

**PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg),
KADMIUM (Cd), DAN KROMIUM (Cr) PADA SEDIMEN DI PERAIRAN
LAMPUNG SELATAN SECARA
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

(Skripsi)

Oleh

RIZA UMAMI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg), KADMIUM (Cd), DAN KROMIUM (Cr) PADA SEDIMEN DI PERAIRAN LAMPUNG SELATAN SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM

Oleh

RIZA UMAMI

Telah dilakukan penelitian penentuan kandungan logam berat merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan kromium (Cr) pada sedimen di perairan Lampung Selatan pada tiga lokasi yaitu PT. Bukit Asam, Katibung dan Sebalang. Kandungan logam berat tersebut ditentukan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan empat parameter validasi metode yaitu linearitas, batas deteksi dan batas kuantifikasi, akurasi dan presisi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam berat Hg pada ketiga lokasi secara berturut-turut yaitu 1,4648 ppm, 1,0566 ppm, dan 1,3102 ppm. Kandungan logam berat Cd pada ketiga lokasi secara berturut-turut yaitu 10,1092 ppm, 6,7553 ppm dan 8,6303 ppm. Kandungan logam Cr pada ketiga lokasi secara berturut-turut yaitu 25,8332 ppm, 12,0288 ppm dan 14,4201 ppm. Konsentrasi logam Hg dan Cd sudah diatas baku mutu, sedangkan logam Cr berada di bawah baku mutu yang di tetapkan oleh *National Sediment Quality Survey* USEPA. Metode validasi menunjukkan nilai yang sesuai dengan keberterimaan AOAC yaitu untuk linearitas yang diperoleh dari nilai koefisien korelasi, pada ketiga logam yaitu Hg = 0,998, Cd = 1 dan Cr = 1. Nilai LoD logam Hg, Cd dan Cr secara berturut-turut yaitu 1,7830 ppb, 0,8149 ppm dan 0,2157 ppm. Nilai LoQ dari logam Hg, Cd dan Cr secara berturut-turut yaitu 5,9432 ppb, 2,7163 ppm dan 0,7190 ppm. Rerata akurasi yang diperoleh dari % *recovery* untuk logam Hg 101,6319%, Cd 100,8920%, dan Cr 100,1449%. Nilai presisi yang ditunjukkan oleh % RSD untuk Hg 0,10–0,60%, Cd 1,58-4,30% dan Cr 1,90-5,77%.

Kata kunci : Logam berat, sedimen, Hg, Cd, Cr, Spektrofotometri Serapan Atom

ABSTRACT

DETERMINATION OF HEAVY METALS OF MERCURY (Hg), CADMIUM (Cd), AND CHROMIUM (Cr) IN SEDIMENTS FROM THE COASTAL OF SOUTH LAMPUNG USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY (AAS) METHOD

Oleh

RIZA UMAMI

Research on determination of heavy metal of mercury (Hg), cadmium (Cd), and chromium (Cr) in sediments from the coastal of South Lampung at three locations :PT Bukit Asam, Katibung and Sebalang have been done. The heavy metal was determined using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method with four validation method parameters : linearity, limit of detection (LoD) and limit of quantification (LoQ), accuracy and precision. The results showed that Hg concentration in the three locations was 1.4648 ppm, 1.0566 ppm and 1.3102 ppm, respectively. The Cd concentration in all three locations was 10.1092 ppm, 6.7553 ppm and 8.6303 ppm. The Cr concentration in the three locations was 25.8332 ppm, 12.0288 ppm and 14.4201 ppm. The concentration of the Hg and Cd is above the quality standard of The *National Sediment Quality Survey* USEPA otherwise the concentration of the Cr is below the quality standard. Validation method was accepted to The AOAC standard with the linearity obtained from the correlation coefficient value of each metal are 0.998 in Hg, 1 for the Cd and 1 for Cr. LoD of Hg, Cd and Cr were 1.7830 ppb, 0.8149 ppm and 0.2157 ppm. LoQ of Hg, Cd and Cr metals were 5.9432 ppb, 2.7163 ppm and 0.7190 ppm respectively. The accuracy obtained from the recovery, is 101.6319% for Hg, 100.8890% for Cd, and 100.1449% for Cr. The precision obtained from RSD is 0.10-0.60% for Hg, 1.58-4.30% for the Cd and 1.90-5.77% for Cr.

Keywords : Heavy metal, sediment, Hg, Cd, Cr, Atomic Absorption Spectrophotometry

**PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg),
KADMIUM (Cd) DAN KROMIUM (Cr) PADA SEDIMEN DI PERAIRAN
LAMPUNG SELATAN SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN
ATOM**

Oleh

RizaUmami

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS**

pada

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT
MERKURI (Hg), KADMIUM (Cd) DAN
KROMIUM (Cr) PADA SEDIMEN DI
PERAIRAN LAMPUNG SELATAN SECARA
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

Nama Mahasiswa : **Riza Umami**

No. Pokok Mahasiswa : 1417011095

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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. Suripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

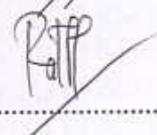
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



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



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Mita Rilyanti, M.Si.**



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Suratman, M.Sc.
NIP. 19640604 199003 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 April 2019**

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Selatan, pada tanggal 21 April 1996 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, putri dari Bapak Ahmad Suryadi dan Ibu Nartiyah Sari. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Berundung pada tahun 2008, MTs Al Muhajirin pada tahun 2011, dan SMAN 1 Kalianda pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan lulus di tahun 2019.

Saat menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai Kader Muda Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) FMIPA Unila pada periode kepengurusan 2014/2015. Kemudian pada periode 2015/2016 menjadi anggota Bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi Himaki FMIPA Unila. Pada tahun 2017, penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan di PT Sungai Budi Group, Bandar Lampung pada bulan Januari sampai dengan Februari 2017. Kemudian penulis pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pulau Sebesi, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan.

PERSEMBAHAN



Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang dan Segala Puji Syukur kepada-Nya, dengan kerendahan hati kupersembahkan karya kecilku ini kepada :

Orangtuaku tersayang
Bapak Ahmad Suryadi dan Ibu Nartiyah Sari
yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan untuk setiap langkah menuju keberhasilan. Semoga Allah selalu melindungi kalian dan melimpahkan kasih sayang-Nya

Adikku tercinta
Eliza Solehatin
yang selalu menjadi penyemangatku

Seluruh dosen yang telah membimbing dan mendidik adinda selama menempuh pendidikan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

Seluruh keluarga besar, sahabat, dan

Almamater tercinta

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetepilah bekerja keras (untuk urusan lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

-(QS. Al- Insyirah, 6-7)-

“Sabar bukan tentang seberapa lama kita bias menunggu, melainkan tentang bagaimana perilakumu saat menunggu”

-ANONIM-

SANWACANA

Alhamdulillahirrobbil 'alamiin. Segala puji dan syukur hanya kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung dengan judul “Penentuan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) pada Sedimen di Perairan Lampung Selatan Secara Spektrofotometri Serapan Atom”.

Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada suri tauladan umat, Nabi Muhammad SAW beserta para keluarga, sahabatnya dan semoga melimpah kepada kita semua selaku umatnya. *Aamiin ya robbal 'alamiin.*

Selama penyelesaian skripsi ini penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah turut serta membantu penulis. Oleh karena itu melalui tulisan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Suratman, M. Sc. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
3. Bapak Diky Hidayat, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan Pembimbing Akademik yang telah memberikan ilmu, motivasi, bimbingan, saran, nasihat

dan arahan serta semangat kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.

4. Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna J., M. Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan saran dan arahan serta semangat kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.

5. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M Si. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran, arahan, dan semangat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

6. Bapak Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, M. Si. selaku Kepala Laboratorium Analitik dan Instrumentasi atas izinnya kepada penulis untuk menyelesaikan penelitian di laboratorium.

7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu selama penulis belajar di Jurusan Kimia.

8. Seluruh karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung terkhusus Mba Iin dan Mas Udin selaku Laboran Kimia Analitik dan Instrumentasi, serta Pak Gani atas seluruh bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

9. Teristimewa untuk kedua orangtuaku, Bapak Ahmad Suryadi dan Ibu Nartiyah Sari yang tiada henti mendoakan, memberikan semangat dan kasih sayang serta segala perjuangan yang telah dilakukan untukku.

10. Adik perempuanku Eliza Sholehatin yang selalu memberikan semangat serta do'a untukku.

11. Prio Prakoso yang selalu memberikan doa, dukungan, bantuan serta semangat untukku.

12. Teman – teman dekatku sejak awal perkuliahan hingga saat ini (JOMBLO FISABILILLAH) Heny Wijaya, Tika Dwi Febriyanti, Reni Anggraeni, Ayisa Ramadona, Nova Ariska dan Zakia Istiana yang selalu ada disaat keadaan apapun, selalu memberikan semangat, keceriaan, dan nasihat kepadaku.
13. Keluarga Cemar Logam Berat, Yola Yashinta Batubara, Edit Hendri Purnami, Muhammad Firdaus, dan M. Firza Ersya yang telah berjuang dari awal penelitian hingga akhirnya dapat menyelesaikannya bersama – sama.
14. Rekan – rekan penelitian di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi, Yola, Edit, Daus, Firza, Riri, Yunita, Rizka, Fergina, Dinda, Teguh, Ilham, Windi, Della, dan Arra atas kebersamaan dan bantuannya selama bekerja di laboratorium.
15. Teman – teman Kimia 2014, terimakasih atas segala hal yang telah mengisi hari – hariku selama menempuh pendidikan.
16. Pimpinan Himaki FMIPA Unila kepengurusan 2016, Fikri Muhammad, Kartika Dewi Rachmawati, Riri Auliya, Teguh Wijaya Hakim, Herda Yulia, Yusuf Hadi Kurniawan, Heny Wijaya, Jepry Romansyah, Bidari Maulid Diana, Bunga Lantri Dwinta, Hestianingsih Famela, Nella Merliani, Reni Anggraeni, dan Ayisa Ramadhona.
17. Teman terbaikku sejak dari SMA hingga saat ini, Ketut Mahendri dan Citra Widyastuti terimakasih selalu menjadi penyemangat dan teman makan.
18. Himaki FMIPA Unila periode kepengurusan 2014/2015, 2015/2016, dan 2016.
19. Seluruh keluarga besar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung angkatan 2011 – 2018.
20. Almamater Universitas Lampung

21. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan.

Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk kita semua.

Bandar Lampung, 17 Juni 2019
Penulis

Riza Umami

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian.....	4
C. Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Geografi Provinsi Lampung	6
B. Pencemaran.....	8
C. Sedimen	10
D. Pencemaran Air	11
E. Logam Berat	12
F. Merkuri (Hg).....	16
G. Kadmium (Cd)	17
H. Kromium (Cr).....	19
I. Spektrofotometri Serapan Atom	22
1. Prinsip Dasar Spektrofotometri Serapan Atom	22
2. Kegunaan Spektrofotometer Serapan Atom.....	23
J. Analisis Kuantitatif.....	24
K. Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom.....	26
1. Sumber Cahaya.....	26
2. Sumber Atomisasi	27
3. Nebulizer	28
4. Monokromator.....	28
5. Detektor	28

L. Validasi Metode.....	28
1. Linieritas	29
2. Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi	29
3. Presisi	30
4. Akurasi	31
III. METODE PENELITIAN.....	32
A. Waktu dan Tempat Penelitian	32
B. Alat dan Bahan	32
C. Prosedur Penelitian.....	33
1. Pembuatan Larutan.....	33
a. Larutan HNO ₃ 5%	33
b. Larutan Standar Cd 1000 ppm	33
c. Larutan Standar Cr 1000 ppm.....	33
d. Larutan Standar Hg 1000 ppm.....	33
2. Metode Pengambilan Sampel.....	33
a. Persiapan Pengambilan Sampel	33
b. Pengambilan Sampel.....	34
3. Preparasi Sampel Sedimen Penentuan Kadar Hg, Cd, dan Cr	35
a. Preparasi Sampel Sedimen Penentuan Kadar Hg	35
b. Preparasi Sampel Sedimen Penentuan Kadar Cd dan Cr.....	35
4. Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	36
a. Kurva Kalibrasi Merkuri.....	36
b. Kurva Kalibrasi Kadmium.....	36
c. Kurva Kalibrasi Kromium	37
5. Validasi Metode	38
a. Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi	38
b. Presisi.....	39
c. Akurasi	39
1) Uji Perolehan Kembali Hg.....	39
2) Uji Perolehan Kembali Cd.....	39
3) Uji Perolehan Kembali Cr.....	40
d. Linearitas.....	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Pengambilan Sampel	41
B. Kandungan Logam Hg, Cd dan Cr pada Sedimen di Perairan Lampung Selatan	42
1. Kandungan Logam Merkuri (Hg).....	42
2. Kandungan Logam Kadmium (Cd).....	43
3. Kandungan Logam Kromium (Cr)	44
C. Validasi Metode.....	47
1. Linearitas	47
2. Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi	49
3. Akurasi	49
4. Presisi	51

V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
A. Kesimpulan	54
B. Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik Logam Kromium (Cr).....	19
2. Persentase perolehan kembali yang dapat diterima	32
3. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Hg	50
4. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Cd	50
5. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Cr	50
6. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Hg pada Sedimen	51
7. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cd pada Sedimen.....	51
8. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cr pada Sedimen	52
9. Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Standar Kadmium (Cd)...	64
10. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan Katibung	65
11. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan Sebalang.....	66
12. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan PT. Bukit Asam	67
13 Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Standar Kromium (Cr) ...	68
14. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan Katibung	69
15. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan Sebalang.....	70
16. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan PT. Bukit Asam	71
17. Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Standar Merkuri (Hg)....	72

18. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan Katibung	73
19. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan Sebalang.....	74
20. Absorbansi Larutan Sampel pada Sedimen Perairan PT. Bukit Asam	75
21. Nilai Standar Deviasi Blanko untuk Logam Cd	76
22. Nilai Standar Deviasi Blanko untuk Logam Cr.....	77
23. Nilai Standar Deviasi Blanko untuk Logam Hg	78
24. Nilai Persen Perolehan Kembali (Recovery) Logam Cd.....	79
25. Nilai Persen Perolehan Kembali (Recovery) Logam Cr	79
26. Nilai Persen Perolehan Kembali (Recovery) Logam Hg	79
27. Nilai M dan \bar{M} Logam Cd	80
28. Nilai M dan \bar{M} Logam Cr.....	81
29. Nilai M dan \bar{M} Logam Hg.....	82
30. Konsentrasi Logam Hg Sedimen Katibung, Sebalang, PT. Bukit Asam ...	83
31. Konsentrasi Logam Cr Sedimen Katibung, Sebalang, PT. Bukit Asam	83
32. Konsentrasi Logam Cd Sedimen Katibung, Sebalang, PT. Bukit Asam ...	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Lampung Selatan.....	7
2. Skematik SSA	23
3. Skema <i>Hollow Cathode Lamp</i>	27
4. Lokasi Pengambilan Sampel	34
5. Konsentrasi Logam Merkuri	43
6. Konsentrasi Logam Kadmium	44
7. Konsentrasi Logam Kromium.....	45
8. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Hg.....	47
9. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cd.....	48
10. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cr	48

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Provinsi Lampung meliputi area daratan seluas 35.288,35 km², termasuk pulau-pulau yang terletak pada bagian paling ujung tenggara Pulau Sumatera dan dibatasi oleh Provinsi Sumatera Selatan dan Bengkulu di sebelah utara, Selat Sunda di sebelah selatan, Laut Jawa di sebelah timur, dan Samudra Indonesia di sebelah barat. Provinsi Lampung dengan ibukota Bandar Lampung yang merupakan gabungan dari kota kembar Tanjung Karang dan Teluk Betung memiliki wilayah yang relatif luas dan menyimpan potensi laut yang tinggi. (Anonim I, 2015).

Kabupaten Lampung Selatan adalah salah satu dari 15 kabupaten di Provinsi Lampung, ibukota kabupaten ini terletak di Kalianda. Kabupaten Lampung Selatan memiliki luas wilayah 2.109,74 km² dan berpenduduk sebanyak kurang lebih 972.579 jiwa. Perairan laut Kabupaten Lampung Selatan merupakan jalur transportasi laut utama menghubungkan Pulau Sumatera dan Jawa. Pelabuhan utamanya yaitu pelabuhan Bakauheni dan pelabuhan Panjang serta pelabuhan untuk para kapal nelayan bersandar yaitu pelabuhan pasar ikan Teluk Betung, Tarahan dan Kalianda. Wilayah Kabupaten Lampung Selatan mempunyai

beberapa kawasan industri seperti Bakauheni, Tanjung Bintang, Katibung dan Tarahan (Nuri, 2009).

Beberapa industri yang terdapat di sekitar perairan Lampung Selatan diantaranya industri pengolahan makan, industri kimia, industri minyak, industri pariwisata, PLTU dan industri batu bara. Selain itu di pesisir Lampung Selatan terdapat pemukiman padat penduduk yang memanfaatkan aliran sungai sebagai saluran pembuangan limbah rumah tangga. Pembuangan limbah rumah tangga di saluran sungai mengakibatkan penurunan kualitas air bagi ekosistem di perairan yang disebabkan oleh limbah yang mengandung logam berat. Pencemaran logam berat di perairan yang berdekatan dengan industri berat seperti galangan kapal, PLTU, dan pelabuhan diduga lebih tinggi dibandingkan dengan perairan yang tidak berdekatan dengan industri berat. Hal ini disebabkan senyawa logam berat banyak digunakan dalam industri tersebut sebagai bahan baku, katalisator, fungisida maupun bahan tambahan lainnya (Murtini dkk., 2006).

Logam berat merupakan klasifikasi untuk logam yang menimbulkan toksisitas (Duffus, 2002). Logam berat dalam toksikologi dibagi atas dua jenis yaitu logam berat esensial yaitu logam berat yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh organisme hidup, tetapi dalam jumlah yang berlebihan menimbulkan efek racun, seperti Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Logam berat non esensial, keberadaannya dalam tubuh tidak diketahui manfaatnya atau bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr (Widowati dkk., 2008). Logam berat Hg, Cd dan Cr merupakan logam berat yang umumnya mempunyai sumber pencemar yang banyak di lingkungan sebagai akibat dari aktivitas manusia (Widowati dkk., 2015).

Logam berat kadmium banyak digunakan dalam industri baterai, cat, plastik, serta bahan bakar fosil, sedangkan logam berat kromium banyak digunakan dalam industri tekstil, *stainlees steel* serta pewarna dan cat. Penelitian Widowati dkk. (2015) menyebutkan nilai rata-rata konsentrasi Cd di Sungai Belau Lampung adalah 0,015 mg/L. Angka tersebut telah melebihi baku mutu yang dikeluarkan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 untuk biota laut yaitu 0,001 mg/L. Penelitian Rinawati dkk. (2008) menyebutkan bahwa konsentrasi logam Cr pada sedimen sungai Kuripan Lampung yaitu 0,0421 mg/L, konsentrasi tersebut juga melebihi baku mutu yang dikeluarkan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yaitu 0,002 mg/L. Penelitian Tugiyono (2007), menyebutkan konsentrasi logam Hg pada sedimen di Sungai Way Lunik-Kuala yaitu 0,001 mg/L, konsentrasi tersebut masih berada di bawah baku mutu. Logam berat merkuri banyak digunakan oleh pabrik-pabrik industri seperti alat listrik, cat, instrumen, katalis, pertanian, peralatan kedokteran gigi, dan farmasi. Merkuri digunakan dalam alat-alat listrik seperti lampu untuk penerangan. Merkuri juga digunakan dalam pembuatan baterai, karena baterai dengan bahan merkuri memiliki daya tahan yang lama dan kelembaban yang tinggi. Sebagian besar merkuri di alam dihasilkan oleh sisa-sisa atau limbah industri. Semua bentuk merkuri, baik dalam bentuk unsur, gas maupun dalam bentuk garam merkuri organik adalah beracun (Alfian, 2006).

Keracunan logam berat dapat merusak sistem saraf pusat, mengganggu komposisi darah, paru-paru, ginjal, hati dan organ-organ vital lainnya. Kandungan logam berat yang menumpuk pada air laut dan sedimen akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme (Said dkk., 2009).

Logam berat menjadi berbahaya disebabkan oleh proses bioakumulasi.

Bioakumulasi berarti meningkatkan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai dengan piramida rantai makanan. Logam berat dapat terakumulasi melalui rantai makanan, semakin tinggi tingkat rantai makanan yang ditempati oleh suatu organisme, akumulasi logam berat di dalam tubuhnya juga semakin bertambah. Dengan demikian manusia yang merupakan konsumen puncak tertinggi akan mengalami proses bioakumulasi logam berat yang besar di dalam tubuhnya (Hananingtyas, 2017).

Melihat penelitian yang telah dilakukan pada beberapa sungai di Lampung tentang tingginya kandungan logam berat Hg, Cd, dan Cr pada makhluk hidup dan lingkungan di sekitarnya yang melebihi baku mutu Kementerian Lingkungan Hidup, maka perlu dilakukan penelitian pada perairan laut Lampung Selatan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam-logam tersebut. Logam berat seperti Hg, Cd dan Cr pada sedimen laut tersebut dapat dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Alat ini dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa dimana Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) ini memiliki sensitivitas dan selektivitas yang tinggi.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kandungan logam berat merkuri (Hg), kromium (Cr), dan kadmium (Cd) pada sedimen laut di wilayah sekitar perairan

PT Bukit Asam, PLTU Tarahan dan pantai Sebalang Tarahan, Lampung Selatan dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

2. Membandingkan tingkat pencemaran logam berat merkuri (Hg), kromium (Cr), dan kadmium (Cd) pada sedimen laut di wilayah sekitar perairan PT Bukit Asam, PLTU Tarahan dan pantai Sebalang Tarahan, Lampung Selatan dengan baku mutu yang ditetapkan oleh *National Sediment Quality Survey* USEPA.
3. Memvalidasi metode analisis logam merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan kromium (Cr) dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) yang meliputi : Limit Deteksi atau *Limit of Detection* (LoD) dan Limit Kuantifikasi atau *Limit of Quantification* (LoQ), Presisi, Akurasi, dan Linieritas.

C. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang tingkat pencemaran logam berat merkuri (Hg), kromium (Cr), dan kadmium (Cd) di perairan Kabupaten Lampung Selatan, sehingga dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah, pihak industri dan masyarakat dalam mengelola kegiatan industri yang berwawasan lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Geografi Provinsi Lampung

Teluk Lampung merupakan salah satu dari dua teluk di ujung paling selatan pulau Sumatera, 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. Pesisir Teluk Lampung meliputi daratan dan perairan, dengan posisi geografis terletak antara $104^{\circ}56'$ - $105^{\circ}45'$ BT dan $5^{\circ}25'$ - $5^{\circ}59'$ LS.

Luas total wilayah daratan adalah 127.902 Ha dan luas perairan adalah 161.178 Ha (Helfinalis, 2000).

Aliran sungai yang membawa sedimen tersuspensi dari daratan akan bermuara di Teluk Lampung. Konsentrasi sedimen tersuspensi pada saat pasang lebih kecil dari pada saat surut. Saat pasang, pergerakan massa air dari arah laut menuju ke bagian dalam teluk, massa air ini akan membawa sedimen tersuspensi dari arah laut ke bagian dalam teluk. Saat pasang aliran massa air yang membawa sedimen tersuspensi yang berasal dari sungai akan tertahan oleh pergerakan massa air yang berasal dari arah laut, hal ini menyebabkan kecepatan aliran sungai akan menjadi pelan, sehingga kemampuan air untuk membawa sedimen menjadi berkurang,

akibatnya pengendapan tidak terjadi pada daerah teluk, melainkan akan mengendap di badan sungai (Nursusty, 2013).

Pesisir Kabupaten Lampung Selatan membentang dari muara Way Sekampung di Kecamatan Sragi hingga Desa Bawang di Kecamatan Punduh Pidada. Peta Kabupaten Lampung Selatan dapat dilihat pada Gambar 1. Pesisir Kabupaten Lampung Selatan terletak di bagian utara dari Teluk Lampung, sehingga ekosistem di daerah ini dipengaruhi oleh laut dan gunung (Hariyanto, 2007). Perairan laut Kabupaten Lampung Selatan merupakan jalur transportasi laut utama yang menghubungkan pulau Sumatera dan Jawa. Kondisi ini tentunya akan sangat mempengaruhi kualitas air di wilayah pesisir dan laut kabupaten Lampung Selatan. Adanya kegiatan pertambakan di sebagian wilayah pesisir Kabupaten Lampung Selatan juga turut menurunkan kualitas air laut yang ada. Hal lain yang menjadi permasalahan adalah masyarakat pesisir terbiasa membuang limbah domestik atau limbah rumah tangga ke tepian pantai (Nuri, 2009).



Gambar 1. Peta Lampung Selatan (Anonim, 2017).

B. Pencemaran

Berdasarkan Undang-Undang No. 32 tahun 2009 pengertian pencemaran lingkungan hidup 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.

Wilayah pesisir sangat rentan terhadap adanya pencemaran, hal tersebut dikarenakan wilayah pesisir merupakan tempat bermuaranya sungai-sungai yang berasal dari wilayah daratan. Berbagai macam limbah yang masuk, baik limbah padat maupun cair yang berasal dari daratan mengakibatkan wilayah pesisir sebagai tempat terakumulasinya berbagai macam limbah. Selain itu, masyarakat di sekitar pesisir sering memanfaatkan pesisir sebagai tempat pembuangan sampah. Hal tersebut mengakibatkan semakin menumpuknya sampah padat khususnya di dekat daerah pemukiman, yaitu permukiman yang membelakangi pantai (Simbolon, 2016).

Sanusi (2006) mendefinisikan pencemaran laut menimbulkan kerusakan pada lingkungan laut, kehidupan di laut, mengganggu aktivitas di laut (usaha penangkapan, budidaya, alur pelayaran) serta secara visual mereduksi keindahan (estetika), dikarenakan masuknya zat-zat (substansi) atau energi ke dalam lingkungan laut dan estuari baik langsung maupun tidak langsung, akibat adanya kegiatan manusia. Sifat toksik dan persistensi dari polutan yang masuk ke laut selain tergantung pada karakter fisik dan kimianya juga dari faktor lingkungan lautnya, yakni :

1. Kemantapan ekosistem (*constancy*); terkait dengan besar kecilnya pengaruh perubahan;
2. Persistensi ekosistem (*persistent*); terkait dengan lamanya waktu untuk kelangsungan proses-proses normal ekosistem;
3. Kelembaman ekosistem (*inertia*); terkait dengan kemampuan bertahan terhadap gangguan eksternal;
4. Elastisitas ekosistem (*elasticity*); terkait dengan kekenyalan/kemampuan ekosistem untuk kembali ke keadaan semula setelah mengalami gangguan;
5. Amplitudo ekosistem (*amplitude*); terkait dengan besarnya skala gangguan namun daya pulih (*recovery*) masih memungkinkan.

Pencemaran memerlukan penilaian yang subjektif. Pencemaran bahan organik dapat menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman di dalam air. Satu sisi adalah sisi positif, yaitu berupa terjadinya peningkatan kesuburan perairan yang berarti pula peningkatan potensi guna perairan. Di sisi lain, dampak buruk dari peningkatan unsur hara akan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan dan memerlukan penanganan yang serius (Murtini dkk., 2006).

Sumber pencemaran dapat dibagi menjadi dua, bersumber pada lokasi tertentu (*point source*) dan yang sumbernya tersebar (*non point/diffuse source*).

Dampak yang ditimbulkan *point source* dapat ditentukan berdasarkan karakteristik spasial kualitas air. Volume pencemar dari *point source* biasanya relatif tetap. Sumber *nonpoint source* dapat berupa *point source* dalam jumlah yang banyak. Misalnya luapan dari daerah pertanian yang mengandung pestisida

dan pupuk, luapan dari daerah pemukiman (domestik), dan luapan dari daerah perkotaan (Effendi, 2003).

C. Sedimen

Sedimen merupakan partikel batuan, mineral, atau bahan organik yang terbentuk akibat proses pengendapan melalui perantara angin, air atau es (Gray dan Elliot, 2009). Berdasarkan laporan Emerson dan Hedges (2008) menunjukkan bahwa kecepatan sedimentasi bahan organik sangat dipengaruhi oleh kandungan dalam bahan organik itu sendiri. Bahan organik yang mengandung mineral akan lebih cepat tersedimentasi dibandingkan bahan organik yang tidak mengandung mineral.

Sedimen yang merupakan kumpulan hasil rombakan batuan sekitarnya akan mempunyai kandungan logam berat yang ditentukan oleh mineralogi batuan asal. Daerah yang dipengaruhi oleh aktifitas manusia, akan memiliki kandungan logam berat yang terekam dalam sedimen yang terdiri atas geokimia alami. Kondisi ini merupakan input kontaminan logam berat masih cenderung dari darat (Arifin dan Fadhlina, 2009). Secara umum kadar logam berat diperairan dapat membahayakan kehidupan biota laut. Adanya akumulasi logam berat dalam sedimen dapat menimbulkan akumulasi pada tubuh biota yang hidup dan mencari makan di dalam air maupun di sekitar sedimen atau dasar perairan, dan akan mencemari kehidupan biota laut, yang pada gilirannya akan berbahaya bagi manusia yang mengkonsumsinya.

Kandungan logam berat dalam sedimen berkaitan dengan ukuran butiran sedimen dimana konsentrasi logam berat tinggi terdapat pada sedimen yang

memiliki ukuran partikel lebih halus dibandingkan dengan sedimen kasar. Fraksi sedimen halus memiliki area permukaan yang luas dan relatif tingginya gaya elektrostatis dari permukaan partikel tersebut (Situmorang dkk., 2010). Faktor lainnya yang mempengaruhi pengendapan sedimen adalah mekanisme transport material sedimen yang akan menentukan variasi pengendapan yang terjadi (Rachman, 2008).

D. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah penurunan kualitas air sehingga air tersebut tidak/kurang memenuhi syarat atau bahkan mengganggu pemanfaatan. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), air dinyatakan tercemar apabila terjadi perubahan komposisi atau keadaan kandungannya sebagai akibat kegiatan manusia secara langsung atau tidak langsung, sehingga air tersebut tidak atau kurang sesuai dengan fungsi atau tujuan pemanfaatan asalnya. Air yang mengalami polusi memiliki ciri-ciri yang sangat bervariasi tergantung dari jenis air dan polutannya atau komponen yang mengakibatkan polusi. Contoh air yang mengalami polusi adalah biota air akan berkurang pada air sungai yang terpolusi logam berat, bau yang menyengat yang timbul ada pantai dan laut, sungai dan danau yang terpolusi. Tanda-tanda polusi air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis polutan yang berbeda - beda. Polutan air dapat dikelompokkan berdasarkan sifatnya menjadi 6 yaitu padatan, bahan buangan yang membutuhkan oksigen, mikroorganisme, komponen organik sintetik, nutrien tanaman dan minyak (Agusnar, 2007).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 mendefinisikan tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air bahwa , pencemaran air diindikasikan dengan turunnya kualitas air sampai pada tingkat konsentrasi tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Tingkat konsentrasi tertentu yang dimaksud dalam peraturan pemerintah di atas adalah baku mutu air yang ditetapkan dan berfungsi sebagai tolak ukur untuk menentukan telah terjadinya pencemaran air. Penetapan baku mutu air selain didasarkan pada peruntukan (*designated beneficial water uses*), juga didasarkan pada kondisi nyata kualitas air yang mungkin berada antara satu daerah dengan daerah lainnya.

Penyebab pencemaran di wilayah pesisir umumnya adalah pemusatan penduduk, pariwisata dan industrialisasi di wilayah tersebut. Kondisi perairan Teluk Lampung berada pada status kondisi baik sampai tercemar ringan. Kondisi perairan Teluk Lampung pada saat ini memang masih terbilang sangat baik, tetapi kondisi ini harus terus dievaluasi. Hal ini terkait dengan tingkat aktivitas yang terus bertambah baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Untuk kegiatan pelabuhan sendiri, terlihat adanya peningkatan aktivitas dari waktu ke waktu. Kecenderungan peningkatan ini akan mengakibatkan berbagai dampak bagi lingkungan perairan sekitar yang sangat berpotensi untuk mengakibatkan pencemaran (Tugiyono dkk., 2015).

E. Logam Berat

Logam berat adalah semua jenis logam yang mempunyai berat jenis lebih besar atau sama dengan 5 g/cm^3 . Logam berat dicirikan sebagai unsur yang merupakan

konduktor yang baik, mudah ditempa, toksik, mempunyai nomor atom 22 - 92 dan terletak pada periode III dan IV dalam sistem periodik unsur kimia (Cotton dan Wilkinson, 1986). Logam berat dalam toksikologi dibagi atas dua jenis yaitu logam berat esensial yaitu logam berat yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh organisme hidup, tetapi dalam jumlah yang berlebihan menimbulkan efek racun, seperti Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn. Logam berat non esensial, keberadaannya dalam tubuh tidak diketahui manfaatnya atau bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr (Widowati dkk., 2008). Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia (Khasanah, 2009).

Logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku maupun media penolong dalam berbagai jenis industri. Masuknya limbah ini ke perairan laut dapat mengurangi kualitas perairan dan menimbulkan pencemaran.

Selain mengubah kualitas perairan, logam berat yang terendapkan bersama dengan sedimen juga dapat menyebabkan transfer bahan kimia beracun dari sedimen ke organisme (Zuraida, 2010). Logam berat merupakan klasifikasi untuk logam yang menimbulkan toksisitas (Duffus, 2002). Keracunan logam berat dapat merusak sistem saraf pusat, mengganggu komposisi darah, paru-paru, ginjal, hati dan organ-organ vital lainnya. Kandungan logam berat yang menumpuk pada air laut dan sedimen akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme (Said dkk., 2009). Secara alami, dalam konsentrasi

tertentu, logam berat dibutuhkan oleh makhluk hidup sebagai kofaktor proses metabolisme di dalam tubuh (Darmono, 2001).

Logam berat yang terakumulasi pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup di perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi akuatik yang bersifat dinamis seperti perubahan pH akan menyebabkan logam-logam yang terendapkan dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal ini yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme yang hidup bila ada dalam jumlah berlebih dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut. Sifat toksik logam berat dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu; toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn; toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni dan Co; toksik rendah terdiri dari unsur Mn dan Fe. Logam berat yang masuk ke sistem perairan, baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan (Ernawati, 2010).

Pallar (2004), menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan logam berat dalam suatu badan air sebagai berikut :

1. pH badan air

Bentuk logam di dalam perairan dapat berupa ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

2. Suhu air

Kenaikan suhu air dan penurunan pH akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat. Suhu air yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat ke partikulat untuk mengendap di dasar. Saat suhu air naik, senyawa logam berat akan melarut di air karena penurunan laju adsorpsi ke dalam partikulat. Logam yang memiliki kelarutan yang kecil akan ditemukan di permukaan air selanjutnya dengan perpindahan dan waktu tertentu akan mengendap hingga ke dasar, artinya logam tersebut hanya akan berada di dekat permukaan air dalam waktu yang sesaat saja untuk kemudian mengendap lagi. Hal ini ditentukan antara lain oleh massa jenis air, viskositas (kekentalan) air, temperatur air, arus air serta faktor lainnya.

3. Konsentrasi oksigen dalam badan air

Daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen, dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen.

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

1. Logam berat sulit didegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi di lingkungan;

2. Logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh organisme dan konsentrasinya dapat semakin tinggi, atau disebut juga dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi;

Logam berat mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam di dalam air. Mulyawan (2005) dalam pembahasan tentang korelasi kandungan logam berat pada air, sedimen dan biota air menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan logam berat dalam perairan maka semakin tinggi pula kandungan logam berat pada sedimen dan yang terakumulasi dalam biota air tersebut.

F. Merkuri (Hg)

Merkuri (*hydrargyrum* atau Hg) memiliki nomor atom 80 dengan berat atom 200,59 g/mol (Cotton dan Wilkinson, 1989). Sumber alami merkuri berasal dari pelapukan batuan dan erosi tanah yang mengandung HgS (*cinnabar*) (Effendi, 2003). Sumber merkuri juga dapat berasal dari pelapukan batuan dan erosi tanah yang melepaskan merkuri ke dalam perairan. Berbagai jenis aktivitas manusia dapat meningkatkan kadar merkuri di lingkungan. Aktivitas tersebut antara lain adalah penambangan, peleburan (untuk menghasilkan logam dari bijih tambang sulfida), pembakaran bahan bakar fosil, dan produksi baja, semen serta fosfat (Putri, 2010). Merkuri dan turunannya banyak dipakai dalam pembuatan cat, baterai, komponen listrik, ekstraksi emas dan perak, gigi palsu, senyawa anti karat (*anti fouling*), serta fotografi dan elektronik. Pada industri kimia yang memproduksi gas klorin dan asam klorida juga menggunakan merkuri. Merkuri dan komponen komponennya juga sering dipakai sebagai pestisida (Fardiaz, 2005).

Logam merkuri sering dipakai sebagai katalis dalam proses di industri-industri kimia, terutama pada industri vinil klorida yang merupakan bahan dasar dari berbagai plastik. Alat-alat pencatat suhu seperti termometer memakai logam merkuri karena bentuknya yang cair pada kisaran suhu yang luas, uniform, pemuai serta konduktivitasnya tinggi (Fardiaz, 2005). Penggunaan merkuri terkait dengan sifat merkuri yang dijabarkan oleh Effendi (2003); Fardiaz (2005):

1. Satu-satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25 °C) dan memiliki titik beku yang rendah dibanding logam lainnya, yaitu -39 °C.
2. Memiliki titik didih 396 °C.
3. Memiliki volatilitas yang tinggi dibandingkan dengan logam lainnya.
4. Merupakan konduktor yang baik karena memiliki ketahanan listrik yang rendah.
5. Mudah dicampur dengan logam lain membentuk komponen yang disebut amalgam (*alloy*).
6. Merkuri dan komponen-komponennya bersifat toksik terhadap semua makhluk hidup.

G. Kadmium (Cd)

Kadmium disingkat dengan Cd (*cadmium*) memiliki nomor atom 48, dengan berat atom 112,41 g/mol, memiliki titik didih dan titik leleh masing-masing 765 °C dan 320,9 °C (Cotton dan Wilkinson, 1989). Kadmium (Cd) adalah logam putih keperakan, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, tahan panas, tahan terhadap korosi dan mudah bereaksi. Pencemaran kadmium (Cd) dapat berasal dari industri pengolahan bijih logam, industri pelapisan logam, industri pestisida,

pertambangan, dan proses penghilangan cat (*paint stripping*) (Istarani dan Pandebesie, 2014).

Kadmium (Cd) merupakan unsur golongan IIB (logam) yang mempunyai bilangan oksidasi +2, ion dalam larutan tidak berwarna, dan senyawa dalam bentuk padatan tidak berwarna mencolok (Petrucci, 1987). Kadmium hanya sedikit di dalam air dan tidak bereaksi dengan H₂O, melainkan hanya terhidrasi di dalamnya sebagai ion kompleks berikatan dengan CO₃²⁻, Cl⁻ dan SO₄²⁻.

Keberadaan ion Cd²⁺ di dalam air tergantung kadar garam dan keasaman (pH). Air dengan kadar garam dan alkalinitas tinggi akan mempercepat spesiasi ion Cd²⁺ yaitu dengan membentuk pasangan ionnya (Marganof, 2003). Kadmium di lingkungan berkombinasi dengan element lain seperti oksigen (kadmium oksida), klorin (kadmium klorida), dan belerang (kadmium sulfida) (Yatimah, 2014).

Kadmium (Cd) merupakan logam yang bersumber dari aktivitas alamiah dan antropogenik. Secara alamiah Cd didapat dari letusan gunung berapi, jatuhan atmosferik, pelapukan bebatuan, dan jasad organik yang membusuk. Industri menggunakan Cd dalam pembuatan baterai Ni-Cd, pigmen Cd (membuat warna lebih cerah pada gelas, keramik, plastik dan cat halus), stabilisator Cd untuk mencegah radiasi dan oksidasi, pelapis baja dan alumunium, pematri, industri metalurgi, sebagai campuran Zn, dan bahan campuran semen, bahan bakar fosil dan pupuk fosfat (Darmono, 2001).

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 menetapkan baku mutu logam berat kadmium di perairan sebesar 0,01 mg/L. Kadmium merupakan logam berat yang bersifat karsinogen, mutagenik, dan teratogenik bagi organisme

hidup. Kadmium dalam tubuh organisme memiliki waktu paruh panjang (20 - 30 tahun) dan umumnya terakumulasi di dalam ginjal dan hepar (Rumahlta dkk., 2012). Efek kadmium yaitu rusaknya ginjal dan hepar, osteoporosis, anemia, menginaktifkan aktivitas enzim, dan kanker (Apriliani, 2010).

Kadmium (Cd) masuk ke dalam air melalui beberapa cara yaitu dekomposisi atmosfer yang berasal dari kegiatan industri, erosi tanah dan bebatuan, air hujan, kebocoran tanah pada tempat-tempat tertentu, dan penggunaan pupuk di lahan pertanian (Marganof, 2003). Angin menggerakkan Cd di udara ke tanah dan air dalam bentuk partikulat. Logam Cd masuk ke dalam tubuh manusia melalui rokok, makan dan minuman yang mengandung Cd, udara yang dihirup, perhiasan, dan tempat kerja yang dapat memaparkan Cd. Partikel Cd yang sangat kecil dapat langsung masuk ke dalam paru-paru dan tubuh untuk kemudian ditransfer ke tulang, lever, dan ginjal (Octarianita, 2017).

H. Kromium (Cr)

Kromium merupakan salah satu unsur logam transisi golongan VI B yang tahan karat dan berwarna abu-abu. Sifat fisik logam kromium dapat dilihat pada

Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Logam Kromium (Cr)

Sifat	Kuantitas
Nomor atom	24
Densitas (g/cm ³)	13,11
Titik lebur (°C)	1765
Titik didih (°C)	1810
Kalor fusi (kJ/mol)	4,90
Kalor penguapan (kJ/mol)	190,5
Kapasitas panas pada 25 °C(J/mol.K)	21,650

(Milasari, 2016).

Menurut Svehla (1999) dalam larutan air, kromium (Cr) membentuk tiga jenis ion yaitu :

a. Kromium(II) (Cr^{2+})

Kromium(II) memiliki bilangan oksidasi +2, bersifat tidak stabil karena merupakan zat pereduksi yang kuat dan dapat menguraikan air perlahan-lahan dengan membentuk hidrogen. Oksigen di udara akan mengoksidasi Cr^{2+} menjadi Cr^{3+} , membentuk larutan yang berwarna biru. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{2+} bersifat basa.

b. Kromium(III) (Cr^{3+})

Kromium(III) memiliki bilangan oksidasi +3 dan bersifat stabil. Dalam larutan, ion-ion ini berwarna hijau atau lembayung. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{3+} bersifat amfoter.

c. Kromium(VI) (Cr^{4+})

Kromium(VI) memiliki bilangan oksidasi +6. Ion-ion kromat berwarna kuning sedangkan dikromat berwarna jingga. Senyawa yang terbentuk dari ion kromium(VI) bersifat asam. Ion-ion kromat dan dikromat merupakan zat pengoksidasi yang kuat sedangkan jika diasamkan, akan membentuk ion-ion dikromat.

Kromium secara alami merupakan unsur esensial yang dibutuhkan oleh tubuh dan terdapat dalam hewan, tumbuhan maupun tanah. Kromium dapat berbentuk cairan, padatan maupun gas dan terdapat di alam dalam 3 jenis valensi yaitu kromium(II), kromium(III) dan kromium(VI). Kromium(III) merupakan unsur esensial yang dibutuhkan tubuh dalam reaksi enzimatik untuk metabolisme gula, protein dan lemak. Kromium(III) memiliki sifat toksisitas yang rendah

dibandingkan dengan kromium(VI). Bahan makanan dan tumbuhan memiliki mobilitas kromium relatif rendah dan diperkirakan konsumsi harian kromium pada manusia dibawah 100 µg, berasal dari makanan, sedangkan dari air dan udara dalam tingkat yang rendah. Kromium(VI) lebih mudah diserap oleh tubuh dibandingkan dengan kromium(III). Namun, setelah di dalam tubuh kromium(VI) segera mengalami reduksi menjadi kromium(III) (ATSDR, 2008).

The Department of Health and Human Services (DHHS), The International Agency for Research on Cancer (IARC), dan Environmental Protection Agency (EPA) menetapkan bahwa kromium(VI) merupakan komponen yang bersifat karsinogen bagi manusia. Pekerja yang terpapar langsung dengan kromium(VI) pada sistem inhalasi tubuh dapat menyebabkan kanker paru-paru. Kromium(VI) yang terdapat dalam air minum dapat menyebabkan tumor pada perut manusia dan hewan (ATSDR, 2008). Efek lain yang ditimbulkan yaitu berdampak karsinogen (penyebab kanker) dan teratogen (menghambat pertumbuhan janin dan mutagen (Schiavon *et al.*, 2008).

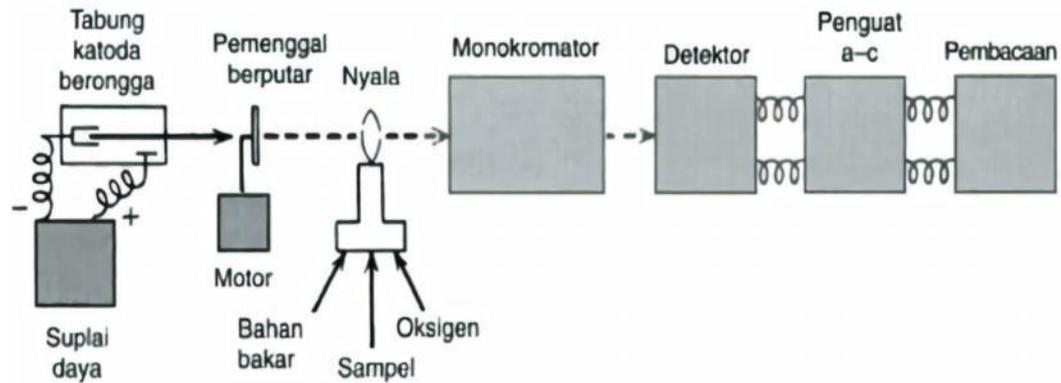
Akumulasi kromium(VI) dalam jumlah 7,5 mg/L pada manusia menyebabkan toksisitas akut berupa kematian sedangkan bila terjadi akumulasi kromium(VI) pada dosis 0,57 mg/kg perhari dapat menyebabkan kerusakan pada hati (ATSDR, 2008). Efek keracunan akibat kromium(VI) pernah terjadi di sungai Jinzhou China pada tahun 1987, yang menyebabkan kerusakan pada hati, gangguan perut serta kematian pada penduduk sekitar. Pencemaran air sungai terjadi akibat industri yang menyebabkan konsentrasi kromium(VI) dalam air sungai mencapai 20 mg/L (Zhang and Li, 1987). *The Occupational Health and Safety*

Administration (OSHA) menetapkan batas maksimal bagi pekerja yang terpapar dengan kromium secara langsung adalah $0,005 \text{ mg/m}^3$ untuk kromium (VI) dan $0,5 \text{ mg/m}^3$ untuk kromium (III) dan 1 mg/m^3 untuk kromium(II) selama 8 jam kerja sehari dan 40 jam kerja selama 1 minggu.

I. Spektrofotometri Serapan Atom

1. Prinsip Dasar Spektrofotometri Serapan Atom

Spektrofotometri serapan atom (SSA) didasarkan pada absorpsi atom pada suatu unsur yang dapat mengabsorpsi energi pada panjang gelombang tertentu. Banyak energi sinar yang diabsorpsi berbanding lurus dengan jumlah atom yang mengabsorpsi. 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. Saat kembali ke keadaan dasar, elektron melepaskan energi panas atau energi sinar (Clark, 1979). Skema alat Spektrofotometer serapan atom (SSA) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik SSA (Day dan Underwood, 2002).

2. Kegunaan Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometer serapan atom (SSA) telah digunakan untuk penetapan lebih kurang 70 unsur. Penggunaannya meliputi sampel biologi dan klinik, *forensic materials*, makanan dan minuman, air termasuk air buangan, tanah, tanaman, pupuk, logam, mineral, hasil-hasil minyak bumi, farmasi dan kosmetik.

Adapun kelebihan dan kekurangan spektrofotometer serapan atom (Anonim II, 2017).

- a. Kelebihan yang dimiliki oleh metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), yaitu :
 1. Menganalisis konsentrasi logam berat dalam sampel secara akurat karena konsentrasi yang terbaca pada alat SSA berdasarkan banyaknya sinar yang diserap yang berbanding lurus dengan kadar zat.
 2. Menganalisis sampel sampai pada kadar rendah (ppb), sedangkan pada metode lain seperti volumetrik hanya dapat menganalisis pada kadar yang tinggi (ppm).
 3. Analisis sampel dapat berlangsung lebih cepat.
- b. Kekurangan penggunaan metode SSA, yaitu :

1. Hanya dapat menganalisis logam berat dalam bentuk atom-atom. SSA menganalisis logam berat dari atom-atom karena tidak berwarna.
2. Sampel yang dianalisis harus dalam suasana asam, sehingga semua sampel yang akan dianalisis harus dibuat dalam suasana asam dengan pH antara 2-3.
3. Biaya operasional lebih tinggi dan harga peralatan yang mahal.

J. Analisis Kuantitatif

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur dimana pemakaiannya sangat luas pada berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisa relatif murah, sensitif tinggi (ppm/ppb), waktu analisa yang relatif sangat cepat dan mudah dilakukan. Analisa menggunakan AAS menjadi alat yang canggih dalam analisa unsur karena sebelum dilakukan pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan unsur suatu logam dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, dengan syarat katoda berongga yang diperlukan tersedia. Atom dari suatu unsur pada keadaan dasar akan dikenai oleh radiasi maka atom tersebut akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron yang berada pada kulit terluar naik ke tingkat energi yang lebih tinggi atau tereksitasi. Atom-atom yang berada dalam sampel akan menyerap sebagian sinar yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi cahaya dapat terjadi pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan energi yang dibutuhkan oleh atom tersebut (Basset, 1994).

Hukum yang mendasari analisis dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom yaitu apabila terdapat cahaya pada panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sampel yang mengandung atom-atom bebas maka sebagian cahaya yang diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang terdapat di dalam sel. Terdapat dua hukum turunan tentang hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi yaitu:

- a. Hukum Lambert : Bila suatu sumber sinar kromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mangasorbsi
- b. Hukum Beer : intensitas sinar yang di teruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum ini didapatkan persamaan sebagai berikut (Day & Underwood, 1989):

$$A = \log \frac{I_0}{I_t} = \log \frac{I}{T} = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (1)$$

Keterangan:

I_0 : Intensitas Sumber Sinar

I_t : Intensitas Sinar yang di Teruskan

ϵ : Absortivitas Molar

b : Panjang Gelombang

c : Konsentrasi Atom-atom yang Menyerap Sinar

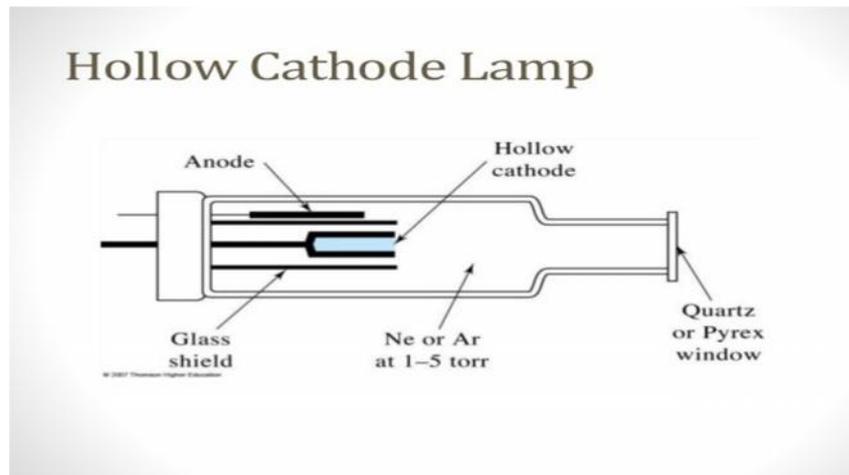
A : Absorbansi

K. Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom

1. Sumber Cahaya

Sumber cahaya yang biasa digunakan adalah sumber cahaya garis, yaitu lampu katoda rongga atau *Hollow Cathode Lamp* (HCL) dan *Electrodeless Discharge Lamp* (EDL). *Hollow Cathode Lamp* (HCL) merupakan sumber garis, dimana setiap logam baru atau unsur yang akan diidentifikasi membutuhkan lampu terpisah. Beberapa lampu disediakan dalam unsur ganda seperti Ca-Mg dan Cr-Fe-Ni, dimana katode dibuat dalam dua atau tiga logam dengan sifat yang mirip (Settle, 1997).

Hollow Cathode Lamp merupakan lampu yang ditutupi gelas diisi dengan gas inert, biasanya neon, argon, atau terkadang helium, pada tekanan 1 -5 torr dan katoda rongga dibuat dari unsur murni senyawa yang diinginkan. Tegangan yang diberikan diantara anode (positif) atau katode (negatif) adalah 500 V dimana arus sekitar 2 sampai 30 mA. Gas pengisi terionisasi pada anode dan ion positif terbentuk dan dipercepat dengan adanya muatan pada katoda negatif. Ion tersebut lalu menubruk atau menyerang katoda, menyebabkan ion logam terlepas dari katoda. Tabrakan lebih lanjut akan mengakibatkan atom logam dan ion logam yang tereksitasi memproduksi spektrum spesifik dari logam yang diinginkan ketika logam tersebut kembali pada tingkat energi dasar atau ground state (Settle, 1997). Skema *Hollow Cathode Lamp* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema *Hollow Cathode Lamp* (Anonim, 2017).

Electrodes Discharge Lamp (EDL) merupakan sumber untuk spektrum garis. Lampu ini biasanya lebih kuat satu sampai dua kali lipat dari pasangannya *hollow-cathode*, disusun dari wadah *quartz* yang terisi gas inert, seperti argon, dalam tekanan beberapa torr dan sejumlah logam analit (atau garamnya). Lampu tersebut tidak terdapat elektroda tetapi mendapat daya dari radiofrekuensi atau radiasi microwave. Argon akan ter-ion dan ion tersebut dipercepat dengan frekuensi tinggi sampai mendapat cukup energi untuk mengeksitasi (dengan tabrakan) atom-atom dari logam yang spektrumnya dicari (Skoog *et al.*, 2004).

2. Sumber Atomisasi

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua 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 untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous

oksidaasetilen. Kedua jenis nyala ini merupakan kondisi analisis yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode emisi, absorpsi dan juga fluoresensi (Slavin, 1987).

3. *Nebulizer*

Tujuan sistem pembakar- pengabut adalah untuk mengubah larutan uji menjadi atom-atom dalam bentuk gas. Fungsi pengabut adalah menghasilkan kabut atau aerosol larutan uji. Larutan yang akan dikabutkan ditarik ke dalam pipa kapiler kemudian oleh semprotan udara yang ditiupkan melalui ujung kapiler, selanjutnya dialirkan gas bertekanan tinggi untuk menghasilkan aerosol yang halus. (Basset, 1994).

4. Monokromator

Monokromator di dalam spektrofotometer serapan atom memiliki fungsi untuk memisahkan garis resonansi dari semua garis yang tidak diserap yang dipancarkan oleh sumber radiasi (Braund, 1982).

5. Detektor

Detektor pada spektrofotometer absorpsi serapan atom berfungsi mengubah intensitas radiasi yang datang menjadi arus listrik. Pada SSA yang umum dipakai sebagai detektor adalah tabung penggandaan foton *Photo Multiplier Tube Detector*.

L. Validasi Metode

Validasi metode adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan penggunaannya (Harmita, 2006).

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). Hubungan linier yang ideal dicapai jika nilai $a = 0$ dan $r = +1$ atau $r = -1$ merupakan hubungan yang sempurna, tanda + dan – bergantung pada arah garis. Tanda positif (+) menunjukkan korelasi positif yang ditandai dengan arah garis yang miring ke kanan, sedangkan tanda negatif (-) menunjukkan korelasi negatif yang ditandai dengan arah garis yang miring ke kiri (Riyanto, 2014).

2. Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi

Batas deteksi atau *Limit of Detection* (LoD) adalah konsentrasi terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan, sedangkan batas kuantifikasi atau *Limit of Quantification* (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:

$$\text{LoD} = \frac{k \times S_b}{SI} \quad (2)$$

$$\text{LoQ} = \frac{k \times S_b}{SI} \quad (3)$$

Keterangan :

LoD : limit deteksi

LoQ : limit kuantifikasi

K : 3 untuk batas deteksi atau 10 untuk batas kuantitasi

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

Presisi adalah ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Metode dengan presisi yang baik ditunjukkan dengan perolehan relatif standar deviasi (RSD) 4% pada konsentrasi analit 100 ppm, 6% pada konsentrasi analit 10 ppm dan 8% pada konsentrasi analit 1 ppm dan 15% pada konsentrasi analit 10 ppb (Riyanto, 2014). Simpangan baku dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Sb = \frac{\sqrt{[\Sigma(x-X)^2]}}{n-1} \quad (4)$$

Keterangan :

Sb : Simpangan baku

x : Konsentrasi hasil analisis

n : Jumlah pengulangan analisis

X : Konsentrasi rata-rata hasil analisis

Relatif standar deviasi (RSD) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{RSD} = \frac{S_b}{X} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

RSD : Relatif standar deviasi

X : Konsentrasi rata-rata hasil analisis

Sb : Standar deviasi

(Riyanto, 2014)

4. Akurasi (Kecermatan)

Akurasi merupakan suatu kedekatan kesesuaian antara hasil suatu pengukuran dan nilai benar dari kuantitas yang diukur atau suatu pengukuran posisi yaitu seberapa dekat hasil pengukuran dengan nilai benar yang diperkirakan. Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) analit yang ditambahkan. Persen perolehan kembali dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{Persen perolehan kembali} = \frac{C_F - C_A}{C_A^*} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan :

CF : Konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran

CA : Konsentrasi sampel sebenarnya

CA* : Konsentrasi analit yang ditambahkan

(Riyanto, 2014).

Persentase perolehan kembali yang dapat diterima dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase perolehan kembali yang dapat diterima.

Unit	Perolehan kembali (%)
100 ppm	90-107
10 ppm	80-107
1 ppm	80-110
100 ppb	80-110
10 ppb	60-115
1 ppb	40-120

(Riyanto, 2014).

III. METODE PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Februari 2018 sampai dengan bulan Desember 2018. 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 Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

B. ALAT DAN BAHAN

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, oven, mortar dan alu, ayakan 106 mesh, termometer, *Eckman Grab*, *Water Sampler*, neraca analitik, kertas saring, pH meter, spatula, corong, *coolbox*, penangas listrik, spidol, label, wadah sampel dan Spektrofotometer Serapan Atom.

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel air laut, sampel sedimen, HNO_3 teknis 68% , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ p.a merck, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ p.a merck, HgSO_4 p.a merck, HClO_4 teknis 60%, H_2SO_4 95% merck, dan akuades.

C. PROSEDUR

1. Pembuatan Larutan

a. Larutan HNO₃ 5% v/v

HNO₃ 68% diambil sebanyak 73,52 mL lalu diencerkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang telah dimasukkan sebelumnya sedikit akuades kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

b. Larutan Standar Cd 1000 ppm

Cd(NO₃)₂ ditimbang sebanyak 2,1 gram lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

c. Larutan Standar Cr 1000 ppm

K₂Cr₂O₇ ditimbang sebanyak 5,7 gram lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

d. Larutan Standar Hg 1000 ppm

Hg(SO₄) ditimbang sebanyak 1,6 gram dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL, dilarutkan dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

Perhitungan untuk pembuatan larutan dapat dilihat di Lampiran 1.

2. Metode Pengambilan Sampel

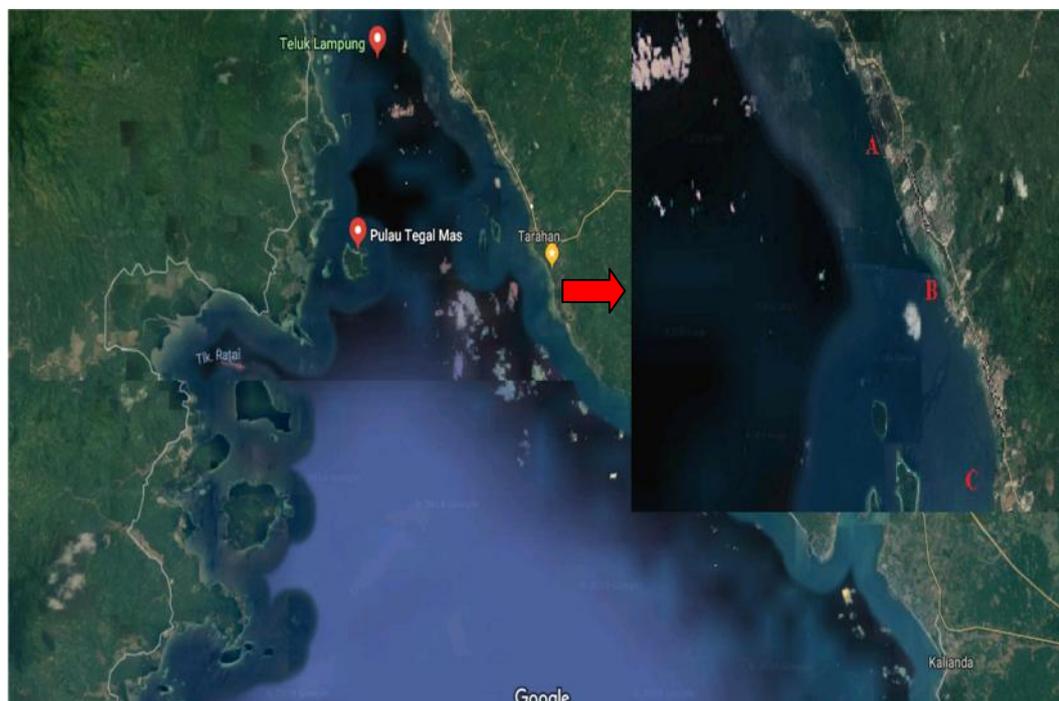
a. Persiapan Pengambilan Sampel

Semua wadah yang akan digunakan untuk penelitian ini dicuci dengan sabun dan dibilas merata dengan air sampai busanya habis, kemudian direndam dengan HNO₃ 5% selama 24 jam untuk menghilangkan kontaminasi logam yang

menempel dalam wadah sampel. Proses pengeringan dan penyimpanan dilakukan dalam keadaan tertutup sampai digunakan (Sulistiani, 2009).

b. Pengambilan Sampel

Sampel sedimen diambil di pesisir Lampung Selatan pada 3 tempat yang berbeda yaitu PT Bukit Asam (simbol A), Katibung (simbol B) dan pantai Sebalang (simbol C). Sampel sedimen diambil dengan jarak 50-100 meter dari pinggir pantai dan masing-masing tempat pengambilan sampel diambil tiga titik yang berbeda. Sampel sedimen yang telah diambil dengan menggunakan *eckman grab* dimasukkan ke dalam kantong plastik transparan dan diberi label. Selanjutnya sampel disimpan dalam *coolbox* yang selanjutnya dibawa ke laboratorium. Lokasi pengambilan sampel terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Pengambilan Sampel (Google Map)
A) PT. Bukit Asam B) Katibung C) Pantai Sebalang

3. Preparasi Sampel Sedimen Penentuan Kadar Hg, Cd, dan Cr

a. Preparasi Sampel Sedimen untuk Penentuan Kadar Logam Hg

Sedimen basah dikeringkan dengan sinar matahari kemudian dikeringkan kembali dalam oven 60 °C selama 1 jam selanjutnya sedimen kering digerus. Erlenmeyer 250 mL disiapkan, selanjutnya sedimen kering ditimbang sebanyak ± 1 gram, dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Larutan HNO₃ dan HClO₄ ditambahkan sebanyak 4 mL dengan perbandingan (1 : 1) ke dalam erlenmeyer, selanjutnya ditambahkan 10 mL H₂SO₄ ke dalam erlenmeyer. Air suling bebas merkuri sebanyak 2 mL ditambahkan ke dalam erlenmeyer. Bahan tersebut dipanaskan di atas penangas listrik selama 20 menit, kemudian didinginkan. Hasil destruksi dicuci dan disaring menggunakan kertas saring Whatman no. 41 lalu diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

b. Preparasi Sampel Sedimen untuk Penentuan Logam Cd dan Cr

Sedimen basah dijemur di bawah sinar matahari kemudian dioven selama 1 jam pada suhu 100 °C, selanjutnya sedimen kering digerus hingga halus. Sedimen halus ditimbang dengan teliti 10 gram dimasukkan ke dalam tabung destruksi, ditambahkan 20 mL larutan HNO₃ pekat kemudian didestruksi dan didiamkan selama 3 jam sampai larutan menjadi jernih. Hasil destruksi disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman no. 41. Sisa sedimen yang terdapat pada kertas saring dicuci dengan 10 mL akuades dengan 30 kali pengulangan hingga pH 2-3. Filtrat yang dihasilkan kemudian diukur dengan spektrofotometer serapan atom.

4. Pembuatan Kurva Kalibrasi

a. Kurva Kalibrasi Merkuri

Larutan standar merkuri 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 Hg dengan konsentrasi 10 ppm. Sebanyak 0,2 mL: 0,15 mL: 0,1 mL, 0,05 mL dan 0,025 mL larutan Hg 10 ppm dipipet, 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 0,02 ; 0,015 ; 0,01 ; 0,005 dan 0,0025 ppm. Larutan-larutan standar merkuri tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 253,7 nm (Harmita, 2006).

b. Kurva Kalibrasi kadmium

Larutan standar kadmium 1000 ppm dipipet sebanyak 5 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 yaitu larutan Cd 50 ppm , selanjutnya dipipet sebanyak 20 mL, 10 mL, 5 mL, 2 mL dan 1 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 10 ppm, 5 ppm, 2,5 ppm, 1 ppm dan 0,5 ppm. Larutan-larutan

standar kadmium tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 228,8 nm (Harmita, 2006).

c. Kurva Kalibrasi Kromium

Larutan standar kromium 1000 ppm dipipet sebanyak 5 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 yaitu larutan Cr 50 ppm, selanjutnya dipipet sebanyak 40 mL, 20 mL, 10 mL, 2,0 mL dan 1 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 20 ppm, 10 ppm, 5 ppm, 1 ppm dan 0,5 ppm. Larutan standar kromium tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 357,9 nm (Sari, 2017).

Kurva standar dibuat dengan plot antara konsentrasi larutan standar dengan absorbansi, garis korelasi antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y) menghasilkan persamaan regresi linear. Konsentrasi pengukuran dari sampel dapat diketahui dari persamaan regresi linear tersebut, sebagai berikut :

$$y = a + bx \quad (7)$$

keterangan :

y = Absorbansi sampel

b = *Slope* (nilai kemiringan)

x = Konsentrasi sampel

a = *Intercept* (intersep)

Konsentrasi sebenarnya dari sampel kering dapat ditentukan dengan persamaan berikut (Siaka, 2008).

$$M = \frac{C.V.F}{B} \quad (8)$$

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 parameter dalam validasi metode diantaranya batas deteksi atau *Limit of Detection* (LoD) dan batas kuantifikasi atau *Limit of Quantification* (LoQ), presisi (ketelitian), akurasi (ketepatan) dan linieritas kurva kalibrasi.

a. Batas Deteksi dan Batas Kuantifikasi

Penentuan nilai batas deteksi atau *Limit of Detection* (LoD) dan batas kuantifikasi *Limit of Quantification* (LoQ) untuk logam Hg, Cr, dan Cd diperoleh dari pengukuran blangko masing-masing sebanyak 4 kali pengulangan yang selanjutnya hasil pengukuran diproses dengan metode perhitungan persamaan kurva kalibrasi secara statistik.

b. Presisi

Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 4 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) 4% pada konsentrasi analit 100 ppm, 6% pada konsentrasi analit 10 ppm dan 8% pada konsentrasi analit 1 ppm dan 15% pada konsentrasi analit 10 ppb (Riyanto, 2014).

c. 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 perolehan kembali dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (6) (Riyanto, 2014). Persentase perolehan kembali yang dapat diterima dapat dilihat pada Tabel 2.

1) Uji Perolehan kembali Hg

Sebanyak 0,001 mL larutan standar Hg 1000 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

2) Uji Perolehan kembali Cd

Sebanyak 0,5 mL larutan standar Cd 1000 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

3) Uji Perolehan kembali Cr

Sebanyak 0,5 mL larutan standar Cr 1000 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

d. Linieritas Kurva Kalibrasi

Uji ini dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi standar dari masing-masing logam dengan lima macam konsentrasi, untuk standar Cd, dan Cr yaitu 0,5 ; 1 ; 2,5 ; 5 dan 10 ppm. Konsentrasi standar Hg yaitu 0,0025 ; 0,005 ; 0,01 ; 0,015 dan 0,02 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 analisis dan penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi logam merkuri (Hg) pada sedimen di sekitar perairan Lampung Selatan pada tiga lokasi PT. Bukit Asam 1,4648 ppm, Katibung 1,0566 ppm dan Sebalang 1,3102 ppm.
2. Konsentrasi logam kadmium (Cd) pada sedimen di sekitar perairan Lampung Selatan pada tiga lokasi PT. Bukit Asam 10,1092 ppm, Katibung 6,7553 ppm dan Sebalang 8,6303 ppm.
3. Konsentrasi logam kromium (Cr) pada sedimen di sekitar perairan Lampung Selatan pada tiga lokasi PT. Bukit Asam 25,8332 ppm, Katibung 12,0288 ppm, dan Sebalang 14,4201 ppm.
4. Konsentrasi logam merkuri (Hg) dan kadmium (Cd) telah melewati baku mutu sedimen yang ditetapkan oleh *National Sediment Quality Survey* USEPA yaitu (0,23-0,87 ppm) untuk logam merkuri dan (0,65-2,49 ppm) untuk logam kadmium, sedangkan untuk logam kromium masih berada di bawah baku mutu yaitu (76,00-233,27 ppm).

5. Hasil validasi metode analisis logam Hg, Cd dan Cr dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) menyatakan bahwa metode ini memiliki unjuk kerja yang baik dibuktikan dengan nilai koefisien korelasi mendekati 1. Nilai LoD berada di bawah batas terkecil konsentrasi larutan standar logam. Rerata akurasi berada pada kisaran standar yang ditentukan. Nilai RSD berada di bawah standar yang telah ditentukan.

B. SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka penulis memberi saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Menganalisis logam berat lain pada sedimen, biota dan air laut untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat tersebut
2. Menganalisis logam berat pada lokasi lain pada sedimen, biota dan air laut untuk mengetahui sebaran pencemaran logam berat.
3. Menganalisis sampel dengan menggunakan instrumen selain dari AAS yang memiliki sensitivitas dan selektivitas yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances And Disease Registry (ATSADR). 2008. *Toxicological Profile for Manganese (Draft for Public Comment)*. U.S. Department of Public Health And Human Services. Atlanta.
- Agusnar, H. 2007. *Kimia Lingkungan*. USU Press. Medan.
- Alfian, Z. 2006. *Merkuri: Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. USU Repository. Medan.
- Anonim I. 2015. <http://lampung.bps.go.id>. *Lampung Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik. Provinsi Lampung.
- Anonim II. 2017. <http://bhendjhen.blogspot.co.id/2010/12/spektrofotometer-serapan-atom-ssa.html>. Diakses pada Senin 14 November 2017.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist*. AOAC Inc. Washington.
- Apriliani, A. 2010. *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Arifin, Z., dan D. Fadhlina. 2009. *Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn Dalam Sedimen dan Bioavailabilitasnya Bagi Biota Di Perairan Teluk Jakarta*. Ilmu Kelautan. 14(1):27-32.
- Bassett, J. 1994. *Buku Ajaran Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Edisi Keempat. Rhineka Cipta. Jakarta.
- Braund, R. D. 1982. *Introduction to Chemical Analysis*. McGraw-Hill Book. New York.
- Clark, D. V. 1979. *Approach to Atomic Absorption Spectroscopy*. Analytic Chemistry Consultans Pty Ltd. Australia.

- Cotton, F. A. dan G. Wilkinson. 1986. *Kimia Anorganik Dasar*. Penterjemah Sehati Suharto. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Cotton, F. A and G. Wilkinson. 1989. *Advanced inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publ. New York.
- Darmono. 2001. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Darmono. 2001A. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Day, R. A., dan A. L. Underwood. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Terjemahan Pujaatmaka, A.H. Erlangga . Jakarta.
- Duffus, J. H. 2002. *Heavy Metal*. Iupac. Scotland.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan* . Kanisius. Yogyakarta.
- Ernawati. 2010. *Kerang Bulu (Anadara Inflata) Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai Asahan*. Tesis Program Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Emerson, S. R. and J. I. Hedges. 2008. *Chemical Oceanography and The Marine Carbon Cycle*. Cambride University Press. London.
- Fardiaz, S. 2005. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Gray, J. S. dan M. Elliot. 2009. *Ecologo of Marine Sediments From Science to Management*. Oxford University Press. USA. Hal : 241.
- Hananingtyas, I. 2017. Study Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic The Journal of Tropical Biology*. 1(2):41-50.
- Hariyanto, T., M. S. Baskoro, J. Haluan dan B. H. Iskandar. 2008. Pengembangan Teknologi Penangkapan Ikan Berbasis Komoditas Potensial di Teluk Lampung. *Jurnal Sainstek Perikanan*. 4(1):16-24.
- Harmita. 2006. *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya*. Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia. Jakarta.
- Helfinalis. 2000. *Aspek Oseonografi Bagi Peruntukan Lahan di wilayah Pantai Teluk Lampung* .PPPLO-LIPI. Jakarta.

- Hutagalung, P. H. 1984. *Logam Berat dalam Lingkungan Laut*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Istarani, F. dan E. S. Pandebesie. 2014. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik. Pomits*. 3 (1) ISSN: 2337-3539.
- 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.
- Khasanah, E. N. 2009. Adsorpsi Logam Berat. *Oseana*. 34 (4):1-7.
- Marganof. 2003. *Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat Kadmium di Perairan*. IPB. Bogor.
- Milasari, F. 2016. *Kajian Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) Pada Sedimen di Sekitar Perairan Teluk Lampung*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Lampung.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Pradnya Pramita. Jakarta.
- Murtini, J. T., Y. Yennie dan R. Peranginangin. 2006. Kandungan Logam Berat Pada Kerang Darah di Perairan Tanjung Balai dan Bagan Siapiapi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. Edisi Pasca Panen Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. 9(5):77-84.
- Mulyawan, I. 2005. *Korelasi kandungan Logam berat Hg, Pb, Cd, dan Cr pada Air Laut, sedimen, Dan Kerang Hijau (Perna viridis) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Nuri, H. 2009. *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Lampung Selatan*. Pemerintah Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung.
- Nursusty, F. 2013. Transpor Sedimen di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Oseanografi*. 2(3):361-368.
- Octarianita, E. 2017. *Analisis Kandungan Logam Berat pada Kerang di Pasar Gudang Lelang dan PPI Dengan Metode ICP-OES*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Lampung.

- Pallar, S. 2004. *Toksikologi Logam Berat dan Pencemaran Lingkungan, Edisi ke-2*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pratiwi, D. F. 2016. *Tingkat Pencemaran Logam Kadmium (Cd) dan Kobalt (Co) pada Sedimen di Sekitar Pesisir Bandar Lampung*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Lampung.
- Petrucci., R. H. 1987. *Kimia Dasar (Prinsip dan Terapan Modern)*. (Alih Bahasa Achmadi Suminar). Edisi Keempat Jilid 3. Erlangga. Jakarta.
- Putri, F. I. 2010. *Kandungan Logam Berat Hg, Cd, dan Pb pada Kerang Darah (Anadara Granosa) di Perairan Teluk Lada, Kabupaten Pandeglang, Banten*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rachman, A. A. 2008. *Sebaran Menegak Konsentrasi Pb, Cu, Zn, Cd, dan Ni di Sedimen Pulau Pari Bagian Utara Kepulauan Seribu*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rinawati, R. Supriyanto, dan S. D. Widya. 2008. *Profil Logam Berat (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, dan Zn) di Perairan Sungai Kuripan Menggunakan ICP-EOS. Prosiding Seminar Nasional dan Teknologi-II*. Hal:357-366.
- Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji : Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Deepublish. Yogyakarta.
- Rumahltu, D. 2012. *Biomonitoring: Sebagai Alat Asesmen Kualitas Perairan Akibat Logam Berat Kadmium pada Invertebrata Perairan*. *Sainstis*. 1(1):10-34.
- Said, I., M. N. Jalaludin, A. Upe, dan A. W. Wahab. 2009. *Penetapan Konsentrasi Logam Berat Krom dan Timbal dalam Sedimen Estuaria Sungai Matangpondo Palu*. *Jurnal Chemica*. 10(2):40-47.
- Siaka, M. L. 2008. *Korelasi Antara Kedalaman Sedimen di Pelabuhan Benoa dan Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu*. *Jurnal Kimia*. 2(2):61-70.
- Sanusi, H. S. 2006. *Kimia Laut. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Prartono T, Supriyono E, Editor. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal: 188.
- Sari, A. 2017. *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. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Lampung.

- Schiavon, M. E., A.H. Pilon-Smits, M. Wirtz, R. Hell, and M. Malagoli. 2008. Interactions Between Chromium and Sulfur Metabolism in Brassica Juncea. *Journal Environ Quality*. 37:1536-1545.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall. New Jersey. Hal: 374.
- Simbolon, A.R. 2016. Pencemaran Bahan Organik dan Eutrofikasi di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang. *Jurnal Pro-Life*. 3(2):109-118.
- Situmorang, S. P., H. S. Sanusi, dan Z. Arifin. 2010. Geokimia Logam Berat (Pb,Cr, dan Cu) dalam Sedimen dan Potensi Ketersediaannya pada Biota Bentik di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur. *Ilmu Kelautan*. 4:415-425.
- Skoog. D. A., D. M. West, F. J. Holler, and S. R. Crouch. 2004. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Publisher Brooks Cole. Hardcover: 992.
- Slavin, M. 1987. *Atomic Absorption Spectroscopy 2nd Edition*. United State of America. New York.
- Sulistiani, W.S. 2009. *Analisis Simultan Logam Berat Pb, Cu, Zn, Cr, Mn, Ni, Fe dan Cd pada Bioindikator Remis (Eremopyrgus eganensis) di Sungai Kuripan Lampung Menggunakan ICP-OES*. Skripsi. FMIPA. Universitas Lampung.
- Sutamihardja. 2006. *Toksikologi Lingkungan*. Buku Ajar Program Studi ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.
- Svehla, G. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Mikro dan Semimikro Edisi 5*. PT Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Tugiyono, R. Diantari, dan Efri. 2015. *Kajian Kualitas Air Pesisir Teluk Lampung Water Quality Study of Lampung Bay Coastal Area*. Prosiding Semirata bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura Pontianak. Hal 292-299.
- Tugiyono. 2007. Bioakumulasi Logam Hg dan Pb di Perairan Teluk Lampung, Provinsi Lampung. *Jurnal Sains MIPA*.13(1):44-48.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Perlu Menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tentang Pengelolaan Baku Mutu Air Limbah. Jakarta.
- USEPA. 2004. *The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of United States, National Sediment Quality Survey : 2nd Edition*. EPA-823-R-04-2007. U. S. Enviromental Protection Agency. Washington D. C.

Widowati, H., K. Sari, dan W. S. Sulistiani. 2015. Profil Logam Berat Cd, Cr (VI) dan Pb pada Lokasi Berbeda di Provinsi Lampung serta Bioakumulasinya pada Tanaman Pangan. *Bioedukasi*. 6(2):1-10.

Widowati, Sastiono, dan Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam : Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi Offset. Yogyakarta.

Yatimah, D. Y. 2014. *Analisis Cemar Logam Berat Kadmium dan Timbal pada Beberapa Merek Lipstik yang Beredar di Daerah Ciputat dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Skripsi. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan. Jakarta.

Zhang, J. And X. Li. 1987. Chromium Pollution of Soil and Water in Jinzhou. *Journal of Chinese Preventive Medicine*.

Zuraida, R. 2010. *Laporan Akhir Penelitian Lingkungan dan Kebencanaan Geologi Kelautan Perairan Teluk Jakarta (Tanjung Kait – Muara Gembong)*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.