
- Skoog, douglas, A. 2004. *Fundamentals of analytical chemistry eight edition*. brooks/cole. Kanada.
- Suhendrayatna. 2003. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme*. Institute for Science and Technology Studies. Japan.
- Sunardi. 2009. *Pengaruh pH Pada Penurunan Kadar Krom (VI) Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Dengan Sargassum sp.* Jurnal ilmiah kimia. ISBN 979-498-467-1. Surakarta
- Tarigan, Z. 1990. *Prinsip Dasar Metoda Analisa Atomic Absorption Spectrophotometer*. Majalah Semi Populer, vol. 14.Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Ambon.
- Wiratmaja, I. G. 2011. *Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut Eucheuma cattonii sebagai Bahan Baku*. Jurnal ilmiah teknik mesin. Vol. 5 (1): 75-84.Jakarta.
- WHO/FAO. 1978. *Heavy Metal Concentrations in Three Species of Algae from The Saudi Coast of The Arabian Gulf*. *J. Food Agri*. 16 Mei. 2008. <http://www.fao.org/docrep/w8a4e/w81411e0j.htm>. Diakses 13 juli 2017.