

**PENENTUAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu), BESI (Fe), DAN
KROMIUM (Cr) PADA SEDIMEN DAN PLANKTON PESISIR GUNUNG
ANAK KRAKATAU SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM
(SSA)**

(Skripsi)

Oleh

Fira Amelia

1957011016



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

ABSTRAK

PENENTUAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu), BESI (Fe), DAN KROMIUM (Cr) PADA SEDIMEN DAN PLANKTON PESISIR GUNUNG ANAK KRAKATAU SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)

Oleh

FIRA AMELIA

Telah dilakukan penentuan kandungan logam berat Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Kromium (Cr) pada Sedimen dan Plankton Pesisir Gunung Anak Krakatau Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pencemaran logam berat diperairan Pesisir Gunung Anak Krakatau. Sampel diambil dari 2 titik berbeda. Preparasi sampel dilakukan dengan cara destruksi basah dan dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. Hasil analisis pada sedimen menunjukkan bahwa kadar logam Cu, Fe, dan Cr pada masing-masing lokasi sebesar ($79,224 \pm 0,134$ ppm; $79,383 \pm 0,063$ ppm), ($152,875 \pm 0,031$ ppm; $152,837 \pm 0,044$ ppm), ($11,85 \pm 0,299$ ppm; $11,87 \pm 0,791$ ppm). Konsentrasi logam Cu dan Fe berada di atas ambang baku mutu dan logam Cr berada di bawah ambang baku mutu yang ditetapkan *National Sediment Quality Survey* USEPA (2004). Hasil Analisis kandungan logam Cu dan Cr pada air berturut-turut 0,061 ppm dan 0,018 ppm berada diatas baku mutu sedangkan logam Fe sebesar 1,187 ppm berada di bawah ambang baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Keputusan Kementrian Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004. Hasil analisis kandungan logam Cu dan Cr pada plankton 0,097 ppm dan 0,101 ppm berada diatas baku mutu sedangkan logam Fe sebesar 0,141 ppm berada dibawah baku mutu standar.

Kata kunci: Pesisir Gunung Anak Krakatau, Logam Berat, Sedimen, Air, Plankton

ABSTRACT

DETERMINATION OF HEAVY METALS OF COPPER (Cu), IRON (Fe), AND CHROMIUM (Cr) IN SEDIMENTS AND COASTAL PLANKTON MOUNT OF ANAK KRAKATAU BY ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY (AAS)

By

FIRA AMELIA

Determination of the content of heavy metals Copper (Cu), Iron (Fe), and Chromium (Cr) in Sediments and Coastal Plankton Mount of Anak Krakatau by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). This research was conducted to determine heavy metal pollution in the coastal waters of Mount Anak Krakatau. Samples were taken from 2 different points. Sample preparation was carried out by wet destruction and analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry. The results of analysis on the sediments showed that the levels of Cu, Fe, and Cr metals at each location were (79.224 ± 0.134 ppm; 79.383 ± 0.063 ppm), (152.875 ± 0.031 ppm; 152.837 ± 0.044 ppm), (11.85 ± 0.299 ppm; 11.87 ± 0.791 ppm). The concentrations of Cu and Fe are above the quality standards and Cr is below the quality standards set by the USEPA *National Sediment Quality Survey* (2004). The analysis results for the content of Cu and Cr metals in water were 0.061 ppm and 0.018 ppm respectively above the quality standard while Fe metal of 1.187 ppm was below the quality standard threshold stipulated by Decree of the State Ministry of Environment No. 51 of 2004. The results of analysis of the content of Cu and Cr metals in plankton 0.097 ppm and 0.101 ppm were above the quality standard while Fe metal of 0.141 ppm was below the quality standard.

Keywords: Coastal Mount Anak Krakatau, Heavy Metals, Sediments, Water, Plankton

**PENENTUAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu), BESI (Fe), DAN
KROMIUM (Cr) PADA SEDIMEN DAN PLANKTON PESISIR GUNUNG
ANAK KRAKATAU SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM
(SSA)**

Oleh

Fira Amelia

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Judul : **Penentuan Logam Berat Tembaga (Cu), Besi (Fe), Dan Kromium (Cr) Pada Sedimen dan Plankton Pesisir Gunung Anak Krakatau Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Nama : **Fira Amelia**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1957011016**

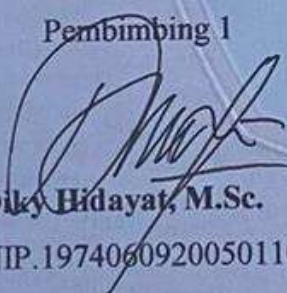
Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

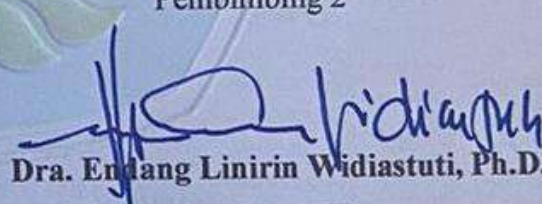


1. Komisi Pembimbing

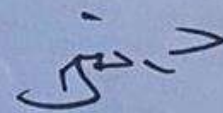
Pembimbing 1


Diky Hidayat, M.Sc.
NIP.197406092005011002

Pembimbing 2


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

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA


Mulyono, Ph.D.
NIP.197406112000031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Noviany, S.Si., M.Si, Ph.D.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **07 September 2023**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fira Amelia
NPM : 1957011016
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Penentuan Logam Berat Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Kromium (Cr) pada Sedimen dan Plankton Pesisir Gunung Anak Krakatau Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)”** merupakan hasil penelitian dan pemikiran yang telah dikerjakan oleh saya sendiri dan tidak terdapat karya atau pendapat orang lain dalam penelitian saya, Kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Saya tidak keberatan apabila data pada skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yng berlaku.

Bandar Lampung, September 2023

Menyatakan



Fira Amelia

1957011016

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Cilegon, Banten pada tanggal 06 Juli 2001 sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis merupakan putri dari Bapak Baharudin dan Ibu Maymunah. Penulis saat ini bertempat tinggal di Perumahan Puri Krakatau Hijau Blok C1 No.46. Jenjang pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-kanak di TK Nurul Azhar Serang pada tahun 2006 dan diselesaikan pada tahun 2007. Sekolah Dasar di SDN Kampung Baru Cilegon yang diselesaikan pada tahun 2013. Sekolah Menengah Pertama di SMP Madinatul Hadid Cilegon yang diselesaikan pada tahun 2016. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 3 Cilegon yang diselesaikan pada tahun 2019. Pada tahun 2019, penulis terdaftar menjadi Mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMMPTN Barat).

Selama menjadi mahasiswi, penulis aktif sebagai Anggota di Organisasi Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung periode 2021. Pada tahun 2019, penulis pernah menjadi peserta Karya Tulis Ilmiah (KWI) di Desa Tambah Dadi, Purbolingo, Lampung Timur selama seminggu. Pada tahun 2022, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Cipicung, Kec. Cikedal, Kab. Pandeglang Banten dan telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Pengawas dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) di Kota Bandar Lampung dengan judul “**Perbandingan Metode Pengukuran Kadar Air Pada Lada Hitam Menggunakan SNI 01 2891:1992 Dengan SNI 0005:2013**”.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyirah: 6)

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Dan tidak ada kemudahan tanpa doa”

(Ridwan Kamil)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

(B.J Habibie)

“It’s fine to fake it until you make it, until you do, until it true”

(Taylor Swift)

“Gonna fight and don’t stop, until you are proud”

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah serta inayah-Nya, karena telah menghadirkan orang-orang “berarti” disekelilingku yang selalu memberikan doa dan motivasi. Kupersembahkan karya ini sebagai tanda cinta dan kasih sayang serta baktiku kepada:

Kepada orang tuaku tercinta

Papah Baharudin dan Mamah Maymunah

Yang selalu memberikan cinta dan kasih sayang yang tulus, merawat dan mendidik dengan penuh keikhlasan dan kesabaran, mengajarkanku tentang kebaikan, serta tak henti-hentinya mendoakan, mendukung, berjuang, dan berkorban untuk anakmu. Untuk adikku tersayang **Faris Aditya Saputra** serta segenap keluarga besarku yang telah mendukung dan mendoakan Keberhasilanku

*Bapak Diky Hidayat, M.Sc. dan Ibu Dra. Endang Linirin
Widiastuti, Ph.D.*

Atas bimbingan, ilmu, dukungan selama penelitian dan penulisan tugas akhir

Dosen Jurusan Kimia

Atas segala ilmu serta pembelajaran yang diberikan selama perkuliahan

Teman-Teman Tercinta

Teman-Temanku yang selalu ada selama perjuangan mendapatkan gelar

Almamater tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Penentuan Logam Berat Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Kromium (Cr) pada Sedimen dan Plankton Pesisir Gunung Anak Krakatau Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun ini semua dapat Penulis lalui berkat ridho dan pertolongan Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari orang-orang terdekat Penulis. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tuaku tercinta, Papah Baharudin dan Mamah Maymunah yang telah memberikan segala kasih sayang, nasehat, motivasi, dukungan dan materi kepada Penulis. Terima kasih atas segala kebaikan, keikhlasan, kerja keras dan segala perjuangan kalian yang telah diberikan kepada Penulis.
2. Bapak Prof. Rudy T. M. Situmeang., M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi dan bimbingan selama masa kuliah.
3. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing utama yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, nasihat, semangat, saran, motivasi dan kesabaran kepada Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

4. Ibu Dra. Endang Linirin Widiastuti, Ph.D. selaku pembimbing kedua yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, kritik dan saran sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Noviany, S.Si., M.Si, Ph.D. selaku dosen penguji yang selalu memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, kritik dan saran sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Mulyono, S.Si., M.Si, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Dosen Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah mendidik serta memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat kepada Penulis selama kuliah dan semoga ilmu yang diberikan membawa keberkahan.
9. Bapak Syaifuddin, S.T., selaku Laboran Kimia Analitik dan Instrumentasi FMIPA Unila yang telah banyak membantu dalam menyediakan alat dan bahan untuk penelitian Penulis.
10. Seluruh laboran, staff dan karyawan FMIPA Universitas Lampung atas semua bantuannya selama ini.
11. Adikku tercinta, Faris Aditya Saputra yang selalu memberikan keceriaan dan dukungan kepada Penulis.
12. Keluarga besar yang telah mendukung, mendoakan dan selalu memberikan motivasi kepada Penulis.
13. Sahabat terbaikku Adela Cicilea sejak SMP yang sekarang telah menjadi saudara. Terima kasih telah menjadi sahabat hingga saat ini, selalu bersedia meluangkan waktu untuk mendengarkan keluh kesah serta menghibur Penulis dalam menyelesaikan skripsi. Semoga kita menjadi sahabat sampai akhir hayat.
14. Teman-teman seperbimbingan Dita Silvi Yani, Renni Wulandari, Zulfahmi Adli Putra dan Dania. Terima kasih atas kesempatan berharga untuk berbagi ilmu, ide, masukan, kerja sama, dan mendukung selama proses penyelesaian skripsi ini. Sampai bertemu di lain waktu.

15. Teman-teman Kimia Analitik terimakasih atas dukungan dan masukkan kepada Penulis.
16. Teman-teman seperjuangan kimia 2019 yang telah memberikan motivasi, dukungan, bantuan, kebersamaan dan moment berharga yang tak terlupakan. Semoga kita bisa sukses bersama.
17. Kakak-kakak dan adik-adik kimia angkatan 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 yang telah memberikan motivasi dan semangat kepada Penulis.
18. Keluarga KKN desa Cipicung, terimakasih atas kebersamaannya yang indah selama 40 hari. Pertemuan dengan kalian merupakan salah satu hal yang aku syukuri.
19. Teman-teman dekatku di Bandar Lampung Wildan, Noval, Yogi, Faqih, Mas Rino, Daniel, Basgor, Ka Putri, dan lain-lain yang tidak bisa disebutkan semua. Terimakasih telah memberikan motivasi, kebahagiaan dan dukungan kepada Penulis.
20. Kepada seseorang dengan NPM 119370043 yang pernah bersama saya terimakasih untuk patah hati yang diberikan saat proses penyusun Laporan Akhir yang sekarang bisa menjadi pengingat untuk saya sehingga dapat membuktikan bahwa anda akan tetap menjadi alasan saya untuk terus berproses menjadi ribadi yang lebih baik. Terima kasih telah menjadi bagian menyenangkan dan menyakitkan dari proses pendewasaan Penulis.
21. Almamater tercinta Universitas Lampung yang telah mendidik dan mendewasakanku dalam berfikir dan bertindak.
22. Semua pihak yang telah membantu baik moril maupun materil sehingga terselesaikan skripsi ini.
23. Jodoh penulis kelak kamu adalah salah satu alasan penulis menyelesaikan skripsi ini, meskipun saat ini penulis tidak tahu keberadaanmu entah di bumi bagian mana dan menggenggam tangan siapa. Seperti kata Bj Habibie “kalau memang dia dilahirkan untuk saya, kamu jungkir balik pun saya yang dapat”
24. Terakhir, terima kasih untuk diri sendiri, karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tak pernah memutuskan menyerah sesulit

apapun proses penyusunan skripsi ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah mereka berikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, Penulis memohon maaf atas segala kekurangan tersebut dan berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca, khususnya rekan-rekan mahasiswa kimia.

Bandar Lampung, 07 September 2023

Penulis

Fira Amelia

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Kondisi Umum Gunung Anak Krakatau.....	5
2.2. Sedimen.....	6
2.3. Air	8
2.4. Plankton	9
2.5. Logam Berat.....	10
2.6. Analisis Logam Berat.....	12
2.7. Tembaga (Cu)	12
2.8. Besi (Fe).....	15
2.9. Kromium (Cr)	17
2.10. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	19
2.10.1. Sumber Sinar.....	20
2.10.2. Tempat Sampel	20
2.11. Prinsip Kerja Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	22
2.12. Validasi Hasil.....	23
2.12.1. Linearitas.....	23
2.12.2. Presisi (Ketelitian)	24

2.12.3. Akurasi (ketepatan).....	24
2.12.4. Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantitas (LoQ)	25
III. METODE PENELITIAN	27
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2. Alat dan Bahan.....	27
3.3. Prosedur Penelitian	28
3.3.1. Pembuatan Larutan	28
3.3.2. Metode Pengambilan Sampel	28
3.3.3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Cu, Fe, dan Cr	30
3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi	32
3.3.5. Validasi Hasil.....	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Pengambilan Sampel.....	36
4.2. Preparasi Sampel.....	36
4.3. Kandungan Logam Berat Cu, Fe, dan Cr Pada Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	37
4.3.1. Kandungan Logam Cu (Tembaga).....	37
4.3.2. Kandungan Logam Fe (Besi)	39
4.3.3. Kandungan Logam Cr (Kromium).....	40
4.4. Kandungan Logam Berat Cu, Fe, dan Cr Pada Air Pesisir Gunung Anak Krakatau	41
4.5. Kandungan Logam Berat Cu, Fe, dan Cr Pada Plankton Pesisir Gunung Anak Krakatau	43
4.6 Validasi Hasil Penelitian.....	45
4.6.1. Linearitas.....	45
4.6.2. Presisi.....	47
4.6.3. Akurasi.....	49
4.6.4. LoD (<i>Limit of Detection</i>) dan LoQ (<i>Limit of Quantification</i>).....	50
V. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54

LAMPIRAN..... 61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Zona Subduksi indonesia	2
2. Lokasi Peta Gunung Anak Krakatau.....	5
3. Logam Tembaga (Cu).....	13
4. Logam Besi (Fe)	15
5. Logam Kromium (Cr).....	17
6. Komponen Spektrofotometri Searapan Atom.....	20
7. Lokasi Titik Pengambilan Sampel.....	29
8. Diagram Alir	35
9. Rerata kandungan logam Cu di Pesisir Gunung Anak Krakatau	38
10. Rerata kandungan logam Fe di pesisir Gunung Anak Krakatau.....	39
11. Rerata kandungan logam Cr di Pesisir Gunung anak Krakatau.....	40
12. Kandungan logam berat Cu, Fe, dan Cr dalam sampel air di Pesisir Gunung Anak Krakatau	42
13. Kandungan logam berat Cu, Fe, dan Cr dalam sampel plankton di Pesisir Gunung Anak Krakatau	44
14. Kurva regresi larutan standar Cu	46
15. Kurva regresi larutan standar Fe	46
16. Kurva regresi larutan standar Cr	47
17. Pengambilan Sampel.....	86

18. Pengeringan Sampel.....	86
19. Destruksi sampel logam Cu	87
20. Destruksi sampel logam Fe dan Cr	88

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik Logam Tembaga.....	14
2. Sifat Fisik Logam besi	15
3. Sifat Fisik Logam Kromium	18
4. Nilai persen <i>recovery</i> berdasarkan nilai konsentrasi sampel	25
5. Nilai rerata, SD dan RSD Hasil Analisis Logam Cu pada Sedimen.....	48
6. Nilai rerata, SD dan RSD Hasil Analisis Logam Fe pada Sedimen	48
7. Nilai rerata, SD dan RSD Hasil Analisis Logam Cr pada Sedimen	49
8. Nilai perolehan kembali logam Cu	50
9. Nilai perolehan kembali logam Fe	50
10. Nilai perolehan kembali logam Cr	50
11. Nilai LoD dan LoQ logam Cu, Fe, dan Cr.....	51
12. Absorbansi Logam Cu pada Sampel sedimen	65
13. Absorbansi Logam Fe pada Sampel Sedimen.....	65
14. Absorbansi Logam Cr pada Sampel Sedimen.....	66
15. Absorbansi logam Cu, Fe, dan Cr pada Air	66
16. Absorbansi logam Cu, Fe, dan Cr pada Plankton	66
17. Absorbansi Logam Cu, Fe, dan Cr pada Sampel Air Pesisir Gunung Anak Krakatau	67
18. Absorbansi Larutan Standar Logam Cu.....	67
19. Creg Logam Cu pada Sampel Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	68
20. Konsentrasi Logam Cu pada Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	69
21. Absorbansi Larutan Standar Logam Fe	69
22. Creg Logam Fe pada Sampel Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	70

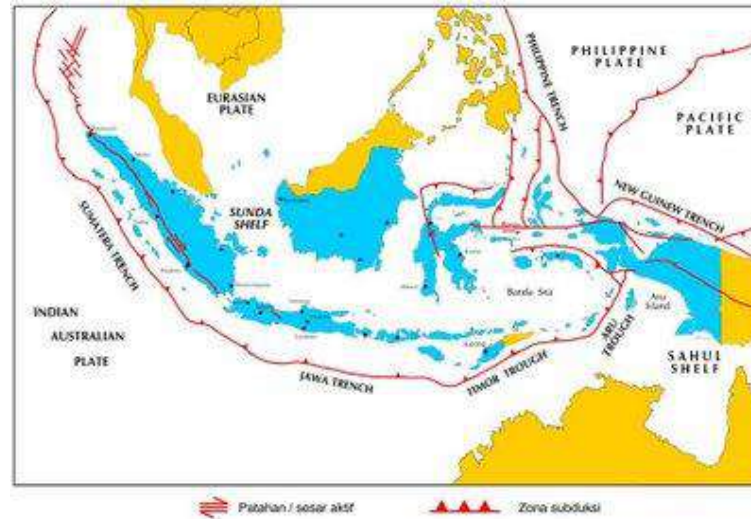
23. Konsentrasi Logam Fe pada Sampel Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	71
24. Absorbansi Larutan Standar Logam Cr	71
25. Creg Logam Cr pada Sampel Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	87
26. Konsentrasi Logam Cr pada Sampel Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	88
27. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cu.....	88
28. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Fe	89
29. Nilai Standar Deviasi Blangko untuk Logam Cr	90
30. Nilai Persen Perolehan Kembali (% <i>recovery</i>) Logam Cu	91
31. Nilai Persen Perolehan Kembali (% <i>recovery</i>) Logam Fe.....	92
32. Nilai Persen Perolehan Kembali (% <i>recovery</i>) Logam Cr.....	92
33. SD dan %RSD Logam Cu pada Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau ...	93
34. SD dan %RSD Logam Fe pada Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau	94
35. SD dan %RSD Logam Cr pada Sedimen Pesisir Gunung Anak Krakatau ...	95

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Negara Indonesia sudah mengalami gempa bumi ribuan kali dan tsunami ratusan kali dengan rentang waktu empat ratus tahun terakhir. Wilayah Sumatera dan Jawa merupakan dua pulau yang sering terkena dampak akibat bencana tsunami karena terletak langsung di depan lempeng Indonesia Australia. Beberapa belakngan tahun ini wilayah Selat Sunda dengan sebagian daerah rawan terhadap subduksi-nya pada aktivitas Anak Krakatau yang telah menjadi lebih aktif dapat mengakibatkan sering terjadi gempa di wilayah tersebut, terutama pada episenter di laut yang dapat menimbulkan bencana tsunami dan menyebabkan kerusakan yang luas dan jumlah korban yang besar (Abdurrachman *et al.*, 2018).

Provinsi Lampung merupakan wilayah terdekat dengan Gunung Anak Krakatau. Pada pesisir pantainya rawan bencana tsunami yang terletak di Teluk Lampung yang merupakan wilayah ibu kota Provinsi Lampung. Terjadinya bencana tsunami yang dialami oleh masyarakat sekitar yang berada di wilayah pesisir pantai Teluk Lampung, akibat dari meletusnya Anak Krakatau pada tanggal 26-27 Agustus 1883, dengan korban jiwa kurang lebih 36.000 orang. Saat terjadinya tsunami tersebut dengan tinggi permukaan air laut di wilayah pantai kota Bandar Lampung dapat mencapai tinggi 22 meter (PVMBG, 2018).



Gambar 1. Peta Zona Subduksi Indonesia

Gunung Anak Krakatau telah terjadi erupsi pada tanggal 22 Desember 2018, yang menyebabkan longsor gunung masuk ke dalam laut serta terjadinya tsunami setinggi 13 m di bibir pantai. Pada bagian barat daya yang terjadi longsoran pada Gunung Anak Krakatau. Bagian Gunung Anak Krakatau tersebut masih berbentuk kerucut dengan kawah terletak ditengah dan tinggi 338 m, sebelum terjadinya erupsi. Setelah erupsi terjadi mengakibatkan longsoran dan tinggi Gunung Anak Krakatau berubah menjadi 158,635 m pada bulan September 2019. Terjadinya longsoran tersebut akibat erupsi menyebabkan perubahan pada kawah Gunung Anak Krakatau menjadi terbuka ke arah barat daya dan bentuknya seperti tapal kuda dengan diikuti pusat letusan yang berada di bawah permukaan laut (Armijon, 2019).

Pada hasil erupsi Gunung Merapi abu vulkaniknya mengandung beberapa unsur mayor yaitu Si, Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Ti, dan unsur minornya yaitu Ba, Co, Cr, Cu, Pb, Sr, Zn, dan Zr. Selain itu, terdapat unsur logam yang berbahaya lainnya seperti As, Cd, dan Ni. Letusan Gunung Merapi tersebut mengandung unsur-unsur logam seperti Al, Mg, Na, Fe, Si, dan K serta beberapa unsur logam berat berbahaya seperti arsen, timbal, dan kadmium (Wahyuni *et al.*, 2012). Logam berat di perairan berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah

terakumulasi dalam organisme laut. Logam berat yang masuk ke perairan dengan kadar yang melebihi ambang batas akan mencemari perairan laut kemudian mengendap pada sedimen dan akan terkonsentrasi dalam tubuh makhluk hidup melalui proses bioakumulasi semakin banyak aktivitas masyarakat di perairan maka tidak menutup kemungkinan akan bertambah kadar logam berat di perairan tersebut. Kegiatan manusia yang membahayakan perairan, salah satunya membuang sampah atau limbah ke dalam perairan tersebut, sehingga dapat diperkirakan bahwa keadaan laut atau perairan telah mengalami perubahan dari kondisi alamiahnya. Pencemaran logam berat merupakan permasalahan yang harus ditangani, karena dapat merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum (Darmono, 2001).

Logam tembaga (Cu) termasuk logam berat esensial, meskipun beracun tetapi tetap dibutuhkan bagi tubuh manusia dalam jumlah kecil. Dalam konsentrasi rendah tembaga dapat merangsang pertumbuhan organisme, sebaliknya bila dalam konsentrasi tinggi tembaga berubah menjadi penghambat. Dalam jumlah yang besar tembaga menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan kerusakan pada hati (Irianti *et al.*, 2018).

Kandungan logam besi (Fe) dalam air dapat berasal dari larutan batu-batuan yang mengandung senyawa Fe seperti Pyrit. Dalam buangan limbah industri kandungan besi berasal dari korosi pipa-pipa air mineral logam sebagai hasil elektro kimia yang terjadi pada perubahan air yang mengandung padatan larut mempunyai sifat menghantarkan listrik dan ini mempercepat terjadinya korosi (Ginting, 2007).

Salah satu metode analisis logam yaitu menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Di samping relatif sederhana, metode ini juga efektif, spesifik, sangat sensitif dan sering digunakan untuk pengukuran sampel logam dengan kadar yang sangat kecil (Basset, 1994). Penentuan logam berat dilakukan dengan metode destruksi. Destruksi adalah proses pemecahan senyawa menjadi unsur-unsurnya sehingga dapat dianalisis. Istilah destruksi ini disebut juga perombakan, yaitu dari bentuk organik logam menjadi bentuk logam-logam anorganik

(Kristianingrum, 2012). Destruksi ada dua macam yaitu destruksi kering dan destruksi basah.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penelitian tentang penentuan logam berat tembaga (Cu), besi (Fe), dan kromium (Cr) pada sedimen, plankton, dan air Pesisir Gunung Anak Krakatau menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA). Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kandungan logam berat tembaga (Cu), besi (Fe), dan kromium (Cr) pada sedimen, plankton, dan air Pesisir Gunung Anak Krakatau.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kadar logam berat Cu, Fe, dan Cr pada sedimen, plankton, dan air di Pesisir Gunung Anak Krakatau dengan menggunakan metode spektrofotometri serapan atom.
2. Menentukan tingkat pencemaran logam berat Cu, Fe, dan Cr pada sedimen, plankton, dan air di Pesisir Gunung Anak Krakatau.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu diperoleh hasil penelitian yang dapat memberikan informasi mengenai tingkat pencemaran logam berat Cu, Fe, dan Cr pada sedimen, plankton, dan air di Pesisir Gunung Anak Krakatau sehingga dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah, masyarakat, serta pihak industri dalam mengelola kegiatan industri yang berwawasan dengan lingkungan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Umum Gunung Anak Krakatau

Gunung Anak Krakatau (GAK) termasuk ke dalam gunung api aktif dari 129 gunung api yang berada di Indonesia. Letak Gunung Anak Krakatau sendiri berada di Selat Sunda yang masuk ke dalam wilayah Lampung Selatan dengan letak geografis $105^{\circ} 25' 27''$ BT dan $6^{\circ} 06' 06''$ LS berada di bawah laut dengan ke dalaman 180 meter di bawah permukaan laut. Terbentuknya Gunung Anak Krakatau terjadi pada tanggal 29 Desember tahun 1927 sampai dengan 5 Januari tahun 1928. Sekitar tahun 2006 gunung api sudah mengalami sekurang-kurang 80 kali letusan atau setiap tahun mengalami erupsi eksplosif atau efusif (PVMBG, 2018).



Gambar 2. Lokasi Peta Gunung Anak Krakatau

Pada Gunung Anak Krakatau (GAK) sampai saat ini masih sering terjadi aktivitas erupsi dalam radius kecil, sampai sejauh ini erupsi yang dihasilkan hanya menimbulkan uap gas belerang dan belum adanya lontaran material batuan yang ditimbulkan oleh erupsi tersebut. Saat ini keadaan kawah yang telah terendam oleh air kemungkinan akan menimbulkan pola erupsi baru dan arah wilayah yang berdampak akan berbeda. Gunung Anak Krakatau sendiri termasuk sebagai gunung api tipe A yang masih mengalami erupsi sejak kemunculannya pada tahun 1927. Pada bagian gunung Anak Krakatau termasuk ke dalam jalur gunung api Busur Sunda yang terletak di Selat Sunda dan terbentuk akibat tumbukan Lempeng Eurasia dan Indonesia Australia, serta proses robekan yang terjadi akibat perbedaan arah subduksi antara Pulau Sumatera dan Pulau Jawa (Siebert *et al.*, 2011). Gunung api ini termasuk bagian dari kompleks Gunung Anak Krakatau yang terdiri atas Gunung Anak Krakatau, Rakata, Panjang, dan Sertung. Pulau Panjang, Pulau Sertung, dan Pulau Rakata diperkirakan sebagai sisa dari tubuh Krakatau Purba (Jaxybulatov *et al.*, 2011). Pulau Rakata juga termasuk sisa dari gunung api Rakata yang sebagian tubuhnya hancur saat erupsi tahun 1883 (Abdurrachman *et al.*, 2018) dengan Anak Krakatau yang tumbuh di lereng bagian timur laut dari kaldera erupsi 1883 (Giachetti *et al.*, 2012).

Letusan Gunung Krakatau telah mengakibatkan terjadinya gelombang suara, yang terdengar di dalam kawasan seperempat permukaan bumi ($127.525 \times 10^6 \text{ km}^2$). Selain gelombang suara, terjadi pula gelombang tekanan udara selama 5 hari (dalam waktu 128 jam) yang dapat mengelilingi dunia 3,5 kali, hingga fenomena ini menjadi begitu lemah dan tidak dapat tercatat dengan jelas lagi. Fenomena lainnya terjadi di permukaan dan di dalam air serta di dasar laut Selat Sunda. Batu apung setebal 3 m tercatat ada di Selat Sunda, dan bahan piroklastika lainnya yang mengendap di dasar laut mencapai ketebalan sekitar 20 m (Winchester, 2003).

2.2. Sedimen

Sedimentasi merupakan peristiwa yang terjadi adanya pengendapan atau penumpukan material batuan yang terangkut oleh tenaga air maupun angin di

suatu tempat (Hambali, 2016). Material sedimen merupakan salah satu bahan organik yang terbawa oleh aliran air. Material sedimen akan terbawa sampai ke daerah muara sungai dan akan mengendap pada daerah muara sungai. Material sedimen termasuk pecahan batuan atau mineral organik yang dibawa dari berbagai sumber dan diendapkan pada suatu tempat (Triatmodjo, 1999). Dalam laju sedimentasi dan kecepatan laju endapan sedimen dipengaruhi oleh ukuran partikel sedimen dan debit yang melewati penampang pada keberadaan daerah tersebut. Pada pengukuran laju sedimentasi dapat menggunakan alat sedimen trap yang berfungsi untuk mengukur jumlah atau volume sedimen terakumulasi. Pada alat sedimen trap diletakkan pada ke dalaman sesuai yang diinginkan. Akumulasi sedimen sendiri berfungsi untuk menjelaskan jumlah (volume dan berat) sedimen yang mengendap persatuan luas area per waktu (Rifardi, 2008).

Sedimentasi sendiri dapat didefinisikan sebagai pengangkutan atau mengendapnya material fragmental terhadap air. Sedimentasi terjadi akibat adanya erosi dan memberikan dampak yang banyak. Di waduk-waduk terjadi pengendapan sedimen akan mengurangi volume efektifnya. Sebagian besar jumlah sedimen dialirkan oleh sungai-sungai yang mengalir ke waduk, hanya sebagian kecil saja yang berasal dari longsoran tebing-tebing waduk, atau berasal dari longsoran tebing karena limpasan permukaan (Lubis, 2016).

Selain itu sedimen merupakan bagian yang sangat penting dan berhubungan dengan komponen ekosistem perairan karena menyediakan substrat dan habitat untuk banyaknya organisme penting dari rantai makanan. Sedimen termasuk tempat akumulasi sebagai zat pencemar, dalam kondisi tertentu dapat mengalami difusi ke dalam kolom perairan, lalu mempengaruhi bentuk dan organisme lain. Konsentrasi logam berat dalam substrat secara alami menggambarkan keberadaan logam berat atau deposit mineral (Cloutier, 1996).

Proses sedimentasi pada suatu sungai meliputi proses erosi, transportasi, pengendapan dan pemadatan dari sedimentasi yang menghasilkan:

- a. Bahan terlarut, semua bahan organik dan anorganik yang terangkut sebagai larutan oleh air yang mengalir.

- b. Bahan padat, semua bahan kasar dari mineral dan batu yang terangkut di sepanjang dasar sungai.
- c. Total bahan yang terangkut sungai adalah semua bahan organik dan anorganik yang terangkut lewat sebuah stasiun pengukur dalam bentuk suspensi atau *bed load* (Bagus, 2007).

2.3. Air

Air merupakan suatu bahan yang tidak dapat dipisahkan dari aktivitas kehidupan makhluk hidup yang ada di bumi. Ketersediaan air yang digunakan untuk berbagai kebutuhan cenderung terus menerus turun baik secara kualitatif ataupun kuantitatif. Salah satu sumber daya air yang banyak mendapatkan perhatian dan paling banyak dibutuhkan adalah air tanah. Air tanah merupakan suatu siklus hidrologi yang melibatkan beberapa aspek seperti bio-geofisik dan aspek sosial-budaya yang menentukan ketersediaan air di suatu daerah. Kualitas dan potensi air tanah pada suatu wilayah sangat ditentukan oleh sifat kimia air tanah serta penyebaran sistem yang dapat diketahui melalui suatu penelitian. Kualitas tersebut mencakup fisika, kimia dan biologi (Putra dan Mairizki, 2019).

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001, air adalah semua air yang terdapat pada di atas atau di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang berada di darat. Air menutupi sekitar 70% permukaan bumi dengan jumlah sekitar 1368 juta km³ dalam bentuk uap air, es, cairan, dan salju. Agar air yang masuk ke tubuh manusia baik berupa makanan dan minuman tidak menyebabkan penyakit, maka pengolahan air baik berasal dari sumber, jaringan transmisi atau distribusi mutlak diperlukan untuk mencegah terjadinya kontak antara kotoran sebagai sumber penyakit dengan air yang diperlukan (Hikmawan, 2009).

Sekalipun air jumlahnya relatif konstan, tetapi air tidak diam, melainkan bersirkulasi akibat pengaruh cuaca sehingga terjadi suatu siklus yang disebut siklus hidrologis. Siklus ini penting, karena jalan yang mensuplai daratan dengan air (Soemirat, 2009). Selanjutnya yang dimaksud dengan air adalah air tawar yang

tidak termasuk salju dan es. Di Indonesia jumlah dan pemakaian bersumber pada permukaan dan air atmosfer, yang ketersediannya sangat ditentukan oleh atmosfer atau sering dikenal dengan air hujan (Sumantri, 2010).

Kemampuan badan air untuk memurnikan diri (*self purification*) merupakan kemampuan untuk menghilangkan bahan organik, nutrisi tanaman, atau pencemar lainnya dari suatu danau atau sungai oleh aktivitas biologis dari komunitas yang hidup di dalamnya. Pemurnian diri sering berhubungan dengan oksidasi bahan organik oleh organisme aerobik. Proses oksidasi menimbulkan deoksigenasi dari air sungai dan tingkat deoksigenasi tergantung pada kekuatan air limbah, tingkat pengenceran yang diberikan oleh campuran dengan air sungai, dan kecepatan sungai (Arbie *et al.*, 2015).

Kehadiran oksigen terlarut atau DO (*Dissolved Oxygen*) di dalam badan air sungai, merupakan indikator kesehatan (sanitasi) badan air sungai. Semakin tinggi kandungan DO semakin sehat sungai tersebut. Oksigen terlarut di dalam air sungai adalah produk dari proses neraca asupan oksigen dan pemakaian oksigen terlarut di dalam air sungai. Asupan oksigen, berasal dari masukan aliran air dan re - aerasi di dalam sungai. Sedangkan penggunaan oksigen adalah untuk oksidasi material terdegradasi dari COD dan BOD yang berasal dari masukan aliran air anak - anak sungai yang mengandung air limbah atau dari pipa dan saluran keluaran air limbah (Harsono, 2010).

2.4. Plankton

Plankton yang merupakan salah satu kelompok organisme yang memiliki habitat dilingkungan akuatik dan berperan penting bagi lingkungannya. Plankton terbagi menjadi dua kelompok yaitu fitoplankton dan zooplankton. Di perairan fitoplankton dan zooplankton hidup melayang-layang mengikuti arus (Nontji, 2008). Kondisi inilah yang memudahkan biota laut ini terakumulasi logam berat, karena logam berat yang masuk perairan tidak dapat terdegradasi. Dalam hal ini, fitoplankton memiliki peluang yang besar untuk terakumulasi logam berat karena

luas permukaannya lebih besar dibandingkan rasio volumenya, sehingga memiliki kemampuan akumulasi yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat. Logam berat pada perairan masuk ke dalam fitoplankton melalui membran sel dan terakumulasi dalam sel.

Plankton termasuk ke dalam indikator biologik untuk menentukan kualitas perairan, karena gambaran tentang kualitas perairan dapat diketahui melalui keragaman plankton. Secara kuantitatif plankton di daerah perairan sepanjang tahunnya berubah-ubah sesuai dengan berubahnya kualitas air (Pagora, 2015). Plankton merupakan kumpulan organisme, hewan, maupun tumbuhan air berukuran mikroskopis dan hidupnya melayang mengikuti arus. Plankton terdiri atas fitoplankton yang merupakan produsen utama zat-zat organik dan zooplankton yang tidak dapat memproduksi zat-zat organik sehingga harus mendapat tambahan bahan organik dari makanannya (Yuliana *et al.*, 2012). Keberadaan plankton di perairan dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dan kondisi fisika-kimia perairan. Di suatu perairan jika semakin tinggi kandungan nutrisi, maka kelimpahan fitoplankton di perairan tersebut akan semakin tinggi. Pada cara budidayanya didapatkan banyaknya kandungan nutrisi dari hasil dekomposisi sisa pakan, serta pemupukan. Plankton yang menggunakan bahan anorganik dalam pertumbuhannya akan memiliki komposisi jenis yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi perairan. Kondisi perubahan komposisi plankton tersebut disebut suksesi (Sulastri, 2008).

2.5. Logam Berat

Logam berat merupakan salah satu jenis bahan pencemar pada lingkungan. Beberapa dari unsur logam tersebut tergolong dalam logam berbahaya, di antaranya Arsen (As), Timbel (Pb), Merkuri (Hg) dan Kadmium (Cd). Logam-logam tersebut dapat membahayakan tubuh manusia jika terakumulasi di dalam tubuh melebihi ambang batas keamanan konsumsi. Kelebihan tersebut dapat mengakibatkan penghambatan sistem pembentukan hemoglobin (Hb) di dalam tubuh (Palar, 2004).

Logam berat mempunyai sifat non-degradable. Selain itu, logam berat akan terakumulasi di dalam lingkungan seperti kolom air dan sedimen serta terabsorpsi ke dalam biota laut (Effendi, 2003), tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut (Wulan *et. Al.*, 2013). Logam berat yang ada pada perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen jauh lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam yang sama dalam badan air (El Kammar *et al.*, 2009).

Logam berat dapat memberikan dampak negatif terhadap manusia yang menggunakan air tersebut dan organisme yang ada diperairan. Terdapatnya kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari aktifitas alam atau manusia. Kandungan logam berat dalam suatu perairan secara alamiah relatif sedikit tetapi dengan adanya aktifitas masyarakat di sekitarnya seperti kegiatan industri, domestik, pertanian dan lainnya akan menjadi faktor penyebab meningkatnya kandungan logam berat dan akan mencemari perairan. Hal ini terjadi karena logam berat sukar mengalami penguraian baik secara fisika, kimia ataupun biologis ketersediaan logam berat di lingkungan bisa menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup seperti penyakit minamata, bibir sumbing, kerusakan susunan saraf, cacat pada bayi dan terganggunya fungsi imun sehingga dapat dikatakan logam berat dapat menjadi racun bagi tubuh apabila terakumulasi dalam jangka waktu yang lama. Telah dilakukan penelitian tentang kandungan logam berat pada air sungai Santan dengan menggunakan teknik pengambilan sampel *Purposive sampling method* yang berdasarkan kemudahan akses pengambilan sampel. Hasil penelitian menunjukkan kandungan logam berat masuk kepada kelas I dan II yang berarti dapat digunakan sebagai sumber air minum atau untuk keperluan lainnya. Logam berat merupakan polutan yang paling sering dijumpai dalam sebuah perairan (Kamarati *et al.*, 2018).

2.6. Analisis Logam Berat

Analisis logam berat yang dilakukan berupa destruksi dan pengukurannya menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Menurut (Kristianingrum, 2012) destruksi merupakan suatu perlakuan sampel dengan tujuan untuk memecah senyawa menjadi unsur sehingga dapat dianalisis atau dapat disebut juga dengan perombakan di mana terdapat perubahan bentuk dari logam organik menjadi bentuk logam anorganik.

Ada dua jenis destruksi yang dapat dilakukan, yaitu metode destruksi basah dan destruksi kering. Destruksi basah merupakan destruksi yang prosesnya menggunakan pereaksi asam untuk mendekomposisi sampel, sedangkan destruksi kering merupakan destruksi yang dilakukan menggunakan pemanasan atau penghancuran dengan memakai suhu yang sangat tinggi sekitar 400-800 °C. Pelarut yang dapat digunakan dalam proses destruksi yaitu, asam sulfat, asam nitrat, asam klorida, dan asam perklorat. Setelah proses destruksi dilakukan, diharapkan yang tersisa hanya logam-logam dengan bentuk ion.

2.7. Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan unsur kimia pada Tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Selain itu unsur ini memiliki korosi yang cepat sekali. Penggunaan tembaga terbesar adalah untuk kabel listrik (60%), atap dan perpipaan (20%) dan mesin industri (15%). Tembaga biasanya digunakan dalam bentuk logam murni, tapi ketika dibutuhkan tingkat kekerasan lebih tinggi maka biasanya dicampur dengan elemen lain untuk membentuk alloy. Sebagian kecil tembaga juga digunakan sebagai suplemen nutrisi dan fungisida dalam pertanian. Meski bersaing dengan material lainnya, tembaga tetap dipilih sebagai konduktor listrik utama di hampir semua kategori kawat listrik kecuali di bagian transmisi tenaga listrik di mana aluminium lebih dipilih. Kawat tembaga digunakan untuk pembangkit listrik, transmisi tenaga, distribusi tenaga, telekomunikasi, sirkuit elektronik, dan berbagai macam peralatan listrik lainnya. Kawat listrik adalah pasar paling

penting bagi industri tembaga. Hal ini termasuk kabel pada gedung, kabel telekomunikasi, kabel distribusi tenaga, kabel otomotif, kabel magnet, dan sebagainya. Setengah dari jumlah tembaga yang ditambang digunakan untuk membuat kabel listrik dan kabel konduktor. Banyak alat listrik menggunakan kawat tembaga karena memiliki konduktivitas listrik tinggi, tahan korosi, ekspansi termal rendah, konduktivitas termal tinggi, dapat disolder, dan mudah dipasang (Amiruddin dan Lubis, 2018).



Gambar 3. Logam Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan logam berat yang mempunyai massa jenis 8,920 gr/cm³, memiliki bentuk seperti kristal berwarna kecoklatan dengan berat atom 63,54, memiliki titik didih 2595°C, memiliki titik leleh 1083,4°C dan nomor atom 29 serta memiliki sifat yang lunak sehingga mudah ditempa. Sumber alamiah Cu berasal dari peristiwa turun air hujan dalam bentuk senyawa sulfida (CuS). Aktivitas manusia yang menghasilkan Cu berasal dari buangan limbah industri atau rumah tangga, penambangan logam Cu dan aktivitas antropogenik lainnya. Cu di air memiliki dua bilangan oksidasi yaitu +1 dan +2. Kedua spesi ion tembaga tersebut dapat membentuk kompleks yang stabil, contohnya Cu(NH₃)₆. Pada umumnya garam Cu⁺ banyak yang tidak larut dalam air karena senyawa tersebut mudah dioksidasi menjadi Cu²⁺ yang mudah larut dalam air. Seperti halnya Zn, Cu merupakan logam berat esensial yang dibutuhkan oleh tubuh dalam konsentrasi kecil untuk proses metabolisme. Kekurangan unsur tembaga dapat mengakibatkan gangguan kesehatan antara lain anemia, gangguan gastrointestinal, dan kerusakan tulang (Rumhayati, 2019).

Tabel 1. Sifat Fisik Logam Tembaga

Sifat Fisik Tembaga	Keterangan
Penampilan	Merah Kecoklatan
Fase	Padat
Nomor Atom	29
Berat Atom (g/mol)	63,546 g/mol
Titik Leleh (°C)	1.083°C
Titik Didih (°C)	2.595°C
Massa Jenis (g/cm ³)	8,94 g/cm ³

Tembaga (Cu) adalah unsur yang terdapat pada bentuk partikulat, koloid, dan terlarut di perairan alami. Cu yang mengendap dengan padatan tersuspensi dapat merubah kualitas sedimen pada dasar perairan. Mekanisme itu terjadi bisa dianalisis dengan proses koagulasi (penggumpalan) dengan mineral anion dan juga kation di air laut, proses selanjutnya diikuti dengan sedimentasi (pengendapan). Hal tersebut terjadi dikarenakan massa jenis partikel akan melebihi besar dari massa jenis air laut itu sendiri. Sedimen ialah bagian akumulasi material sepanjang tahun, keberadaannya relatif stabil sehingga sedimen dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran lingkungan yang lebih baik dibandingkan sebarannya di kolom air (Siantingsih, 2005). Sumber alami logam berat Cu adalah dari pengkisan (erosi) dari batuan mineral dan debu-debu yang mengandung partikulat Cu di udara sedangkan sumber aktivitas manusia adalah industri, galangan kapal dan rumah tangga (Palar, 2012).

Logam Cu masuk ke dalam perairan sebagai akibat peristiwa erosi dan dari udara yang terbawa oleh air hujan. Sedangkan dari aktivitas manusia berasal dari limbah industri. Logam Cu merupakan logam esensial yang bermanfaat dalam pembentukan haemosianin sistem darah dan enzimatik bagi hewan air (Darmono 1995). Namun keberadaannya yang tinggi pada perairan dapat berakibat buruk bagi ikan, seperti menghambat oksidasi asam laktat dalam insang. Konsentrasi Cu

dalam badan air bila berada dalam kisaran 2,5-3,0 ppm akan membunuh ikan yang ada di dalamnya (Palar, 2004).

2.8. Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan logam berat yang memiliki warna putih perak, serta mempunyai nomor valensi 2 dan 3 (selain 1, 4, dan 6). Besi (Fe) termasuk logam yang dihasilkan dari biji besi. Besi jarang sekali ditemukan dalam keadaan bebas, sehingga untuk mendapat unsur besi yang bebas harus dilakukan pemisahan dengan cara penguraian kimia (Botahala, 2019).



Gambar 4. Logam Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan logam yang bersifat esensial pada hewan, manusia, dan tanaman. Besi memiliki peran sebagai mineral makro di kerak bumi, namun dalam sistem biologi tubuh, besi (Fe) berperan sebagai mineral mikro (Wijayanti, 2017). Besi sebagai mineral mikro akan berperan dalam transfer oksigen oleh sel darah merah, berperan penting juga dalam memproduksi hemoglobin dan beberapa enzim (Mohammed *et al.*, 2019).

Tabel 2. Sifat Fisik Logam besi

Sifat Fisik Besi	Keterangan
Penampilan	Mengkilap Keabu-abuan
Fase	Padat

Nomor Atom	26
Berat Atom (g/mol)	55,845 g/mol
Titik Leleh (°C)	1.538°C
Titik Didih (°C)	2.861°C
Massa Jenis (g/cm ³)	7,86 g/cm ³

Ciri-ciri air yang mengandung besi (Fe), yaitu pipa mudah berkarat, airnya berwarna kemerahan, adanya lapisan coklat atau endapan coklat (Joko dan Rachmawati, 2016). Diperkirakan sumber logam berat besi (Fe) pada IPAL Sewon berasal dari limbah industri rumahan seperti limbah batik, kadar logam berat besi (Fe) pada salah satu industri batik di Yogyakarta sebesar 1,9 ppm (Putra *et al.*, 2014). Selain itu, logam berat besi (Fe) dapat berasal dari rumah tangga di mana menggunakan air sumur yang mengandung besi (Fe) sehingga terbawa sampai ke IPAL (Suryandari, 2018).

Konsentrasi besi yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksisitas pada makhluk hidup, misalnya pada jaringan daun tumbuhan (Becker dan Asch, 2005). Besi yang berasal dari aktivitas penambangan apabila terlarut dalam air dengan kadar yang melebihi 1 mg/L dan terakumulasi dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan gangguan kesehatan (Nurhaini & Affandi, 2016). Logam besi yang terakumulasi dalam tubuh organisme akuatik seperti ikan masuk melalui air, sedimen, dan rantai makanan (Herliyanto *et al.*, 2014). Logam besi yang terakumulasi tersebut dapat mengganggu aktivitas fisiologis organisme akuatik (Effendi, 2003). Efek toksisitas besi berdampak pada jaringan insang, sehingga mengganggu respirasi, serta menurunkan pertumbuhan dan perkembangan organisme akuatik (Cadmus *et al.*, 2018).

Logam Fe merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Tingginya kandungan logam Fe akan berdampak terhadap kesehatan manusia diantaranya bisa menyebabkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat

lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi, insomnia (Parulian, 2009).

Air yang berada di dalam tanah mengandung Fe^{2+} yang memiliki sifat terlarut di dalam air, di mana air yang mengandung Fe^{2+} bersifat jernih. Hal tersebut juga dikarenakan kandungan oksigen rendah atau terdapat lapisan tanah. Air permukaan mengandung besi (Fe) yang berbentuk Fe^{3+} dikarenakan adanya kontak langsung dengan oksigen dan Fe^{2+} mempunyai sifat yang reaktif terhadap oksigen, sehingga berubah menjadi Fe^{3+} yang bersifat stabil (sukar larut dalam air) (Situmorang, 2016). Air tanah pada umumnya mengandung ion logam yang tinggi, sebagai contohnya adalah logam besi (Fe), konsentrasi besi (Fe) dalam air tanah berkisar 1- 10 mg/L (Said, 2005). Sedangkan, kadar besi (Fe) dalam air permukaan tidak melebihi 1 mg/L (Joko dan Rachmawati, 2016). Konsentrasi besi (Fe) dalam air minum sebesar 0,3 mg/L (Ighariemu et al., 2019).

2.9. Kromium (Cr)

Kromium merupakan suatu logam berat berwarna putih yang tidak stabil dan mudah teroksidasi dan memiliki titik lebur 1.907 °C. Kromium termasuk logam dengan toksisitas tinggi. Kromium banyak digunakan pada pelapisan logam dan pelapisan listrik untuk membuat permukaan logam yang keras serta mencegah korosi (Oginawati *et al.*, 2020).



Gambar 5. Logam Kromium (Cr)

Logam berat kromium merupakan logam berat dengan berat atom 51,996 g / mol ; berwarna abu-abu, tahan terhadap oksidasi meskipun pada suhu tinggi, mengkilat,

keras, memiliki titik cair 1.857°C dan titik didih 2.672°C , bersifat paramagnetik (sedikit tertarik oleh magnet), membentuk senyawa-senyawa berwarna, memiliki beberapa bilangan oksidasi yaitu +2, +3, dan +6, dan stabil pada bilangan oksidasi +3. Kromium bisa membentuk berbagai macam ion kompleks yang berfungsi sebagai katalisator (Widowati *et al.*, 2008).

Tabel 3. Sifat Fisik Logam Kromium

Sifat Fisik Kromium	Keterangan
Penampilan	Berkilau Keabu-abuan
Fase	Padat
Nomor Atom	24
Berat Atom (g/mol)	51,996 g/mol
Titik Leleh ($^{\circ}\text{C}$)	1.900°C
Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)	2.690°C
Massa Jenis (g/cm^3)	$7,15 \text{ g}/\text{cm}^3$

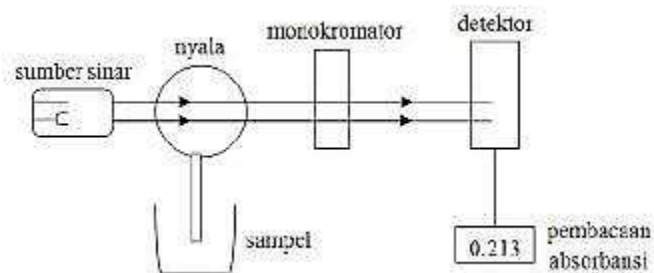
Pencemar kromium bersifat toksik, karsinogenik, bioakumulatif dan biomagnifikasi (Kosnett, 2007). Akumulasi logam berat dapat berdampak pada rantai makanan sehingga mempengaruhi kesehatan manusia (El-Kammar, 2009). Pembuangan limbah cair industri kulit ke lingkungan yang berlangsung secara terus menerus akan menyebabkan terdistribusi logam berat kromium secara luas ke berbagai komponen lingkungan, baik air irigasi, air sumur, sedimen, tanah, berbagai jenis tanaman pangan, hewan akuatik, bahkan juga ditemukan terakumulasi pada rambut dan kuku warga masyarakat desa (Rahardjo, 2014). Menurut penelitian yang telah dilakukan bahwa logam berat kromium telah terdistribusi hampir semua komponen lingkungan desa seperti air (1.538 mg/l), sedimen (68,85 mg/kg), tanah (1.582 mg/kg), air tanah dangkal (0.352 mg/l), tanaman (14.870 mg/kg), hewan akuatik (9.269 mg/kg). Hampir semua hewan akuatik yang ditemukan terbukti telah terkontaminasi oleh logam berat kromium dengan konsentrasi yang bervariasi yaitu berkisar antara 0.3-12.32 mg/kg dengan rata-rata 3.76 mg/kg. Konsentrasi krom pada air, sedimen dan biota akuatik terus meningkat konsentrasinya dari tahun 2014 hingga 2016 (Rahardjo *et al.*, 2016).

Hal ini disebabkan sifat kromium yang mudah mengikat bahan organik sehingga akan mudah mengendap ke dalam sedimen atau tanah (Harahap, 1991).

Kromium dan senyawanya bersifat toksik dapat menyebabkan gangguan ekosistem dan menyebabkan keracunan akut serta keracunan kronis pada manusia. Dampak logam ini terhadap manusia dapat menyebabkan alergi, kerusakan organ, kerusakan sistem imun dan menyebabkan kanker (Shrivastava *et al.*, 2002). Untuk mengatasi pencemaran logam kromium dapat digunakan beberapa alternatif remediasi diantaranya secara kimiawi dan biologi. Remediasi secara biologi memiliki keunggulan dibandingkan secara kimia karena ramah lingkungan dan ekonomis, akan tetapi memiliki kelemahan karena memerlukan waktu yang lebih lama (Shivakumar *et al.*, 2014).

2.10. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri serapan atom (SSA) merupakan metode analisis untuk menentukan konsentrasi suatu unsur dalam suatu cuplikan yang didasarkan pada proses penyerapan radiasi oleh atom - atom yang berada pada tingkat energi dasar (*ground state*). Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang yang spesifik dan karakteristik untuk tiap unsur. Proses penyerapan tersebut menyebabkan atom penyerap tereksitasi, di mana elektron dari kulit atom meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Banyaknya intensitas radiasi yang diserap sebanding dengan jumlah atom yang berada pada tingkat energi dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur tingkat penyerapan radiasi (absorbansi) atau mengukur radiasi yang diteruskan (transmitansi), maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan (Boybul dan lis Haryati, 2009). Metode SSA berdasarkan pada prinsip absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya (Gandjar dan Rohman, 2007).



Gambar 6. Komponen Spektrofotometri Searapan Atom

2.10.1. Sumber Sinar

Sumber sinar yang dipakai adalah lampu katoda berongga (*hollow cathoda lamp*). Lampu terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda berbentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu. Tabung logam ini diisi dengan gas mulia (neon atau argon). Bila antara anoda dan katoda diberi selisih tegangan yang tinggi (600 volt), maka katoda akan memancarkan berkas - berkas elektron yang bergerak menuju anoda yang mana kecepatannya dan energinya sangat tinggi. Elektron - elektron dengan energi tinggi ini dalam perjalanannya menuju anoda akan bertabrakan dengan gas - gas mulia yang diisikan tadi. Akibat dari tabrakan - tabrakan ini membuat unsur - unsur gas mulia akan kehilangan elektron dan menjadi bermuatan positif. Ion ion gas mulia yang bermuatan positif ini selanjutnya akan bergerak ke katoda dengan kecepatan dan energi yang tinggi pula. Pada katoda terdapat unsur - unsur yang sesuai dengan unsur yang dianalisis. Unsur unsur ini akan ditabrak oleh ion - ion positif gas mulia. Akibat tabrakan ini, unsur - unsur akan terlempar ke luar dari permukaan katoda. Atom atom unsur dari katoda ini mungkin akan mengalami eksitasi ke tingkat energi - energi elektron yang lebih tinggi dan akan memancarkan spektrum pancaran dari unsur yang sama dengan unsur yang akan dianalisis.

2.10.2. Tempat Sampel

Dalam analisis dengan SSA, sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom - atom netral yang masih dalam keadaan dasar. Ada berbagai macam alat

yang dapat digunakan untuk mengubah suatu sampel menjadi uap atom - atom yaitu dengan nyala (*flame*) dan dengan tanpa nyala (*flameless*).

2.10.2.1. Nyala (*flame*)

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya, dan juga berfungsi untuk atomisasi. Suhu yang dapat dicapai oleh nyala tergantung pada gas - gas yang digunakan, misalkan untuk gas batu bara - udara, suhunya kira - kira sebesar 1800 °C, gas alam - udara 1700 °C, Asetilen - udara 2200 °C, dan gas asetilen - dinitrogen oksida (N_2O) sebesar 3000 °C.

Pemilihan macam bahan bakar sangat mempengaruhi suhu nyala. Komposisi perbandingannya sangat mempengaruhi suhu nyala. Sumber nyala yang paling banyak digunakan adalah campuran asetilen sebagai bahan pembakar dan udara sebagai pengoksidasi. Propana - udara dipilih untuk logam - logam alkali karena suhu nyala yang lebih rendah akan mengurangi banyaknya ionisasi. Nyala hidrogen - udara lebih jernih daripada nyala asetilen udara dalam daerah UV (di bawah 220 nm) dan juga karena sifatnya yang mereduksi maka nyala ini sesuai untuk penetapan arsenik dan selenium.

2.10.2.2. Tanpa nyala (*flameless*)

Teknik atomisasi dengan nyala dinilai kurang peka karena atom gagal mencapai nyala, tetesan sampel yang masuk ke dalam nyala terlalu besar, dan proses atomisasi kurang sempurna. Oleh karena itu muncul suatu teknik atomisasi baru yakni atomisasi tanpa nyala. Pengatoman dapat dilakukan dalam tungku dari grafit. Sejumlah sampel diambil sedikit (untuk sampel cair diambil hanya beberapa μL . Sementara sampel padat diambil beberapa mg), lalu diletakkan dalam tabung grafit, kemudian tabung tersebut dipanaskan dengan sistem elektrik dengan cara melewatkan arus listrik pada grafit. Akibat pemanasan ini, maka zat yang akan dianalisis berubah menjadi atom - atom netral dan pada fraksi atom ini dilewatkan suatu sinar yang berasal dari lampu katoda berongga sehingga terjadilah proses penyerapan energi yang memenuhi kaidah analisa kualitatif.

Sistem pemanasan dengan tanpa nyala ini dapat melalui 3 tahap yaitu pengeringan (*drying*) yang membutuhkan suhu yang relatif rendah, pengabuan (*ashing*) yang membutuhkan suhu yang lebih tinggi karena untuk menghilangkan matriks kimia dengan mekanisme volatilisasi atau pirolisis, dan pengatoman (*atomising*). Pada umumnya waktu dan suhu pemanasan tanpa nyala dilakukan dengan cara terprogram.

2.10.2.3. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Dalam monokromator terdapat *chopper* (pemecah sinar), suatu alat yang berputar dengan frekuensi atau kecepatan perputaran tertentu.

2.10.2.4. Detektor

Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman. Biasanya digunakan tabung penggandaan foton. Ada 2 cara yang dapat digunakan dalam sistem deteksi yaitu memberikan respon terhadap radiasi resonansi dan radiasi kontinyu dan yang hanya memberikan respon terhadap radiasi resonansi.

2.10.2.5. Readout

Readout merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai pencatat hasil. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Gandjar dan Rohman, 2007).

2.11. Prinsip Kerja Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Prinsip kerja dari Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) merupakan sampel yang berbentuk liquid diubah menjadi bentuk aerosol atau nebulae, kemudian campuran gas bahan bakar masuk ke dalam nyala. Unsur yang dianalisa menjadi atom-atom dalam keadaan dasar (*ground state*). Lalu sinar yang berasal dari lampu katoda dengan panjang gelombang yang sesuai dengan unsur yang uji, akan dilewatkan

kepada atom dalam nyala api. Sinar yang tidak diserap oleh atom akan diteruskan dan dipancarkan pada detektor, kemudian diubah menjadi sinyal yang terukur. (Aprilia *et al.*, 2015). Terdapat sampel yang akan dianalisa ketika dihembuskan ke dalam nyala terjadi secara berurutan:

1. Pengisapan pelarut yang meninggalkan residu padat.
2. Penguapan zat padat dengan disosiasi menjadi atom-atom penyusunnya, yang mula-mula akan berada dalam keadaan dasar.
3. Atom-atom tereksitasi oleh energi termal (dari) nyala ketinggian energi lebih tinggi.

2.12. Validasi Hasil

Validasi hasil merupakan suatu proses pengujian mutu dengan cara sistematis yang bertujuan untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi syarat untuk penggunaannya sehingga validasi hasil analisis akan memberikan tingkat kepercayaan pada hasil analisis dari suatu metode. Berikut parameter validasi metode antara lain:

2.12.1. Linearitas

Linearitas merupakan suatu metode analisis yang dibantu oleh transformasi matematik yang baik dengan menghasilkan kurva kalibrasi yang *proporsional* antara respon (y) dengan konsentrasi (x) (Harmita, 2004). Penentuan linieritas memerlukan sedikitnya lima konsentrasi standar yang berbeda-beda. Pengukuran linearitas ditunjukkan dari hasil kurva, yang menghasilkan suatu persamaan garis linier yang menghubungkan antara sinyal dengan konsentrasi suatu standar. Hasil kurva kalibrasi ini akan ditemukan regresi liniernya pada persamaan 1.

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

Keterangan:

y = Absorbansi Sampel

a = Intersep

b = Slope'

x = Konsentrasi Sampel

2.12.2. Presisi (Ketelitian)

Presisi (Ketelitian) merupakan korelasi antara hasil pengujian individu dalam serangkaian pengukuran terhadap suatu sampel yang homogen. Presisi biasanya dinyatakan sebagai simpangan baku relatif atau relative standard deviation (RSD). Presisi memiliki 3 level yaitu keterulangan (*repeatability*), presisi intermediet, ketertiruan (*reproducibility*). Keterulangan merupakan pengukuran yang dihasilkan pada kondisi pengoperasian yang sama dan waktu yang pendek. Presisi intermediet merupakan pengukuran yang ditunjukkan dalam berbagai variasi laboratorium atau variasi hari, analis, dan peralatan yang digunakan. Ketertiruan merupakan suatu kemampuan meniru data dalam presisi yang telah ditetapkan, serta lebih banyak variasi dengan menggunakan metode yang sama (Harmita, 2004). Presisi dapat dinyatakan dalam persamaan 2 dan 3.

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

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

Keterangan:

SD = Standar deviasi

RSD = Simpangan baku standar

X = Kadar sampel yang diperoleh

\bar{X} = Kadar rata-rata

n = Jumlah pengulangan analisis

2.12.3. Akurasi (ketepatan)

Akurasi (Ketepatan) merupakan ukuran yang menunjukkan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya. Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (% *recovery*) analit yang ditambahkan. Akurasi dapat ditentukan dengan metode penambahan baku standar atau biasa disebut metode adisi standar. Metode adisi standar dengan menambahkan sejumlah analit standar sesuai dengan konsentrasi tertentu ke dalam suatu sampel yang akan dianalisis (Harmita 2004). Akurasi dapat dinyatakan pada persamaan 4.

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(CF-CA)}{CS} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

CF = Konsentrasi total sampel yang di peroleh dari pengukuran

CA = Konsentrasi sampel sebenarnya

CS = Konsentrasi standar yang ditambahkan

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

Analit pada matriks sampel	<i>Recovery</i> yang diterima (%)
10 < A ≤ 100 (%)	98-102
1 < A ≤ 100 (%)	97-103
0,1 < A ≤ 100 (%)	95-105
0,001 < A ≤ 100 (%)	90-107
100 ppb < A ≤ 1 ppm	80-110
10 ppb < A ≤ 100 ppm	60-115
1 ppb < A ≤ 10 ppm	40-120

(Riyanto, 2014).

2.12.4. Batas Deteksi (LoD) dan Batas Kuantitas (LoQ)

Limit deteksi merupakan jumlah terkecil analit dalam sampel yang masih dapat dideteksi. Limit kuantitasi merupakan jumlah terkecil analit dalam sampel yang masih dapat dikuantitasi secara tepat. Berdasarkan pengertian tersebut, sebenarnya tidak ada perbedaan yang signifikan antara limit deteksi dan limit kuantitasi, sehingga prosedur analisis yang dilakukan cukup satu metode, namun kedua metode dibedakan berdasarkan cara perhitungannya (Harmita, 2004). Batas deteksi (LoD) dan batas kuantitas (LoQ) dapat dinyatakan pada persamaan 5 dan 6.

$$\text{LoD} = \frac{3 \times S_b}{\text{Slope}} \quad (5)$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times S_b}{\text{Slope}} \quad (6)$$

Keterangan :

LoD = Limit deteksi

LoQ = Limit kuantitas

Sb = Simpangan baku respon analitik dari blanko

Slope = nilai b pada persamaan garis $y = a + bx$

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Maret 2023 sampai Mei 2023. Pengambilan sampel sedimen, air dan plankton di Pesisir Gunung Anak Krakatau. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung, serta analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di Institut Sains dan Teknologi Akprind.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas laboratorium, kertas saring, neraca analitik (ketelitian $\pm 0,0001$ gram), oven, *icebox*, wadah sampel, ayakan 106 mesh, desikator, mortar dan alu, penangas listrik, *Eckman Grab*, plankton net 25, kantong plastik transparan, dan seperangkat alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sedimen dan plankton pesisir, $K_2Cr_2O_7$, HNO_3 68%, $HClO_4$ pekat, $Cu(NO_3)_2$, $(NH_4)_2SO_4FeSO_4 \cdot 6H_2O$, *aquadest*, formalin 4%, dan kertas saring *Whatman* No.42.

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Pembuatan Larutan

3.3.1.1. Larutan HNO₃ 5%

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

3.3.1.2. Larutan Standar Tembaga 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,29 g Cu(NO₃)₂ lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan

3.3.1.3. Larutan Standar Besi 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,702 g (NH₄)₂SO₄FeSO₄.6H₂O gram lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian dilarutkan serta ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

3.3.1.4. Larutan Standar Kromium 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,565 g K₂Cr₂O₇ lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL kemudian akuades ditambahkan pada labu ukur hingga tanda batas dan dihomogenkan.

3.3.2. Metode Pengambilan Sampel

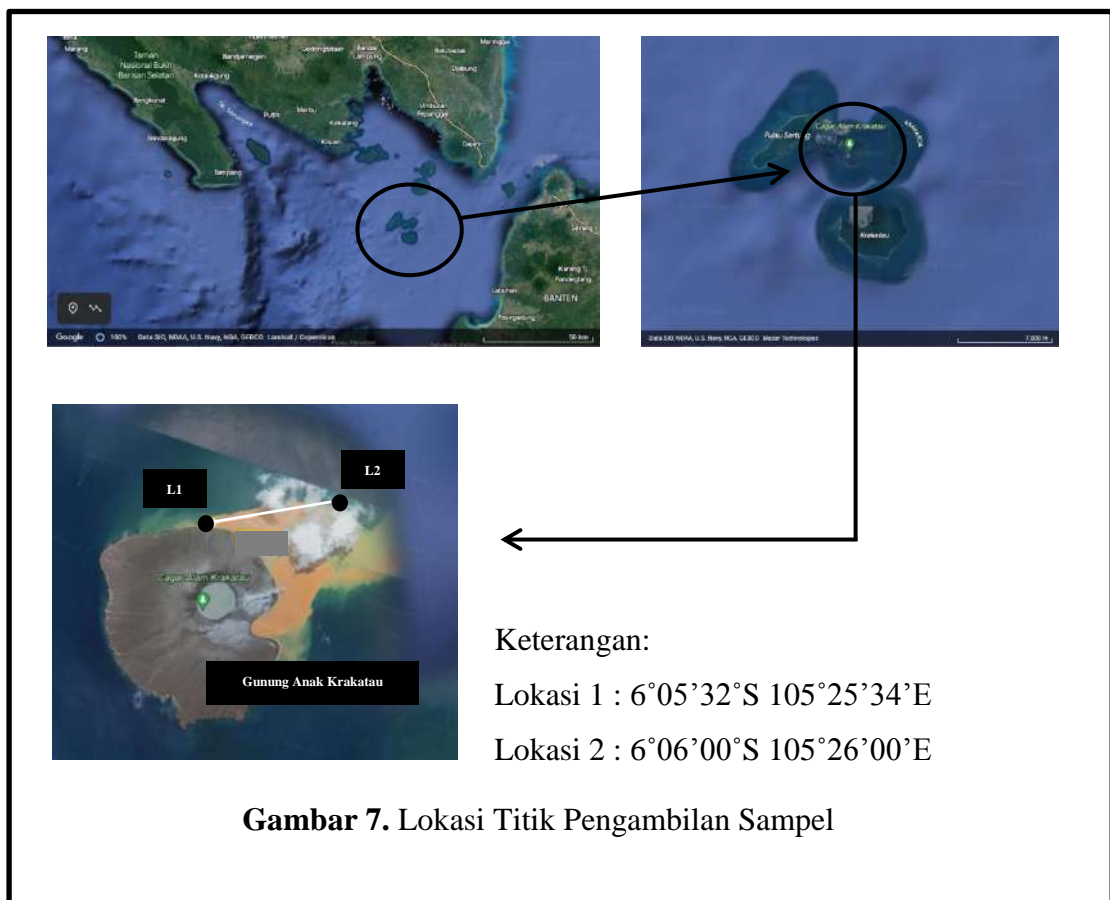
3.3.2.1. Persiapan Pengambilan Sampel

Persiapan pengambilan sampel sebelum dilakukan, wadah sampel terlebih dahulu dicuci bersih dengan menggunakan sabun dan dibilas air hingga bersih, kemudian wadah sampel direndam menggunakan HNO₃ 5% dengan waktu 24 jam, berfungsi untuk menghilangkan kontaminasi logam-logam yang terdapat pada

wadah sampel. Setelah itu proses pengeringan dan penyimpanan yang dilakukan dalam keadaan tertutup (SNI 6989.57:2008).

3.3.2.2. Pengambilan Sampel

Sampel diambil langsung di Pesisir Gunung Anak Krakatau pada 2 titik yang berbeda. Sampel sedimen diambil menggunakan *eckman grab* kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik transparan dan diberi label. Selanjutnya sampel sedimen disimpan ke dalam *icebox* yang kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Sampel air pesisir diambil dengan menggunakan botol sampel yang kemudian dibilas dengan air pesisir tersebut, lalu sampel airnya diambil sesuai yang akan dianalisis. Sedangkan untuk pengambilan sampel plankton dimasukkan ke dalam wadah, lalu sampel disaring menggunakan plankton net 25, kemudian dimasukkan ke dalam botol dan ditambahkan 3 tetes formalin 4%. Selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Setiap pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.



3.3.3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Cu, Fe, dan Cr

Berdasarkan (SNI 6989.84:2019), air pesisir disaring dengan menggunakan kertas saring lalu dimasukkan ke dalam wadah botol plastik yang telah disiapkan, kemudian sebanyak 100 mL sampel akan diperiksa kadar logam Cu, Fe, dan Cr sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambah 5 mL larutan HNO_3 pekat ditutup menggunakan kaca arloji, selanjutnya dipanaskan perlahan-lahan sampai volume berkisar 10-20 mL. Corong dibilas menggunakan akuades dan dimasukan ke dalam erlenmeyer air bilasan tersebut. Setelah itu larutan uji dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan air sampai tanda batas kemudian dihomogenkan. Filtrat yang dihasilkan diukur dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penentuan kadar logam berat Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Kromium (Cr) pada sampel plankton yang sudah ditetesi dengan formalin 4% lalu di pindahkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL sebanyak 25 mL. Kemudian sampel plankton ditambahkan HNO_3 68% sebanyak 3-4 tetes dan dihomogenkan. Setelah itu sampel disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya filtrat yang dihasilkan diukur dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penentuan logam Cu pada sedimen (SNI 06-6992.5-2004). Sedimen dikeringkan lalu dibuang benda-benda asing seperti plastik dan bahan lain yang bukan bahan uji, setelah itu dihaluskan dengan cara digerus lalu dihomogenkan. Sampel sedimen yang telah dihomogenkan ditimbang sebanyak 3,0 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 25 mL air akuades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. Asam nitrat (HNO_3 pekat) ditambahkan sebanyak 5 mL sampai 10 mL lalu diaduk hingga bercampur rata. Kemudian ditambahkan 3 butir sampai 5 butir batu didih dan ditutup dengan kaca arloji kemudian dipanaskan di atas penangas listrik dengan suhu $105\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $120\text{ }^\circ\text{C}$ hingga volume sampel 10 mL, lalu di angkat dan didinginkan.

Ditambahkan 5 mL HNO_3 pekat dan 1-3 mL HClO_4 pekat tetes demi tetes melalui dinding kaca erlenmeyer kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan larutan HNO_3 5% sampai tanda batas kemudian 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 *aquadest* sampai tanda tera. Filtrat sampel diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dan dicatat hasilnya.

Penentuan logam Fe pada sedimen (SNI 6989.4-2009). Pada sedimen basah dijemur selama beberapa hari yang selanjutnya akan digerus dan diayak menggunakan saringan. Sedimen dikeringkan yang telah homogen ke dalam oven dengan suhu 1000°C selama 1 jam. Sedimen kering ditimbang dengan teliti 10 g kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan campuran HCl dan HNO_3 dengan perbandingan 3:1 sebanyak 10 mL. Selanjutnya digoyangkan selama 30 menit dan didiamkan selama 3 jam dengan suhu ruang. Setelah didiamkan selama 3 jam, ditambahkan 50 mL akuades kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Sisa sedimen pada kertas saring dicuci dengan 5 mL akuades sebanyak lima kali pengulangan. Filtrat yang dihasilkan kemudian diencerkan hingga pH berkisar antara 2-3. Filtrat yang dihasilkan diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Penentuan Kadar Logam Cr pada sedimen (SNI 06-6989.17-2004). Sedimen basah dijemur selama beberapa hari yang selanjutnya akan digerus dan diayak menggunakan saringan. Sedimen yang telah homogen dikeringkan ke dalam oven pada suhu 1000°C selama 1 jam. Sedimen kering ditimbang dengan teliti 10 g kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan campuran HCl dan HNO_3 dengan perbandingan 3:1 sebanyak 10 mL. Selanjutnya digoyangkan selama 30 menit, dan didiamkan selama 3 jam pada suhu ruang. Setelah didiamkan selama 3 jam, ditambahkan 50 mL akuades kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring. Sisa sedimen pada kertas saring dicuci dengan 5 mL

akuades sebanyak lima kali pengulangan. Filtrat yang dihasilkan kemudian diencerkan hingga pH berkisar antara 2-3. Filtrat yang dihasilkan diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi

3.3.4.1. Kurva Kalibrasi Tembaga (Cu)

Sebanyak 10 mL larutan standar tembaga 1000 ppm dipipet lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppm. Selanjutnya larutan dengan konsentrasi 100 ppm tersebut dipipet sebanyak 1; 2; 5; 10; dan 20 mL, masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 1; 2; 5; 10; dan 20 ppm. Larutan standar kadmium tersebut masing-masing diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.4.2. Kurva Kalibrasi Besi (Fe)

Sebanyak 10 mL larutan standar Besi 1000 ppm dipipet lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppm. Selanjutnya larutan dengan konsentrasi 100 ppm tersebut dipipet sebanyak 1; 5; 10; 15; dan 20 mL, masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 1; 5; 10; 15; dan 20 ppm. Larutan standar kadmium tersebut masing-masing diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.4.3. Kurva kalibrasi Kromium (Cr)

Sebanyak 10 mL larutan standar kromium 1000 ppm dipipet lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppm.

Selanjutnya larutan dengan konsentrasi 100 ppm tersebut dipipet sebanyak 0,5; 1; 5; 10; dan 20 mL, masing-masing larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, diencerkan dengan ditambahkan akuades sampai tanda batas dan dihomogenkan sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 0,5; 1; 5; 10; dan 20 ppm. Larutan standar kromium tersebut masing-masing diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

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 untuk standar logam Cu yaitu sebesar 1; 2; 5; 10; dan 20 ppm. Konsentrasi untuk standar logam Fe yaitu 1; 5; 10; 15; dan 20 ppm. Konsentrasi untuk standar logam Cr yaitu 0,5; 1; 5; 10; dan 20 ppm. Nilai absorbansi kemudian diproses dengan metode kuadrat terkecil untuk selanjutnya dapat ditentukan nilai kemiringan (slope), intersep, dan koefisien korelasinya. Perhitungan linearitas seperti terlihat pada Persamaan 1.

3.3.5.2. Presisi (ketelitian)

Penentuan presisi dilakukan dengan mengukur konsentrasi sampel dengan 4 kali pengulangan. Nilai absorbansi yang diperoleh tersebut 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%. Perhitungan presisi seperti terlihat pada Persamaan 2 dan 3.

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. Volume larutan standar yang akan ditambahkan ditentukan dengan Persamaan 2. Akurasi ini bertujuan untuk mengetahui kedekatan antara nilai yang diterima sebagai nilai kebenaran dibandingkan dengan nilai yang diperoleh. Perhitungan akurasi seperti terlihat pada Persamaan 4.

3.3.5.3.1. Uji perolehan kembali Cu

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

3.3.5.3.2. Uji Perolehan kembali Fe

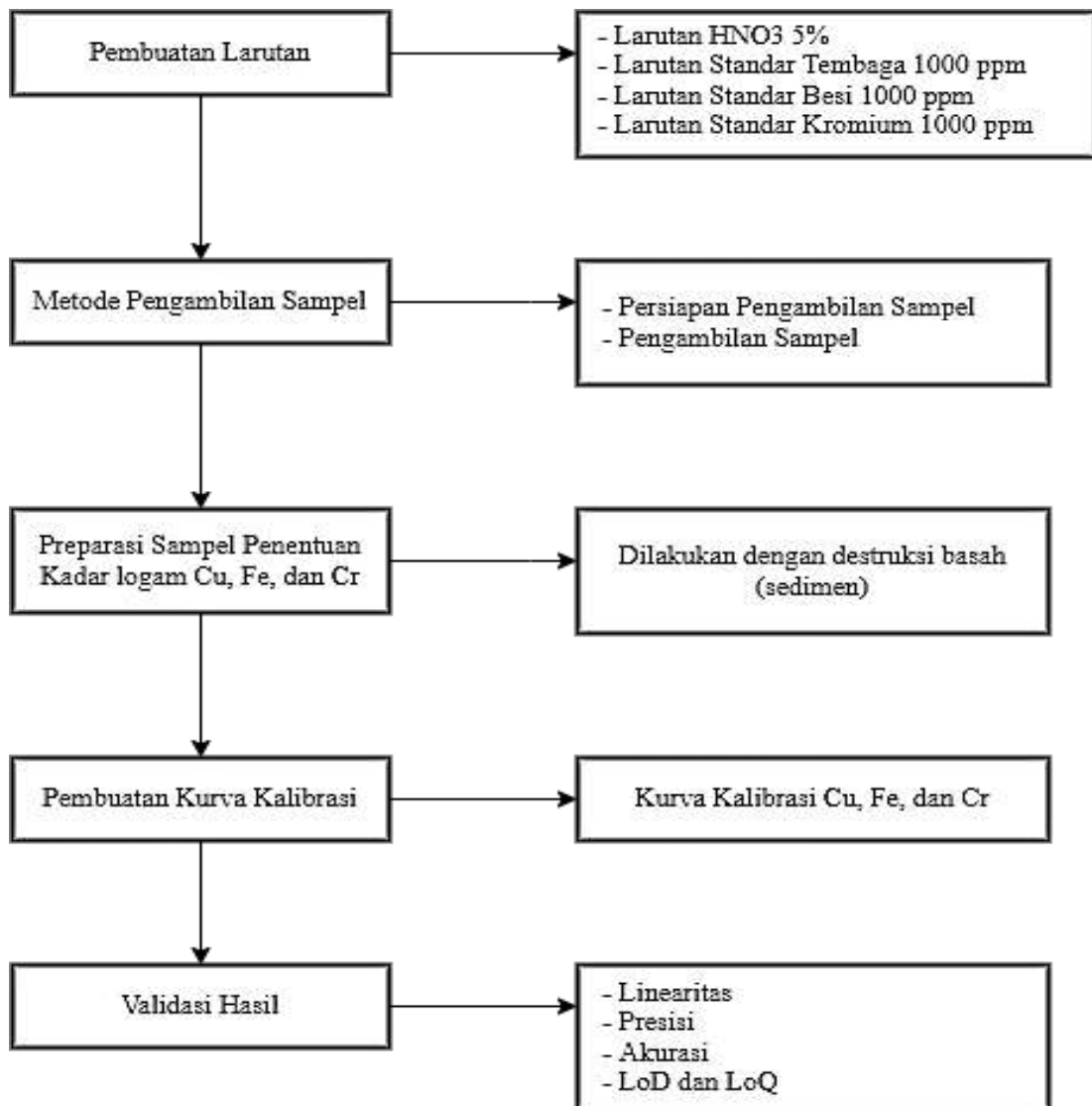
Sebanyak 0,1 mL larutan standar Fe 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *stirrer*, kemudian ditentukan serapannya.

3.3.5.3.3. Uji Perolehan kembali Cr

Sebanyak 0,1 mL larutan standar Cr 100 ppm ditambahkan ke dalam labu ukur 50 mL yang berisi larutan sampel, dihomogenkan dengan menggunakan *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 4 kali pengulangan. Hasil pengukuran tersebut kemudian diproses dengan metode perhitungan persamaan kurva kalibrasi secara statistik dengan menggunakan Persamaan 5 dan 6.



Gambar 8. Diagram Alir

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Hasil analisis rerata kandungan logam Cu pada sedimen di lokasi 1 yaitu $79,224 \pm 0,134$ ppm, pada lokasi 2 yaitu sebesar $79,383 \pm 0,063$. Konsentrasi logam berat Cu pada sedimen di kedua lokasi berbeda di atas baku mutu yang sudah ditetapkan oleh *National Sediment Quality Survey* US EPA (2004) yaitu sebesar 49,98 ppm.
2. Hasil analisis rerata kandungan logam Fe pada sedimen di lokasi 1 yaitu $152,875 \pm 0,031$ ppm, pada lokasi 2 yaitu sebesar $152,837 \pm 0,044$. Konsentrasi logam berat Fe pada sedimen di kedua lokasi berbeda di atas baku mutu yang sudah ditetapkan oleh *National Sediment Quality Survey* US EPA (2004) yaitu sebesar 17-25 ppm.
3. Hasil analisis rerata kandungan logam Cr pada sedimen di lokasi 1 yaitu $11,85 \pm 0,299$ ppm, pada lokasi 2 yaitu sebesar $11,87 \pm 0,791$. Konsentrasi logam berat Cr pada sedimen di kedua lokasi berbeda di bawah baku mutu yang sudah ditetapkan oleh *National Sediment Quality Survey* US EPA (2004) yaitu sebesar 76,00-233,27 ppm.
4. Hasil analisis kadar logam Cu pada air didapatkan sebesar 0,061 ppm; Fe sebesar 0,187 ppm; Cr sebesar 0,018 ppm. Konsentrasi logam berat Cu dan Cr berada di atas ambang baku mutu, sedangkan pada logam Fe berada di bawah ambang baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Keputusan Kementerian

5. Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 pada logam Cu, Fe dan Cr berturut-turut 0,05 mg/L, 0,5 mg/L, dan 0,005 mg/L.
6. Hasil analisis kadar logam Cu pada plankton didapatkan sebesar 0,097 ppm; Fe sebesar 0,141 ppm; Cr sebesar 0,101 ppm. Konsentrasi logam berat Cu, Fe, dan Cr pada plankton lebih tinggi dibandingkan air.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran perlu adanya maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui keberadaan logam berat lainnya pada sedimen, air dan plankton di Pesisir Gunung Anak Krakatau. Dilakukannya penelitian tersebut agar mengetahui seberapa tingkat pencemaran logam berat tersebut dalam sedimen, air, dan plankton.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrachman, M., Widiyantoro, S., Priadi, B., dan Ismail, T. 2018. Geochemistry and Structure of Krakatoa Volcano in the Sunda Strait, Indonesia. *Geosciences*. **8**(4): 111-121.
- Amiruddin, A dan F. A. Lubis. 2018. Analisa Pengujian Lelah Material Tembaga dengan Menggunakan Rotary Bending Fatigue Machine. *Jurnal Ilmiah "Mekanik" Teknik Mesin ITM*. **4**(2): 93 - 99.
- Aprilia, D. 2015. *Spektrofotometer Serapan Atom*. Fakultas Farmasi Instiut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata. Kediri.
- AOAC Inernational. 2002. Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements. AOAC Official Method of Analysis. *AOAC International*. Pages 1-18.
- Arbie, Rahmat Randy,. Nugraha, Winardi Dwi,. dan Sudarno. 2015. Studi Kemampuan Self Purification Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Organik DO dan BOD. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Armijon. 2019. *Kajian Pembaharuan Model Rendaman Tsunami Pesisir Teluk Lampung Akibat Pengaruh Perubahan Morfologi Gunung Anak Krakatau*. FIT ISI 2019 dan ASEANFLAG 72nd COUNCIL MEETING.
- Bagus, B. 2007. *Evaluasi Laju Erosi dan Laju Sedimentasi pada Waduk Cacaban Tegal*. Universitas Katolik Soegijapranata Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo.
- Basset, J. R.C. Denney, G.H. Jeffery, J. Mendham. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. EGC Kedokteran. Jakarta.
- Becker M, and Asch F. 2005. Iron Toxicity in Rice Conditions and Management Concepts. *Journal Plant Nutrition Soil Science*. 168: 558–573.
- Boehm, P. D. 1987. *Proses transportasi dan transformasi terkait pencemaran*

hidrokarbon dan logam di lingkungan sedimen lepas pantai dalam: efek jangka panjang pengembangan minyak dan gas di pantai. Ilmu terapan Elsevier. London.

- Botahala, L. 2019. *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri Terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Gali*. Penerbit Deepublish. Yogyakarta.
- Boybul dan Iis Haryati. 2009. *Analisis Unsur Pengotor Fe, Cr, Dan Ni Dalam Larutan Uranil Nitrat Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom*. Sdm Teknologi Nuklir. ISSN 1978-0176.
- Bryan, G.W. 1978. *Heavy Metal Contamination in The Sea*. In: Jonhston R. *Marine Pollution*. Academic Press, London.
- Budiastuti, P., Raharjo, M., & Dewanti, N.A.Y. 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. **4**(5):119-122.
- Cadmus P, Brinkman SF, Melynda KM. 2018. Chronic Toxicity of Ferric Iron for North American Aquatic Organisms: Derivation of a Chronic Water Quality Criterion Using Single Species and Mesocosm Data. *Archive and Environmental*. **74**(4): 605–615.
- Cloutier RG *et al.* 1996. *Retention of heavymetals the post '96 flood sediment Layer deposited in the Sagueray, River, Quebec, Canada*. In: *Contaminated Sediments: Characterization, Evaluation, Mitigation, Restoration, and Management Strategy Performance*. ASTMInternational. Washington.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Doelsch, E., V. Van de Kerchove. dan H.S. Macary. 2006. Kandungan Logam Berat Tanah Reunion (Laut Indian). *Geoderma*. **134** (1-2):119-134.
- Edward. 2010. *Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Perlit Teraktifasi Terhadap Logam Berat Pb dan Cu*. Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau. Riau.
- Effendi, H. 2003. *Telah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- El-Kammar, A. M., Ali, B. H., El-Badry, A.M., 2009, Environmental Geochemistry of River Nile Bottom Sediments Between Aswan and Isna, Upper Egypt. *Journal of Applied Sciences Research (INSInet Publication)*. **5**(6): 585-594.

- Gandjar, G.H. dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Giachetti, T., Paris, R., Kelfoun, K., dan Ontowirjo, B. 2012. Tsunami hazard related to a flank collapse of Anak Krakatau Volcano, Sunda Strait, Indonesia. *Geological Society of London Special Publications*. **361**(1): 79-90.
- Ginting, P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Yrama Widya. Bandung.
- Hikmawan, Teguh. 2009. *Proses Pengolahan Air yang Mengandung Tembaga, Timbal dan Amonia Dengan Proses Ozonasi Gelembung Mikro dan Filtrasi Membran*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hambali, R., & Apriyanti, Y. 2016. Studi Karakteristik Sedimen dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng–Kabupaten Bangka Barat. In *FROPIL (Forum Professional Teknik Sipil*. **4**(2): 165-174.
- Harahap, S. 1991. *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung ditinjau dari Sifat Fisika Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro*. IPM. Jakarta.
- Harmita. 2004. *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya*. Majalah Ilmu Kefarmasian, Dep. Farmasi. FMIPA-UI, Jakarta.
- Harsono, E. 2010. *Evaluasi Kemampuan Pulih Diri Oksigen Terlarut Air Sungai Citarum Hulu*. Puslit Limnologi-LIPI. Bogor.
- Harteman E. 2011. *Dampak Kandungan logam Berat Terhadap Kemunculan Polimorfisme Ikan Badukang dan Sembilan di Muara Sungai Kahayan seta Katingan, Kalimantan Tengah*. IPB. Bogor.
- Hutagalung, H.P. 1994. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Beberapa perairan Indonesia*. Oseanografi LIPI. Jakarta.
- Herliyanto, Budianta, dan Hermansyah. 2014. Toksisitas Logam Besi (Fe) pada Ikan Air Tawar. *Jurnal Penelitian Sains*. **17**(1): 26-34.
- Ighariemu, V., Belonwu, D. C. dan Wegwu, M. O. 2019. Heavy metals level in water, sediments and health risk assessment of Ikoli Creek, Bayelsa State, Nigeria. *Journal Environ Chem Toxicol*. **3**(1): 1- 6.
- Irianti, Tanti T. 2018. *Logam Berat dan Kesehatan*. Yogyakarta.
- Jaxybulatov, K., Koulakov, I., Ibs-von Seht, M., Klinge, K., Reichert, C., Dahren, B., dan Troll, V. R. 2011. Evidence for High Fluid/Melt Content beneath

- Krakatau Volcano (Indonesia) from Local Earthquake Tomography. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. **206**(3-4): 96-105.
- Joko, T. dan Rachmawati, S. 2016. Variasi penambahan media adsorpsi kontak aerasi sistem nampan bersusun (*Tray Aerator*) terhadap kadar besi (Fe) air tanah dangkal di kabupaten Rembang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. **15**(1): 1-5.
- Kamarati KFA, Ivanhoe AM, dan Sumaryono M. 2018. Kandungan logam berat besi (Fe), timbal (Pb) dan mangan (Mn) pada air Sungai Santan. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*. **4**(1): 49-56.
- Kantasubrata, J. 2008. *Jaminan Mutu Data Hasil Pengujian : Kontrol Sampel dan Aplikasinya*. RC Chem Learning Centre. Bandung.
- Kepmen LH. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut*. Deputi Menteri Lingkungan Hidup, Bidang Kebijakan dan Kelembagaan L.H.
- Kosnett M.J. 2007. *Heavy metal intoxication & chelators*. Mc Graw Hill. New York.
- Kristianingrum, S. 2012. *Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel dan Efeknya*. UNY Press. Yogyakarta.
- Lubis Astika M. 2016. *Analisis Sedimentasi di Sungai Way Besai*. Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Lampung.
- Mance, G. 1987. *Penanganan Pencemaran atau Logam Berat di Lingkungan Perairan*. Bross Halaman Terbatas. Inggris Raya.
- Mohammed, A. A., Mohamed, H. O. dan Muftah, E. K. 2019. Heavy metals contents in some commercially available coffe, tea, and cocoa samples in Misurata city- Libya. *Progress in Chemical and Biochemical Research*. **2**(3): 99- 107.
- Morirty, F. 1988. *Ecotoxycology*. The study of Polutant in ecosystem. 2th ed Academic Press. Inc London 241 pp.
- Nontji. 2008. *Plankton Laut*. LIPI Press. Bogor.
- Nuraini, R.A.T., Endrawati, H & Maulana, I.R. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau di Perairan Trimulyo Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. **20**(1):48-55.
- Nurhaini R, Affandi A. 2016. Analisa Logam Besi (Fe) di Sungai Pasar Daerah Belangwetan Klaten dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. **2**(1): 39-43.

- Oginawati, Katharina. 2010. *Analisis Kandungan Logam Berat dalam Pemanfaatan Sedimen Sungai Citarum untuk Media Tanam Tanaman Pangan*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Pagora, Henny. 2015. Kualitas Plankton Pada Kolam Pasca Tambang Batu Bara Yang Dimanfaatkan Untuk Budidaya Perairan. *Jurnal Ziraah*. **40**(2).
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Parulian, A. 2009. *Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan Besi (Fe) Pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal*. Pascasarjana Universitas Sumatera Utara (USU). Medan.
- Putra, A. Y., dan Mairizki, F. 2019. Analisis Warna, Derajat Keasaman dan Kadar Logam Besi Air Tanah Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *Jurnal Katalisator*.
- Putra, D. E., Astuti, F. P. dan Suharyadi, E. 2014. *Studi penurunan kadar logam besi (Fe) pada limbah batik dengan sistem purifikasi menggunakan absorben nanopartikel magnetic (Fe_3O_4)*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY. Yogyakarta.
- PVMBG. 2014. *Data Dasar Gunung Api Krakatau*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Rahardjo, D., 2014. *Profil Cemar Krom pada Air Permukaan, Sedimen, Air Tanah dan Biota serta Akumulasi pada Rambur dan Kuku Warga Masyarakat di Sekitar Kawasan Industri Kulit Desa Banyakan, Piyungan Bantul*. LPPM UKDW. Yogyakarta.
- Rahardjo, D. dan A. Prasetyaningsih. 2016. *Profil Pencemaran Krom Di Lingkungan dan Akumulasinya Pada Hewan Akuatik*. Prosiding Semnas UGM 2016. Yogyakarta.
- Rifardi. 2008. *Tekstur Sedimen: Sampling dan Analisis*. UNRI Press. Pekanbaru.
- Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi*. Deepublish. Yogyakarta.
- Rochyatun, E. 2007. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*. 37: 1536-1545.
- Rumhayati, B. 2019. *Sedimen Perairan (Kajian Kimiawi, Penentuan, dan Peran)*. UB Press. Malang.
- Said, N. I. 2005. *Metoda Penghilang Zat Besi dan Mangan Di Dalam Penyediaan*

- Air Minum Domestik. *Jurnal Air Indonesia*. **1**(3): 239- 250.
- Setiawan, Heru. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. **7**(1): 11-18.
- Shivakumar, D., Kandaswamy, A. N., Gomathi, V., Rajeshwaran, R., Murugan, N., 2014. Bioremediation Studies on Reduction of Heavy Metals Toxicity. *Poll Res*. **33**(3): 553-558.
- Shrivastava, R., Upreti, R. K., Seth, P. K., Chaturvedi, U. C., 2002. Effect of Chromium on The Immune System. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*. **34**: 1-7.
- Siantingsih, A. 2005. *Pendugaan Sebaran Spasial Logam Berat Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Siebert, L., Simkin, T., dan Kimberly, P. 2011. *Volcanoes of the World*. Univ of California Press. Amerika.
- Situmorang, C. 2016. Analisis Perbedaan Saringan Pasir Aktif dan Arang Aktif Untuk Menurunkan Kadar Fe Dalam Air. *Jurnal Ilmiah Satya Negara Indonesia*. **9**(1): 1-9.
- Soemirat, J. S. 1996. *Kesehatan lingkungan, Ed 3*. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Sulastri. 2008. *Fitoplankton Keanekaragaman dan Perannya sebagai Bioindikator Perairan*. Erlangga. Jakarta.
- Sumantri, Arif. 2010. *Kesehatan Lingkungan*. Edisi Revisi Kencana. Jakarta.
- Suryandari, M. 2018. *Rangkaian Aerasi, Filtrasi dan Ion Exchange Dalam Menurunkan Fe Air Sumur Gali*. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta. Yogyakarta.
- Suryati. 2011. Analisa Kandungan Logam Berat Pb dan Cu dengan Metode (SSA) Spektrofotometri Serapan Atom Terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*) di Sungai Kampar Kanan Desa Muara Takus Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa UIN Sultan Syarif Kasim Riau*, **10**(3); 23-31.
- Triatmodjo. B. 1999. *Teknik Pantai*. Swadaya. Jakarta.
- USEPA (National Sediment Quality Survey). 2004. *Incidence and Severity of*

Sediment Contamination in United States Surface Waters, National Sediment Quality Survey: 2nd Edition. EPA-823-R-04-2007. US Environmental Protection Agency. Washington DC.

- Wahyuni, E.T., S. Triyono, dan Suherman. 2012. Penentuan Komposisi Kimia Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. **19**(2): 150-159.
- Widowati, W., A. Sastiono, dan R. Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Wijayanti, N. 2017. *Fisiologi Manusia dan Metabolisme Zat Gizi*. UB Press. Malang.
- Winchester, S. 2003. *Krakatoa, The Day The World Exploded August 27, 1883*. Viking Penguin Book Ltd. Great Britain.
- Wulan, Sri Purnama, Thamrin, and Bintal Amin. 2013. *Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn Pada Air dan Sedimen Di Perairan Sungai Siak Sekitar Dermaga Pt. Indah Kiat Pulp And Paper Perawang – Provinsi Riau*. Pekanbaru.
- Yudo, Satmoko. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal Aquaquulture*. **2**(1): 25-24.
- Yuliana, et. al. 2012. Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisik-Kimiawi di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika*. **3**(2).