

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd, DAN Mn PADA AIR
SERTA SEDIMEN DAN PLANKTON YANG BERADA DI PESISIR
GUNUNG ANAK KRAKATAU DENGAN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)**

(Skripsi)

Oleh

Zulfahmi Adli Putra

NPM. 1957011001



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PB, CD DAN MN PADA AIR SERTA SEDIMEN YANG BERADA DI PESISIR GUNUNG ANAK KRAKATAU DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)

Oleh

ZULFAHMI ADLI PUTRA

Telah dilakukan analisis kandungan logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd), dan mangan (Mn) pada sedimen di Perairan Gunung Anak Krakatau dengan pengambilan sampel di 2 lokasi yang berbeda. Konsentrasi logam berat Pb, Cd, dan Mn ditentukan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan tiga validasi metode yaitu linieritas, limit deteksi, presisi (ketelitian), dan akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam timbal di Perairan Gunung Anak Krakatau, yaitu sekitar 33,026 dan 33,088 ppm. Sedangkan konsentrasi logam kadmium dan mangan secara berturut-turut yaitu sekitar 15,79 – 15,91 ppm dan 23,37 – 23,91 ppm. Nilai konsentrasi logam berat Pb dan Mn yang diperoleh pada penelitian ini berada diantara baku mutu logam berat pada sedimen yang telah ditetapkan oleh *National Sediment Quality Survey*, yaitu 47,82 ppm dan 284,77 ppm. Sedangkan nilai konsentrasi logam berat Cd yang diperoleh pada penelitian ini melebihi baku mutu logam berat sedimen yang telah ditetapkan, yaitu 2,49 ppm. Validasi metode pada penentuan kadar timbal, kadmium, dan mangan dalam sedimen menunjukkan presisi dengan nilai relatif standar deviasi (RSD) < 15 %, limit deteksi logam timbal, kadmium, dan mangan masing - masing adalah 0,7; 16; 172 ppb, serta nilai koefisien korelasi timbal, kadmium, dan mangan adalah 1.

Kata Kunci : Logam berat, Pb, Cd, Mn, Sedimen, dan Gunung Anak Krakatau

ABSTRACT

ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT OF PB, CD, AND MN IN WATER AND SEDIMENTS LOCATED ON THE COAST OF ANAK KRAKATAU VOLCANO USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY (AAS)

By

ZULFAHMI ADLI PUTRA

Analysis has been conducted on the heavy metal content of lead (Pb), cadmium (Cd), and manganese (Mn) in sediments in the waters of Anak Krakatau Volcano, with samples taken from 2 different locations. The concentrations of heavy metals Pb, Cd, and Mn were determined using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) with three method validation parameters: linearity, detection limit, precision (accuracy), and accuracy. The research results indicate that the concentration of lead metal in the waters of Anak Krakatau is approximately 33.026 and 33.088 ppm. Meanwhile, the concentrations of cadmium and manganese metals are approximately 15.79 – 15.91 ppm and 23.37 – 23.91 ppm, respectively. The values of the concentrations of heavy metals Pb and Mn obtained in this research fall within the standard limits for heavy metal sediment set by the National Sediment Quality Survey, namely 47.82 ppm and 284.77 ppm. However, the concentration value of heavy metal Cd obtained in this research exceeds the established standard limit for heavy metal sediment, which is 2.49 ppm. Method validation for determining the levels of lead, cadmium, and manganese in the sediment indicates precision with relative standard deviation (RSD) values of < 15%, detection limit for lead, cadmium, and manganese metals being 0.7; 16; 172 ppb, and correlation coefficient values for lead, cadmium, and manganese being 1.

Keywords : Heavy metals, Pb, Cd, Mn, Sediments, and Mount Anak Krakatau

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PB, CD DAN MN PADA AIR
SERTA SEDIMEN YANG BERADA DI PESISIR GUNUNG ANAK
KRAKATAU DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI
SERAPAN ATOM (SSA)**

Oleh

ZULFAHMI ADLI PUTRA

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
2023**

Judul : **ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Pb, Cd DAN Mn PADA AIR SERTA SEDIMEN DAN PLANKTON YANG BERADA DI PESISIR GUNUNG ANAK KRAKATAU DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)**

Nama : **Zulfahmi Adli Putra**

NPM : 1957011001

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

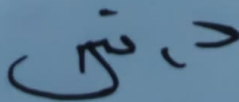


Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.
NIP. 197406092005011002



Dra. Endang Linirin Widiastuti, Ph. D.
NIP. 196106111986032001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung



Mulyono, Ph.D.
NIP. 19740611200003100

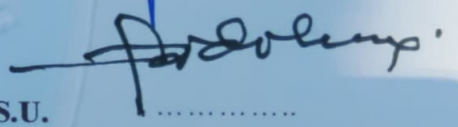
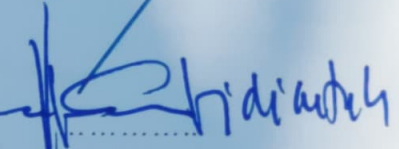
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

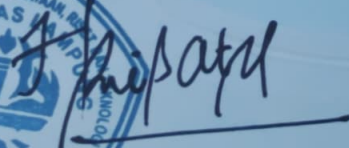
Ketua : **Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.**

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

Anggota : **Prof. Dr. Hardoko Insan Qudus, S.U.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 Agustus 2023**

**LEMBAR PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zulfahmi Adli Putra
Nomor Pokok Mahasiswa : 1957011001
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul “Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, dan Mn Pada Air Serta Sedimen dan Plankton Yang Berada Di Pesisir Gunung Anak Krakatau dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)” adalah benar karya sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, Oktober 2023



Zulfahmi Adli Putra

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Zulfahmi Adli Putra, lahir di Jakarta pada tanggal 21 Mei 2000 merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Usman H Miri dan Ibu Lismawati, penulis memiliki dua orang kakak Laki-laki bernama Rizky

Maulana Putra dan Fiqry Fachrezzi Putra dan satu adik Perempuan bernama Hana Muthia Nabila Putri. Penulis sekarang bertempat tinggal di Desa Ketapang, Kecamatan Cipondoh, Kota Tangerang Kabupaten Banten. Penulis telah menyelesaikan pendidikan mulai dari TK Kertapawitan pada tahun 2006, SDN Petir 4 lulus pada tahun 2012, SMP dan SMA Pondok Pesantren Al-Ma'shum Mardiyah lulus pada tahun 2018, Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan S1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Mandiri.

Selain belajar di bangku kuliah, penulis juga aktif dalam berorganisasi.

Organisasi yang pernah diikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Unilasebagai Ketua Biro Usaha Mandiri pada tahun 2020-2021. Selain mengikuti organisasi, penulis juga pernah menjadi anggota peneliti pada penelitian Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) pada tahun 2022.

Penulis dalam menyelesaikan pendidikannya telah melakukan

Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Instrumen Kimia Universitas
Lampung dengan judul “Pembuatan Arang Aktif dari Ampas Kopi” .

MOTTO

*“Untuk Menulis Tentang Kehidupan
Pertama-tama Kamu Harus
Menjalannya”
-Ernest Hemingway*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan karunia-Nya,
kupersembahkan karya ini sebagai wujud bakti dan tanggung
jawabku kepada:*

*Kedua orang tuaku, Bapak Usman H Miri
dan Ibu Lismawati*

*Yang senantiasa mendoakanku, mengajarkanku, mendidikku,
membimbingku dengan penuh kasih sayang, memberikan
dukungan motivasi, dan segalanya untukku.*

*Kedua Kakakku dan Adikku Tersayang, Orang terkasih,
Saudara-saudaraku, dan Sahabat-sahabatku.*

*Pembimbing penelitianku,
Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. dan Ibu Dra. Endang Linirin
Widaastuti, Ph. D.*

Almamater tercinta Universitas Lampung Diriku

SANWACANA

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, karunia, serta keberkahan kepada hamba-Nya, Sholawat beriring salam selalu tucurahkan kepada nabi Muhammad SAW., kepada keluarganya, sahabatnya, dan pengikutnya yang semoga senantiasa istiqomah di jalan-Nya semoga kita mendapatkan syafa'atnya di yaumul akhir nanti, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi.

Skripsi dengan judul “Analisis Kandungan Logam Berat Pb, Cd, dan Mn Pada Air Serta Sedimen dan Plankton yang Berada di Pesisir Gunung Anak Krakatau Dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Penulis menyadari dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini penulis dibantu oleh berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. sebagai pembimbing pertama yang telah membimbing, membantu, memotivasi dan meluangkan waktu dan pikirannya serta memberikan segala kebaikannya hingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Dra. Endang Linirin Widastuti, Ph.D. selaku pembimbing kedua saya yang telah membimbing, membantu dan mendukung dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, S.U. selaku pembahas/penguji yang telah membimbing, memberikan saran dan kritik yang membangun sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

4. Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si selaku pembimbing akademik yang telah membimbing, mengarahkan, serta memberikan kesempatan untuk berdiskusi terkait perkuliahan dan kemajuan belajar.
5. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen Kimia FMIPA Universitas Lampung atas segala bimbingan, edukasi dan dedikasinya yang telah diberikan kepada penulis.
8. Segenap staf dan karyawan khususnya Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
9. Bapak Usman H Miri dan Ibu Lismawati sebagai orang tua penulis, serta Rizky Maulana Putra, Fiqry Fachrezzy Putra sebagai kakak dan Hana Muthia Nabila Putri selaku adik penulis yang selalu memberikan semangat, motivasi, dukungan, dan selalu mendo'akan untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. Partner penelitian penulis Dita Silvi Yani, Renni Wulandari Fira Amelia dan Dania Sausan Avivah atas segala kesabaran kalian, dukungan, saran, motivasi, merasakan susah dan senang, canda dan tawa selama penelitian bersama penulis. Semoga Allah selalu memberikan kebaikan dan keberkahan hidup kepada kalian dan semoga kalian sukses selalu.
11. Sayidah Kharizah sebagai orang spesial yang selalu memberikan semangat serta do'a selama penulis menyelesaikan penelitian dan skripsi.
12. Teman-teman Seperjuangan Kontrakan Anak Sholeh: Rangga, Arya, Farich, Eki, Thio, Dwiki, Niko, Dinus, Dito, Akmal, Isro, Unggul, Wail, Syangap, Febri, Ucup, kak Anan, kak Tole, bang Gowow, Sultan, Gom, Hafiz, dan Andra terimakasih atas kebersamaan dan bantuannya selama menjalani perkuliahan.
13. Maulana Arya Nadhief terimakasih atas segala bentuk dukungan berupa

ilmu, atas kebersamaannya kepada penulis

14. *Chemistry 19* yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas kebersamaan yang telah dilalui dalam kehidupan di kampus dari maba sampaisekarang.
15. Kakak dan adik tingkat penulis di Jurusan Kimia angkatan 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2021, dan 2022.
16. Seluruh pihak yang telah membantu yang tidak dapat dituliskan satu-persatu, terimakasih banyak telah membantu dan mendukung penulis dalam menyusun skripsi ini.
17. Zulfahmi Adli Putra selaku diri sendiri yang telah berjuang dan bertahan untuk menuntaskan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala yang berlipat ganda atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis, Aamiin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, namun penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi rekan-rekan khususnya mahasiswa kimia dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, Oktober 2023
Penulis,

Zulfahmi Adli Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pencemaran Logam Berat pada Perairan.....	4
2.2. Plankton.....	5
2.3. Sedimen	6
2.4. Logam Berat	7
2.4.1 Timbal (Pb).....	8
2.4.2 Kadmium (Cd).....	9
2.4.3 Mangan (Mn).....	11
2.5. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	12
2.6. Validasi Metode	14
2.6.1. Linearitas	14
2.6.2. Presisi (Ketelitian).....	15
2.6.3. Akurasi (Ketepatan)	15
2.6.4. Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantitasi (LoQ).....	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Prosedur Penelitian.....	18
3.3.1. Pembuatan Larutan.....	18
3.3.2 Metode Pengambilan Sampel.....	19
3.3.3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Pb, Cd, dan Mn	20

3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi	22
3.3.5. Validasi Hasil	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1. Pengambilan Sampel.....	26
4.2. Preparasi Sampel.....	27
4.3. Kandungan Logam Berat pada Perairan Gunung Anak Krakatau	28
4.3.1. Kandungan Logam Pb.....	29
4.3.2. Kandungan Logam Cd	29
4.3.3. Kandungan Logam Mn	30
4.3.4. Kandungan logam berat Pb, Cd, dan Mn Pada Air.....	30
4.3.5. Kandungan logam berat Pb, Cd, dan Mn Pada Plankton.....	31
4.4. Validasi Hasil Analisis.....	33
4.4.1. Linearitas.....	33
4.4.2. LoD (<i>Limit of Detection</i>) dan LoQ (<i>Limit of Quantification</i>).....	35
4.4.3. Presisi	36
4.4.4. Akurasi.....	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran	40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis jenis logam berat dan konsentrasinya yang terkandung di air laut	8
2. Sifat Fisik Timbal (Pb).....	9
3. Sifat Fisik Kadmium (Cd).....	10
4. Sifat Fisik Mangan (Mn).....	12
5. Nilai LoD dan LoQ Logam Pb, Cd, dan Mn.....	36
6. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil analisis logam Pb.....	37
7. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil analisis logam Cd	37
8. Nilai Rerata, SD, dan RSD Hasil analisis logam Mn.....	38
9. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Pb.....	39
10. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Cd	39
11. Nilai Persen Perolehan Kembali Logam Mn	39
12. Absorbansi logam Pb pada sampel sedimen	48
13. Absorbansi logam Cd pada sampel sedimen	48
14. Absorbansi logam Mn pada sampel sedimen.....	49
15. Absorbansi larutan standar logam Pb.....	49
16. Creg logam Pb pada sampel sedimen	50
17. Konsentrasi Logam Pb pada sampel sedimen	51
18. Absorbansi larutan standar logam Cd	51

19. Creg logam Cd pada sampel sedimen	52
20. Konsentrasi Logam Cd pada sampel sedimen.....	52
21. Absorbansi larutan standar logam Mn	53
22. Creg logam Mn pada sampel sedimen	53
23. Konsentrasi Logam Mn pada sampel sedimen.....	53
24. Nilai Standar Deviasi blangko untuk logam Pb	54
25. Nilai Standar Deviasi blangko untuk logam Cd	55
26. Nilai Standar Deviasi blangko untuk logam Mn.....	56
27. SD dan %RSD logam Pb pada sampel sedimen	57
28. SD dan %RSD logam Cd pada sampel sedimen.....	57
29. SD dan %RSD logam Mn pada sampel sedimen	58
30. Nilai persen perolehan kembali (<i>recovery</i>) logam Pb.....	59
31. Nilai persen perolehan kembali (<i>recovery</i>) logam Cd	59
32. Nilai persen perolehan kembali (<i>recovery</i>) logam Mn	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Timbal (Pb)	9
2. Kadmium (Cd)	10
3. Mangan (Mn)	11
4. Skema Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom.....	13
5. Lokasi Titik Pengambilan Sampel	19
6. Titik tempat pengambilan sampel di sekitar Gunung Anak Krakatau	26
7. Rerata kandungan logam Pb	28
8. Rerata kandungan logam Cd	29
9. Rerata kandungan logam Mn	30
10. Data kandungan konsentrasi logam berat Pb, Cd, dan Mn pada sampel air yang diperoleh di perairan Gunung Anak Krakatau	30
11. Data kandungan konsentrasi logam berat Pb, Cd, dan Mn pada sampel plankton yang diperoleh di perairan Gunung Anak Krakatau	31
12. Kurva regresi larutan standar Pb	33
13. Kurva regresi larutan standar Cd	34
14. Kurva regresi larutan standar Mn	34
15. Pengambilan Sampel.....	60

16. Pengeringan Sampel.....	60
17. Proses Destruksi Sampel.....	61

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara Kepulauan yang terkenal memiliki berbagai pulau besar, salah satunya yaitu Pulau Sumatera. Secara geografis, bagian paling selatan dari pulau Sumatera adalah Provinsi Lampung. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Lampung (2021), Provinsi Lampung memiliki luas daerah yaitu sekitar 33.553,55 km² dan terdapat batas-batas diantaranya yaitu di utara - Provinsi Sumatera Selatan dan Bengkulu; selatan - Selat Sunda; barat - Samudera Indonesia; timur - Laut Jawa. Sedangkan secara astronomis Lampung terletak antara 103°40' sampai 105°50' Bujur Timur dan 6°45' sampai 3°45' Lintang Selatan (Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan, 2019).

Terdapat berbagai elemen masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pada provinsi Lampung. Hal ini berbanding lurus dengan jumlah aktivitas masyarakat di daerah tersebut. Semakin banyak masyarakat yang tinggal di daerah pesisir, maka semakin banyak pula aktivitas yang dilakukan pada daerah pesisir tersebut. Banyaknya aktivitas yang dilakukan pada daerah pesisir akan memberikan berbagai dampak, baik itu hal baik ataupun buruk. Selain dari aktivitas yang dilakukan masyarakat daerah sekitar pesisir, terdapat berbagai sebab yang mengakibatkan dampak tidak baik ke daerah pesisir, salah satu penyebabnya yaitu diakibatkan oleh sektor industri. Sektor industri ini dapat memberikan dampak buruk jika industri tersebut membuang limbah cair melalui aliran-aliran sungai yang kemudian terbawa hingga ke daerah pesisir ataupun lautan. Limbah-limbah

pencemar menyebabkan banyaknya kandungan logam berat pada air laut seperti timbal, kadmium dan mangan. Hal tersebut tentu akan menimbulkan dampak buruk bagi ekosistem laut dan makhluk hidup lainnya karena kandungannya yang bersifat beracun (Begum *et al.*, 2009).

Logam-logam berat yang berada sekitar perairan gunung berapi juga dapat berasal dari aktivitas vulkanik. Akibat dari aktivitas vulkanik, abu vulkanik yang berasal dari gunung berapi dapat menimbulkan pencemaran pada perairan di sekitarnya. Karena secara umum abu atau material dari letusan gunung berapi mengandung logam berat Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, Pb, Cd, dan Mn (Wahyuni *et al.*, 2012).

Logam berat bersifat mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan kemudian terakumulasi dalam sedimen (Yanti dan Afdal, 2021). Logam berat dalam sedimen laut persebarannya dapat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu fisik dan kimia (proses sedimentasi, dekomposisi mineral, transportasi hidrodinamik, kondisi redoks, dan ekstraksi biologis) serta dianggap sebagai kontaminan jika kadarnya melebihi nilai ambang batas aman untuk perlindungan lingkungan (Shaari *et al.*, 2015). Terdapat berbagai logam berat yang biasanya mengendap pada sedimen serta dapat membahayakan makhluk hidup, antara lain yaitu timbal (Pb), mangan (Mn), dan Kadmium (Cd) (Warni dkk., 2017).

Kadar toksik atau biasa diistilahkan dengan kata 'toksisitas' pada logam berat dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit. Misalnya menurut (Sudarmaji dkk., 2006) jika tubuh terdapat kandungan timbal (Pb) berlebih akan mengakibatkan gangguan reproduksi seperti keguguran, anemia, bahkan hingga gangguan terhadap syaraf otak. Sedangkan jika terdapat kandungan kadmium (Cd) yang berlebih dapat mengakibatkan pusing, muntah-muntah, diare, dan dermatitis. Hal serupapun terjadi jika terdapat kandungan mangan (Mn) berlebih, antara lain yaitu gangguan gejala permanen sistem saraf, gangguan kejiwaan dan sirosis hati. Banyaknya limbah yang membawa logam berat menjadikan hal ini mendapatkan perhatian khusus. Mulai dari cara mencegah keberlanjutan terjadi hingga pengelolaan agar limbah tersebut dapat dikurangi sehingga dampak buruk akibat limbah logam berat dapat terminimalisir. Terdapat berbagai macam metode analisis untuk mengetahui kadar kandungan pada air dan sedimen, antara lain

yaitu Spektroskopi Serapan Atom (SSA) (Hidayat dan Daus, 2019), *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES) (Mu'min *et al.*, 2023), dan *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectroscopy* (ICP-MS) (Elias *et al.*, 2018). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Mangan (Mn) pada Air dan sedimen yang berada di Pesisir Gunung Anak Krakatau dengan menggunakan metode Spektroskopi Serapan Atom (AAS).

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- 1 Menentukan kadar logam berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Mangan (Mn) pada air dan sedimen di Pesisir Gunung Anak Krakatau Lampung Selatan dengan menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
- 2 Menentukan tingkat pencemaran kadar logam berat di Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Mangan (Mn) pada air dan sedimen di Pesisir Gunung Anak Krakatau Lampung Selatan

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat pencemaran oleh logam berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Mangan (Mn) pada air dan sedimen di Pesisir Gunung Anak Krakatau. Serta sebagai salah satu sumber informasi tentang adanya pencemaran senyawa-senyawa logam berat hasil erupsi Gunung Krakatau, di Daerah Pesisir Gunung Anak Krakatau. Informasi ini dapat menjadi masukan bagi pemerintah daerah dan masyarakat setempat agar dapat mengelola serta memanfaatkan kawasan pesisir pulau dengan tepat serta memperhatikan kualitas lingkungan sekitar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Logam Berat pada Perairan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengendalian Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki fungsi sangat penting bagi kehidupan dan peri kehidupan manusia, serta untuk memajukan kesejahteraan umum, sehingga merupakan modal dasar dan faktor utama pembangunan. Sehingga untuk melestarikan fungsi air perlu dilakukan pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air secara bijaksana dengan memperhatikan kepentingan generasi sekarang dan mendatang serta keseimbangan ekologis.

Perairan pesisir merupakan salah satu daerah yang rentan terhadap pencemaran, karena perairan ini merupakan tempat bermuaranya sungai dan tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai dari sekian banyak limbah yang ada di laut, limbah logam berat merupakan limbah yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Logam berat yang ada pada perairan, suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut (Setiawan, 2014).

Logam berat dapat berpindah dari lingkungan sekitar ke berbagai organisme melalui siklus rantai makanan. Logam berat yang ada pada perairan, suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan juga menyebabkan masyarakat yang menggunakan air yang mengandung logam berat

tersebut akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Air yang mengandung logam berat akan menjadi bahan racun dalam tubuh makhluk hidup (Haryanti dan Martuti, 2020).

Menurut (Priyanto dkk., 2008) logam berat yang seringkali turut terbuang pada limbah industri dan akan menjadi agen pencemar di lingkungan. Contoh dari logam berat yang biasa terbawa pada limbah, yaitu Timbal (Pb), merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Arsen (As), Timah (Ni), Krom (Cr), Tembaga (Cu), Seng (Zn) dan lain sebagainya. Logam-logam tersebut jika ditinjau berdasarkan sifat fisika dan kimia termasuk ke dalam jenis logam berat yang umumnya tidak mudah untuk didegradasi.

2.2. Plankton

Plankton adalah salah satu organisme yang hidup dalam zona pelagik (bagian atas) samudra, laut, dan badan air tawar. Plankton juga didefinisikan sebagai organisme mikroskopis yang mana arus air sangat mempengaruhi pergerakan mereka di laut (Takarina *et al.*, 2019). Plankton dapat menjadi indikator kesuburan perairan, dan kelimpahan serta keanekaragamannya berkorelasi positif dengan potensi produktivitas suatu daerah penangkapan (Hemraj *et al.*, 2017). Pada umumnya ukuran plankton tergolong kecil dan hanya dapat diukur dengan besaran mikrometer sampai dengan milimeter (Nontji, 2008).

Plankton dapat diklasifikasi berdasarkan: cara memperoleh makanan, kehidupan alamiah, dan ukurannya. Klasifikasi plankton menurut cara memperoleh makanannya memberikan pembagian plankton yang disebut fitoplankton (plankton nabati) dan zooplankton (heterotrofik). Sedangkan klasifikasi plankton berdasarkan kehidupan alamiah dan ukurannya dibagi menjadi bagian yang disebut dengan holoplankton dan meroplankton (Wiadnyana, 2006). Plankton memiliki peranan penting dalam suatu perairan. Plankton memiliki fungsi ekologi

sebagai produsen primer dan awal mata rantai dalam rantai makanan, sehingga plankton sering dijadikan skala ukuran kesuburan perairan (Solihah dkk., 2016)

2.3. Sedimen

Menurut (Hambali dan Apriyanti, 2016) sedimen didefinisikan sebagai produk disintegrasi dan dekomposisi batuan. Disintegrasi mencakup seluruh proses dimana batuan yang rusak atau pecah menjadi butiran-butiran kecil tanpa perubahan substansi kimiawi. Dekomposisi mengacu pada pemecahan komponen mineral batuan oleh reaksi kimia. Dekomposisi mencakup proses karbonasi, hidrasi, oksidasi dan solusi. Karakteristik butiran mineral dapat menggambarkan properti sedimen, antara lain ukuran (*size*), bentuk (*shape*), berat volume (*specific weight*), berat jenis (*specific gravity*) dan kecepatan jatuh/endap (*fall velocity*).

Batuan sedimen berasal dari batuan yang mengalami pelapukan, erosi, dan kemudian lapukannya diangkut oleh air, udara, atau es. Selanjutnya diendapkan dan berakumulasi di dalam cekungan pengendapan, membentuk sedimen. Material-material sedimen itu kemudian terkompaksi, mengeras, mengalami litifikasi, dan terbentuklah batuan sedimen (Syarifin, 2004).

Sedimen yang berlimpah dapat menjadi habitat yang penting bagi banyak spesies laut (Yang *et al.*, 2007). Kontaminasi logam berat sedimen di perairan laut sangat memprihatinkan karena logam berat ini akan mengalami bioakumulasi sehingga mempengaruhi berbagai organisme sekitarnya (Susantoro dkk., 2015). Sifat dan aliran air di laut mendukung terjadinya akumulasi polutan pada perairan. Hal penting yang dapat dilakukan yaitu menentukan sumber logam berat dan mengelolanya sehingga konsentrasi logam tersebut ketika masuk ke dalam sedimen tidak mencapai tingkat yang beracun (Balachandran *et al.*, 2005).

2.4. Logam Berat

Menurut (Charlena, 2004) logam berat adalah unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5g/cm^3 . Logam berat merupakan zat pencemar yang berbahaya karena memiliki sifat tidak dapat terdegradasi secara alami dan cenderung terakumulasi dalam air, sedimen dasar perairan, dan tubuh organisme. Dalam kondisi alami, logam berat juga dibutuhkan oleh organisme untuk melakukan pertumbuhan dan perkembangan hidupnya.

Logam berat pada dasarnya bersifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Beberapa logam berat banyak digunakan dalam berbagai kehidupan sehari-hari. Secara langsung maupun tidak langsung toksisitas dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran pada lingkungan sekitarnya. Apabila kadar logam berat sudah melebihi ambang batas yang ditentukan dapat membahayakan bagi kehidupan (Supriatno dan Lelifajri, 2009).

Logam berat bersifat mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan kemudian terakumulasi dalam sedimen (Yanti dan Afdal, 2021). Logam berat dalam sedimen laut persebarannya dapat dipengaruhi oleh faktor, fisika-kimia (proses sedimentasi, dekomposisi mineral, transportasi hidrodinamik, kondisi redoks, dan ekstraksi biologis) serta dianggap sebagai kontaminan jika kadarnya melebihi nilai ambang batas aman untuk perlindungan lingkungan (Shaari *et al.*, 2015). Terdapat berbagai logam berat yang biasanya mengendap pada sedimen serta dapat membahayakan makhluk hidup, antara lain yaitu timbal (Pb), mangan (Mn), dan Kadmium (Cd) (Warni dkk., 2017).

Tabel 1. Jenis jenis logam berat dan konsentrasinya yang terkandung di air laut

No	Jenis Logam Berat	Konsentrasi (mg/ L)
1	Aluminium (Al)	1-5
2	Kadmium (Cd)	0,01 –0,07
3	Besi (Fe)	1,3 – 3
4	Mangan (Mn)	0,2 –2
5	Merkuri (Hg)	0,011 – 0,05
6	Timbal (Pb)	0,005 –0,03

2.4.1 Timbal (Pb)

Logam berat timbal dapat dikategorikan sebagai logam berat yang mudah dimurnikan sehingga banyak digunakan oleh manusia di berbagai sektor, misalnya pertambangan, industri dan rumah tangga. Pada pertambangan timbal berbentuk senyawa sulfida (PbS) (Conor, 2002). Sebagian besar timbal bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Waktu keberadaan timbal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel. Karena timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan (Tangio, 2013).

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang mempunyai daya toksitas yang tinggi terhadap manusia karena dapat merusak perkembangan otak pada anak-anak, menyebabkan penyumbatan sel sel darah merah, anemia dan mempengaruhi anggota tubuh lainnya. Timbal dapat diakumulasi langsung dari air dan dari sedimen oleh organisme laut (Ika dkk., 2012).



Gambar 1. Timbal (Pb)

Adapun sifat fisik dari logam timbal dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Sifat Fisik Timbal (Pb)

Sifat Fisik	Keterangan
Fase	Padat
Warna	Hitam sabak
Titik Lebur	600,61K
Titik Didih	2022K
Densitas	11,34 g.cm ⁻³

Menurut (Parawita dkk., 2009) jika terdapat aktivitas yang dilakukan manusia seperti membuang limbah industri ke perairan, maka akan membuat konsentrasi terlarut bahan-bahan tertentu seperti timbal (Pb). Buangan limbah tersebut bermula dari aliran sungai yang kemudian menuju ke muara sungai sebelum akhirnya masuk ke lautan. Timbal yang terbawa dari muara sungai tersebut akan mengendap dalam sedimen dasar lalu akan terbawa dan tersebar oleh arus (Amalia dkk., 2014).

2.4.2 Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan salah satu unsur logam berat yang termasuk pada golongan IIB. Keberadaannya di alam dapat ditemukan dalam berbagai jenis batuan, tanah, dalam batubara dan minyak. Hal tersebut dikarenakan kadmium merupakan

logam berat yang dapat berasal dari aktivitas alamiah, misalnya yaitu pelapukan batuan, jasad organik yang membusuk, dan abu vulkanik. Kadmium dapat terikat pada protein dan molekul organik lainnya dan membentuk garam dengan asam-asam organik.



Gambar 2. Kadmium (Cd)

Adapun sifat fisik dari logam kadmium dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Sifat Fisik Kadmium (Cd)

Sifat Fisik	Keterangan
Fase	Padat
Warna	Hitam sabak
Titik Lebur	594,22 K
Titik Didih	1040 K
Densitas	8,65 g.cm ⁻³

Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat berbahaya yang dapat berasal dari industri karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah dan jika secara terus-menerus dalam waktu yang lama terkena kadmium akan mengakibatkan fatal pada hati dan ginjal (Palar, 1994). Pada saat limbah industri yang mengandung logam Cd masuk ke dalam sistem perairan terjadi proses pengendapan dalam sedimen. Hal ini menyebabkan konsentrasi logam Cd dalam sedimen meningkat (Rustam dkk., 2018).

2.4.3 Mangan (Mn)

Logam berat mangan (Mn) dapat ditemukan secara alami di banyak jenis batuan dan tanah di dataran rendah, kadar air, udara, dan tanah. Mangan yang terdapat pada alam dapat diakibatkan oleh aktivitas vulkanik dan vegetasi. Sedangkan untuk konsentrasi mangan terlarut dalam perairan tergantung pada lokasi geografis dan kegiatan antropogenik di sekitarnya (Röllin, 2011).

Mangan merupakan salah satu unsur beracun apabila memiliki konsentrasi yang terlalu tinggi di dalam tubuh, tetapi juga diperlukan oleh manusia untuk bertahan hidup. 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 berasal dari pembuangan batu baterai ke sungai, kandungan mangan yang tersebar di perairan dapat diakibatkan oleh adanya pembuangan air dan limbah dari daerah kota baik dalam skala rumah tangga ataupun industri. Walaupun kandungan mangan terbilang rendah pada persebaran perairan, tetap saja mangan dapat memberikan dampak yang tidak baik untuk tubuh. Pengawasan Kualitas Air yang tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/MenKes/PER/IX/1990 menyatakan bahwa salah satu syarat dalam sistem penyediaan air bersih adalah bahwa kandungan Mangan (Mn) dalam air bersih batas maksimum yang diperbolehkan yaitu 0,5 ppm. Kandungan mangan ini dapat membuat sindrom parkinson bagi orang lanjut usia. Oleh karena itu, menentukan kadar Mn yang terkandung dalam air sangat penting untuk dilakukan (Musli dan Fretes, 2016).



Gambar 3. Mangan (Mn)

Adapun sifat fisik dari logam mangan dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini

Tabel 4. Sifat Fisik Mangan (Mn)

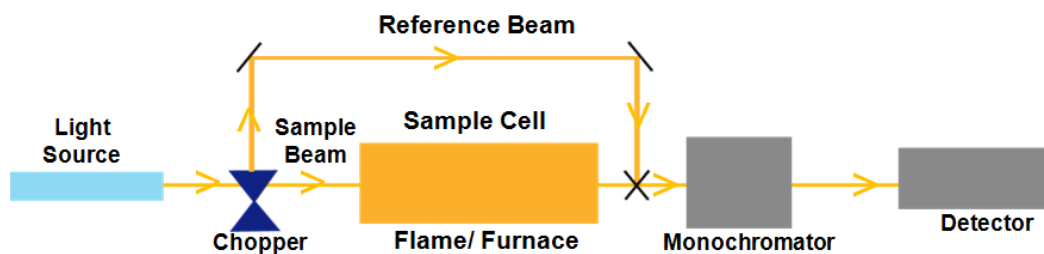
Sifat Fisik	Keterangan
Fase	Padat
Warna	Metalik keperakan
Titik Lebur	1519 K
Titik Didih	2334 K
Densitas	7,21 g.cm ⁻³

Logam berat mangan ini bersifat esensial yang berfungsi membangun struktur tulang yang sehat, metabolisme tulang, dan membantu menciptakan enzim (Warsyidah dkk., 2019). Mangan bersifat korosi jika melebihi batas sehingga mengakibatkan tubuh mudah terkena penyakit (Rusdiana, 2016)

2.5. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrometri Serapan Atom atau biasa disingkat dengan SSA merupakan teknik analisis yang biasa digunakan untuk penentuan kuantitatif dan kualitatif unsur-unsur dalam sampel seperti larutan berair, air, air laut, logam, dan sampel lingkungan (Izrio *et al.*, 2012). Menurut (Khopkar, 2008) metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) didasari oleh prinsip bahwa atom menyerap cahaya. Atom menyerap panjang gelombang tertentu cahaya tertentu, menyesuaikan dengan sifat-sifat unsur sampel. Cahaya pada panjang gelombang tertentu memiliki energi yang cukup untuk mengubah tingkat elektron dalam atom. Adanya penyerapan energi berarti bahwa atom-atom dalam keadaan dasar meningkat dalam keadaan tereksitasi. Prinsip dasar Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah interaksi antara sampel dan radiasi elektromagnetik. Spektroskopi Serapan Atom (SSA) menggunakan metode yang sangat tepat untuk menganalisis zat dengan konsentrasi rendah. Teknik-teknik ini didasarkan pada pelepasan dan

penyerapan uap atom. Komponen utama dari metode SSA adalah sistem (perangkat) yang digunakan untuk menghasilkan uap atom dari sampel. Dalam pengukurannya digunakan sebuah kurva standar yang elemennya adalah konsentrasi analit dibandingkan dengan nilai absorbansi (serapan). Spektroskopi serapan atom digunakan untuk menganalisis konsentrasi analit dalam sampel. Elektron akan tereksitasi pada orbital yang lebih tinggi dalam waktu singkat dengan menyerap energi (pada panjang gelombang tertentu). Adapun kekurangan dari alat ini yaitu setiap panjang gelombang hanya akan bereaksi pada satu jenis elemen. Selisih nilai absorbansi blanko (tanpa sampel) dibandingkan dengan sampel uji merupakan nilai konsentrasi zat target yang diinginkan. Ketika nilai konsentrasi sudah diketahui, maka dapat diketahui satuan massa yang lain. Dalam pengukurannya dibutuhkan sebuah kurva standar yang elemennya adalah konsentrasi analit dibandingkan dengan nilai absorbansi (serapan). Kurva standar dibuat menggunakan larutan yang telah diketahui konsentrasi zat yang ingin diuji dengan berbagai perbedaan konsentrasi (Christian, 2004)



Gambar 4. Skema Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom

Adapun contoh dari aplikasi dari instrument spektrofotometri ini, antara lain yaitu:

1. Menganalisa kandungan kadmium (Cd) pada limbah air domestik pada penelitian yang dilakukan oleh (Sasongko dkk., 2017)
2. Menganalisa kandungan logam berat timbal (Pb) pada lipstik yang beredar di pasaran pada penelitian yang dilakukan oleh (Harmawan dan Lestari, 2020)

3. Menganalisa kadar mangan (Mn) pada air alkali pada penelitian yang dilakukan oleh (Warsyidah dkk., 2019)

2.6. Validasi Metode

Validasi metode analisis merupakan suatu penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan dalam penggunaannya. Adapun metode validasi analisis ini, antara lain yaitu linearitas, presisi (ketelitian), akurasi (ketepatan), batas deteksi (LoD), dan batas kuantitasi (LoQ)

2.6.1. Linearitas

Linearitas adalah kemampuan metode analisis yang memberikan respon yang secara langsung atau dengan bantuan transformasi matematik yang baik, proporsional terhadap konsentrasi analit dalam sampel. Perlakuan matematik dalam pengujian linearitas adalah melalui persamaan garis lurus dengan metode kuadrat terkecil antara hasil analisis terhadap konsentrasi analit. Dalam beberapa kasus, untuk memperoleh hubungan proporsional antara hasil pengukuran dengan konsentrasi analit, data yang diperoleh diolah melalui transformasi matematik terlebih dahulu sebelum dibuat analisis regresinya (Harmita, 2004).

Persamaan garis lurus dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$y = a + bx \quad (1)$$

Keterangan:

y = Absorbansi Sampel

a = Nilai Intersep

b = Nilai Slope

x = Konsentrasi sampel

2.6.2. Presisi (Ketelitian)

Menurut (Riyanto, 2016) presisi merupakan metode validasi pengukuran kedekatan hasil analisis diperoleh dari pengukuran berulang pada ukuran yang sama. Hal ini mencerminkan kesalahan acak yang terjadi dalam sebuah metode. Dua set diterima secara umum kondisi di mana presisi diukur adalah kondisi berulang dan reproduksi. Presisi biasanya diukur sebagai koefisien variasi atau deviasi standar relative dari hasil analisis yang diperoleh dari independen disiapkan standar kontrol kualitas. Pencerminan kesalahan acak tersebut dinyatakan dalam sebuah presentase *Relative Standard Deviation* (%RSD) sedangkan hasil analisis dinyatakan sebagai Simpangan Baku (SD). Adapun maksimal nilai untuk RSD yaitu 7,3% agar dapat dikatakan nilai presisi ini baik.

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

$$RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

SD = Standar deviasi

RSD = Simpangan baku relatif

x = Kadar sampel yang diperoleh

\bar{x} = Kadar rata-rata

n = Jumlah pengulangan analisis

2.6.3. Akurasi (Ketepatan)

Ketepatan adalah derajat kesamaan antara hasil analisis dengan nilai sesungguhnya dari contoh. Inti dari validasi metode adalah menetapkan besarnya derajat kesamaan antara hasil analisis yang dilakukan di suatu laboratorium dengan hasil analisis dari bahan referensi bersertifikat (Hidayat, 1999). Adapun persamaan yang dapat dituliskan untuk validasi metode analisis tentang akurasi antara lain yaitu

$$\% \text{Peroleh Kembali} = \frac{(CF - CA)}{CA * } \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

CF = Konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran

CA = Konsentrasi sampel sebenarnya

CA* = Konsentrasi analit yang ditambahkan

2.6.4. Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantitasi (LoQ)

Batas deteksi (*limit of detection/LOD*) adalah konsentrasi terendah yang mampu ditetapkan dengan suatu metode dan berbeda nyata terhadap pengukuran blanko. Karena batas deteksi dihitung dengan menggunakan simpangan baku dari blanko, kadang-kadang di peroleh angka yang tidak bisa dicapai secara praktek. Oleh karena itu, digunakan ukuran yang bisa dilakukan di laboratorium, yaitu batas kuantifikasi (Hidayat, 1999). Adapun persamaan yang dapat ditulis mengenai LoD dan LoQ secara berturut-turut yaitu:

$$\text{LoD} = \frac{3 \times Sb}{b} \quad (5)$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times Sb}{b} \quad (6)$$

Keterangan:

LoD = Limit deteksi

LoQ = Limit kuantifikasi

Sb = Simpangan baku respon analitik dari blanko

b = (*slope*) kemiringan pada persamaan regresi linear kurva baku

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022 hingga Juli 2023. Sampel berupa air dan sedimen diperoleh dari sekitar pesisir Gunung Anak Krakatau. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada logam Pb, Cd dan Mn dilakukan di Akademi Perindustrian (Akprin) Yogyakarta.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, oven, neraca analitik (ketelitian $\pm 0,0001$ g), desikator, ayakan 106 mesh, penangas listrik, mortar dan alu, termometer, *Eckman Grab* sampler, botol polypropylene, kantung plastik transparan, *icebox* dan seperangkat alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air dan sedimen yang diperoleh dari Pesisir Gunung Anak Krakatau, HNO₃ 65% (*Merck*), HClO₄ pekat, HCl pekat, Pb(NO₃)₂ (*Merck*), Cd(NO₃)₂ (*Fischerchem*), MnSO₄.H₂O, (NH₄)₂SO₄FeSO₄.6H₂O, kertas saring Whatmann No. 42, dan akuades

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Pembuatan Larutan

3.3.1.1. Larutan HNO₃ 5%

Larutan HNO₃ 65% (*Merck*) diambil sebanyak 73,52 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL yang sebelumnya telah dimasukkan akuades. Lalu diencerkan, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

3.3.1.2. Larutan Standar Timbal (Pb) 1000 ppm

Sebanyak 0,159 g Pb(NO₃)₂ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian dilarutkan serta ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

3.3.1.3. Larutan Standar Kadmium (Cd) 1000ppm

Sebanyak 0,210 g Cd(NO₃)₂ dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian dilarutkan serta ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

3.3.1.4. Larutan Standar Mangan (Mn) 1000ppm

Sebanyak 0,307 g MnSO₄.H₂O dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Kemudian dilarutkan serta ditambahkan akuades hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

3.3.2 Metode Pengambilan Sampel

3.3.2.1. Persiapan Pengambilan Sampel

Persiapan pengambilan sampel diawali dengan mencuci wadah sampel dengan sabun kemudian dibilas bersih dengan air. Wadah yang sudah dibilas kemudian direndam dengan HNO_3 5% yang sudah dibuat selama 24 jam tujuannya yaitu agar menghilangkan kontaminasi logam yang menempel pada wadah sampel. Setelah didiamkan selama 24 jam, proses yang dilakukan selanjutnya yaitu pengeringan dan penyimpanan yang dilakukan dalam keadaan tertutup hingga wadah digunakan (SNI 6989.57:2008).

3.3.2.2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan di daerah sekitar Gunung Anak Krakatau yang berlokasi di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung atau tepatnya di perairan Selat Sunda seperti Gambar 5.



Gambar 5. Lokasi Titik Pengambilan Sampel

Sampel air diambil dengan menggunakan botol sampel yang sebelumnya sudah dibilas dengan air sekitar pesisir. Berbeda dengan pengambilan sampel air, sampel sedimen diambil dengan menggunakan *eckman grab* kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik transparan dan diberi label. Kemudian sampel sedimen disimpan dalam *cool icebox* yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

3.3.3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Pb, Cd, dan Mn

Berdasarkan ketentuan SNI 6989.84:2019, air kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke dalam wadah botol plastik yang telah disiapkan. Kemudian sebanyak 100 mL sampel yang akan diperiksa kadar logam Pb, Cd, dan Mn. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 5 mL larutan HNO₃ pekat dan ditutup menggunakan kaca arloji. Setelah itu dipanaskan secara bertahap hingga volumenya berkisar 10-20 mL. Dibilas corong menggunakan akuades dan dimasukkan air bilasan tersebut ke dalam erlenmeyer. Kemudian larutan uji dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan tambahkan air sampai tanda batas lalu homogenkan. Filtrat yang dihasilkan kemudian diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Untuk menentukan kadar logam timbal (Pb) dan cadmium (Cd) dapat didasari dengan ketentuan SNI 06-6992.3-2004 dan SNI 06-6992.4-2004 tentang penentuan kadar logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sedimen. Sampel sedimen yang sudah diperoleh kemudian dikeringkan dan dibersihkan dari daun-daun serta benda asing lainnya. Lalu dihaluskan dengan cara digerus dan diayak. Selanjutnya sampel sediemen ditimbang yang sebanyak $\pm 3,0g$, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250mL dan ditambahkan 25mL air akuades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. Ditambahkan 5mL sampai 10mL asam nitrat (HNO₃) pekat dan diaduk hingga bercampur rata. Kemudian, ditambahkan 3 hingga 5 butir batu didih dan ditutup dengan kaca arloji lalu dipanaskan di atas penangas listrik dengan suhu 105 °C sampai 120 °C hingga volume sampel ± 10

mL. Setelahnya diangkat dan didinginkan. Ditambahkan 5 mL HNO₃ pekat dan 1 sampai 3 mL HClO₄ pekat tetes demi tetes melalui dinding kaca erlenmeyer dan dipanaskan kembali sampai timbul asap putih dan larutan contoh uji menjadi jernih. Setelah timbul asap putih pemanasan dilanjutkan selama ±30 menit, kemudian sampel didinginkan dan disaring. Filtrat sampel ditempatkan pada labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda tera. Filtrat sampel diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dan dilakukan pengulangan sampel sebanyak empat kali pada titik sampel yang dipilih.

Berbeda dengan uji untuk menentukan kadar timbal dan kadmium, untuk menentukan mangan (Mn) didasari dengan SNI 06.6989.5-2004 tentang penentuan kadar logam Mangan (Mn) pada sedimen. Sedimen yang diperoleh dijemur dalam beberapa hari hingga kering kemudian dihaluskan dengan cara digerus dan diayak menggunakan saringan. Sedimen kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Ditimbang dengan teliti sebanyak 10g. Sedimen kering kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan campuran HCl dan HNO₃ dengan perbandingan 3:1 sebanyak 10 mL. Kemudian digoyangkan selama 30 menit dan didiamkan selama 3 jam pada suhu ruang. Setelah didiamkan selama 3 jam, sampel kemudian ditambahkan 50mL akuades dan disaring dengan menggunakan kertas saring. Sisa sedimen pada kertas saring dicuci dengan 5mL akuades sebanyak lima kali pengulangan. Kemudian filtrat yang dihasilkan diukur dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dan dilakukan pengulangan sampel sebanyak empat kali pada titik sampel yang dipilih.

3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi

3.3.4.1. Kurva Kalibrasi Timbal (Pb)

Larutan standar timbal 1000 ppm yang sudah dibuat kemudian diambil sebanyak 10 mL dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Larutan kemudian diencerkan dengan ditambahkan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan standar timbal 100 ppm. Kemudian diambil sebanyak 10 mL kembali dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Larutan kemudian diencerkan dengan ditambahkan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan standar timbal 10 ppm. Selanjutnya dengan konsentrasi 10 ppm tersebut dibuat beberapa variasi yakni 1, 3, 5, 7, dan 9 mL yang dipipet dan dimasukkan ke masing-masing labu ukur 100 mL. Setelah itu larutan diencerkan hingga tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh variasi larutan dengan konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 ppm. Variasi larutan kemudian diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.4.2. Kurva Kalibrasi Kadmium (Cd)

Larutan standar kadmium 1000 ppm yang sudah dibuat kemudian diambil sebanyak 10 mL dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Larutan kemudian diencerkan dengan ditambahkan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan standar timbal 100 ppm. Kemudian diambil sebanyak 10 mL kembali dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Larutan kemudian diencerkan dengan ditambahkan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan standar timbal 10 ppm. Selanjutnya dengan konsentrasi 10 ppm tersebut dibuat beberapa variasi yakni 0,5; 1, 5, 10, dan 15 mL yang dipipet dan dimasukkan ke masing-masing labu ukur 100 mL. Setelah itu larutan diencerkan hingga tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh variasi larutan dengan konsentrasi 0,05; 0,1; 0,5; 1; dan 1,5 ppm. Variasi larutan kemudian diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.4.3. Kurva Kalibrasi Mangan (Mn)

Larutan standar mangan 1000 ppm yang sudah dibuat kemudian diambil sebanyak 10mL dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Larutan kemudian diencerkan dengan ditambahkan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan standar timbal 100 ppm. Kemudian diambil sebanyak 10 mL kembali dengan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam labu ukur. Larutan kemudian diencerkan dengan ditambahkan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan standar timbal 10 ppm. Selanjutnya dengan konsentrasi 10 ppm tersebut dibuat beberapa variasi yakni 1, 3, 5, 7, dan 9 mL yang dipipet dan dimasukkan ke masing-masing labu ukur 100 mL. Setelah itu larutan diencerkan hingga tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh variasi larutan dengan konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 ppm. Variasi larutan kemudian diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Dari grafik kurva standar terdapat korelasi antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y). Dengan menggunakan persamaan regresi linier maka konsentrasi dari sampel dapat diketahui pada Persamaan 1. Setelah konsentrasi pengukuran diketahui, maka konsentrasi sebenarnya dari dalam sampel kering dapat ditentukan dengan Persamaan 5

$$M = \frac{CVF}{B} \quad (5)$$

Keterangan

M = Konsentrasi logam dalam sampel (mg.kg^{-1})

C = Konsentrasi yang diperoleh dari kurva kalibrasi (mg.L^{-1})

V = Volume larutan sampel (L)

F = Faktor Pengenceran B = Bobot sampel (kg)

3.3.5. Validasi Hasil

Penelitian ini menggunakan empat validasi hasil yaitu linieritas, presisi (ketelitian), akurasi (ketepatan), batas deteksi (LoD), dan batas kuantitasi (LoQ).

3.3.5.1. Linieritas

Uji ini dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi standar dari masing-masing logam dengan lima macam konsentrasi yaitu untuk standar Cd yaitu 0,05; 0,1; 0,5; 1; dan 1,5 ppm. Konsentrasi standar yaitu 0,1; 0,3; 0,5; 0,7 dan 0,9 ppm. Nilai absorbansi kemudian diproses untuk selanjutnya dapat ditentukan nilai kemiringan (slope), intersep, dan koefisien korelasinya. Perhitungan linieritas dapat dituliskan dengan Persamaan 1.

3.3.5.2. Presisi (Ketelitian)

Validasi presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan empat kali pengulangan. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian ditentukan nilai konsentrasi (menggunakan kurva kalibrasi), lalu nilai simpangan baku (SD) serta nilai relatif standar deviasi (RSD). Metode dengan presisi yang baik ditunjukkan dengan perolehan relatif standar deviasi (RSD) <15%.

3.3.5.3. Akurasi (Ketepatan)

Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (*recovery*) yang dilakukan dengan metode *spike*, yaitu penambahan larutan standar ke dalam sampel larutan yang mengandung analit. Akurasi ini bertujuan untuk mengetahui nilai antara yang diterima sebagai nilai kebenaran dan nilai yang diperoleh.

Untuk menentukan akurasi dari masing-masing kandungan yang dianalisis dilakukan dengan cara menggunakan 0,1mL larutan standar (0,9 ppm Pb; 1,5 ppm Cd; dan 0,9 ppm Mn) ditambahkan ke dalam 50mL labu ukur yang berisi larutan sampel dan dihomogenkan dengan *stirrer* kemudian ditentukan serapannya.

3.3.5.4. Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantitasi (LoQ)

Pada penelitian ini batas deteksi diperoleh dengan mengukur respon blanko sebanyak kali pengulangan. Hasil pengukuran tersebut kemudian diproses dengan metode perhitungan persamaan kurva kalibrasi secara statistik dengan menggunakan Persamaan 5 dan Persamaan 6.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Hasil analisis kandungan logam Pb sampel sedimen di kedua titik secara berturut-turut 33,0263 ppm dan 33,0877 ppm. Konsentrasi logam berat Pb pada kedua titik tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh National Sediment Quality Survey US EPA tentang batas maksimum cemaran logam berat Pb pada sedimen perairan yaitu sebesar 47,82 ppm.
2. Hasil analisis kandungan logam Cd sampel sedimen di kedua titik secara berturut-turut 15,7887 ppm dan 15,9092 ppm. Konsentrasi logam berat Cd pada kedua titik melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh National Sediment Quality Survey US EPA tentang batas maksimum cemaran logam berat Cd pada sedimen perairan yaitu sebesar 2,49 ppm.
3. Hasil analisis rerata kandungan logam Mn sampel sedimen di kedua titik secara berturut-turut 23,3694 ppm dan 23,9092 ppm. Konsentrasi logam berat Mn pada kedua titik tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan National Sediment Quality Survey US EPA tentang batas maksimum cemaran logam berat Mn pada sedimen perairan yaitu sebesar 284,77 ppm.

5.2. Saran

Keberadaan logam berat Pb, Cd, dan Mn yang berada pada sedimen memiliki dampak negatif terhadap untuk kehidupan biota laut. Maka dari itu diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan logam berat yang terdapat pada air, plankton, sedimen, dan biota laut lainnya agar dapat mengetahui tingkat pencemaran pada perairan Gunung Anak Krakatau agar dapat dilakukan penanggulangan yang mampu mengurangi tingkat pencemaran sehingga sesuai dengan Ketentuan Peraturan ataupun Standar yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyanti, V. R., Widiastuti, E. L., dan Murwani, S. (2018). Keragaman Plankton Dan Kandungan Logam Beratnya di Perairan Cagar Alam Laut Kepulauan Krakatau. *Jurnal Biologi*.
- Amalia, R., Widada, S., dan Hariyadi. (2014). Analisis Logam Berat Timbal pada Sedimen Dasar Perairan Muara Sungai Sayung, Kabupaten Demak. *Jurnal Oseanografi*, 3(2), 167–172.
- AOAC. (1998). Peer Verified Method Program, Manual on Polices and Procedurs. AOAC Inch.
- AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemist. AOAC Inch.
- Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan. (2019). Tentang Provinsi Lampung. <https://www.bpkp.go.id/lampung>
- Badan Pusat Statistik Lampung. (2021). Provinsi Lampung Dalam Angka. In BPS Provinsi Lampung (Vol. 2, Issue 2).
- Balachandran, K. K., Lalu Raj, C. M., Nair, M., Joseph, T., Sheeba, P., and Venugopal, P. (2005). Heavy metal accumulation in a flow restricted, tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(1), 361–370.
- Begum, A., Harikrishna, S., and Khan, I. (2009). Analysis of heavy metals in water, sediments and fish samples of Madivala Lakes of Bangalore, Karnataka. *International Journal of ChemTech Research*, 1(2), 245–249.

- Charlena. (2004). Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Sayur-Sayuran. *Falsafah Sain*, 702, 1–12.
- Christian, G. D. (2004). *Analytical Chemistry* (6th ed.). John Wiley dan Sons.
- Conor, Reilly. (2002). Metals in Food. In *Metal Contamination of Food* (pp. 12–22).
- Elias, M. S., Ibrahim, S., Samuding, K., Rahman, S. A., and Wo, Y. M. (2018). Assessment of toxic elements in sediments of Linggi River using NAA and ICP-MS techniques. *MethodsX*, 5, 454–465.
- Hambali, R., dan Apriyanti, Y. (2016). Studi Karakteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng. *Jurnal Fropil*, 4(2), 165–174.
- Harmawan, T., dan Lestari, D. (2020). Pemeriksaan Logam Berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada Lipstik yang Beredar di Pasar Brayon Medan Timur Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(2), 18–22. <https://doi.org/10.33059/jq.v2i2.2682>
- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi dan Cara Penggunaannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3), 117.
- Hemraj, D. A., Hossain, M. A., Ye, Q., Qin, J. G., and Leterme, S. C. (2017). Plankton bioindicators of environmental conditions in coastal lagoons. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 184, 102–114.
- Hidayat, D., dan Daus, M. (2019). Kajian Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd), Kromium (Cr) Dan Merkuri (Hg) Pada Sedimen Di Sungai Way Kuala Lampung Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(01), 41–50.
- Setiawan, H. (2014). Pencemaran Logam Berat Di Perairan Pesisir Kota Makassar Dan Upaya Penanggulangannya. *Info Teknis EBONI*, 11(1), 1–13.
- Hidayat, A. (1999). Validasi Metode Analisis Kimia. *Buletin AgroBio*, 2(2), 22–28.

- Ika, Tahril, dan Said, I. (2012). Analisis Logam Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4), 181–186.
- Izrio, F, H. J., Santos, R. F., Rosa, M., and Castro, A. L. (2012). State-of-the-Art and Trends in Atomic Absorption Spectrometry. *Atomic Absorption*
- Khopkar, S. M. (2008). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press.
- Musli, V., dan Fretes, R. (2016). Analisis Kesesuaian Parameter Kualitas Air Minum Dalam Kemasan Yang Dijual Di Kota Ambon Dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). *Journal Arika*, 10(1), 57–74.
- Mu'min, R. P., Budianta, W., and Warmada, Iw. (2023). Heavy Metal Pollution in Sediments of Panreng River, Sidenreng Rappang Regency, South Sulawesi Province. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Environment, Agriculture and Tourism (ICOSEAT 2022)*, 26, 667–673.
- National Sediment Quality Survey. (2004). *The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters (2nd Editio)*.
- Nontji, A. (2008). *Plankton Laut*. Yayasan Obor Indonesia.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta.
- Parawita, D., Insafitri, dan Nugraha, W. A. (2009). Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) di Muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan*, 2.
- Priyanto, N., Dwiwitno, D., dan Ariyani, F. (2008). Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) Pada Ikan, Air, dan Sedimen Di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 3(1), 69.
- Riyanto. (2016). *Validasi dan Verifikasi Metode Uji*. Deepublish.
- Röllin, H. (2011). Manganese: Environmental Pollution and Health Effects (pp. 617–629).

- Rusdiana. (2016). *Bahan Ajar Gizi Metabolisme Mineral*. Poltekes.
- Rustam, A., Adi, N. S., Mustikasari, E., Kepel, T. L., dan Kusumaningtyas, M. A. (2018). Karakteristik Sebaran Sedimen Dan Laju Sedimentasi Perairan Teluk Banten. *Jurnal Segara*, 14(3), 137–144.
- Sasongko, A., Yulianto, K., dan Sarastri, D. (2017). Verifikasi Metode Penentuan Logam Kadmium (Cd) dalam Air Limbah Domestik dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 6(2), 228–237.
- Shaari, H., Azmi, S. N. H. M., Sultan, K., Bidai, J., and Mohamad, Y. (2015). Spatial distribution of selected heavy metals in surface sediments of the EEZ of the East Coast of Peninsular Malaysia. *International Journal of Oceanography*.
- Soliha, E., Rahayu, S., dan Triastinurmiatiningsih. (2016). Kualitas Air dan Keanekaragaman Plankton Di Danau Cikaret, Cibinong, Bogor. *Ekologia*, 16 No. 2, 1–10.
- Sudarmaji, J., Mukono, C. I., dan Prasasti. (2006). Toksikologi Logam Berat B3 Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(23), 129–142.
- 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. Universitas Lampung.
- Supriatno dan Lelifajri. (2009). Analisis Logam Berat Pb dan Cd dalam Sampel Ikan dan Kerang secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 7(1), 5–8.
- Susantoro, T. M., Sunarjanto, D., dan Andayani, A. (2015). Distribusi Logam Berat Pada Sedimen Di Perairan Muara Dan Laut Propinsi Jambi. *Jurnal Kelautan Nasional*, 10(1), 1–11.
- Syarifin. (2004). *Petrologi*. Universitas Padjajaran.

- Takarina, N. D., Nurliansyah, W., and Wardhana, W. (2019). Relationship between environmental parameters and the Plankton community of the Batuhideung fishing grounds, Pandeglang, Banten, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(1), 171–180.
- Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1), 500–506.
- Tris, H. E. dan Kariada, T. M. N. (2020). Analisis Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di TPI Kluwut Brebes. *Life Science*, 9(2), 149–160.
- Warni, D., Karina, S., and Nurfadillah, N. (2017). Analysis of Heavy Metal Pb, Mn, Cu and Cd on Sediment at Jetty Port Meulaboh, Aceh Barat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 2(2), 246–253.
- Warsyidah, Auliyah, A. S., dan Abdullah, C. (2019). Analisis Kadar Mangan Pada Air Alkali Dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Media Laboran*, 9(1), 1–5.
- Wiadnyana, N. N. (2006). Peranan Plankton Dalam Ekosistem Peralian: Indonesia, Lautan Red Tide? *Berita Biologi*, 8(2), vii–xv.
- Yang, T., Liu, Q., Chan, L., and Liu, Z. (2007). Magnetic signature of heavy metals pollution of sediments: Case study from the East Lake in Wuhan, China. *Environmental Geology*, 52(8), 1639–1650.
- Yanti, R. P., dan Afdal, A. (2021). Identifikasi Pencemaran Logam Berat pada Sedimen Sungai Batang Arau Kota Padang Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik. *Jurnal Fisika Unand*, 10(2), 248–254.