

**PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT BESI (Fe), KROMIUM
(Cr) DAN TEMBAGA (Cu) PADA SEDIMEN, AIR DAN PLANKTON
PESISIR PULAU SERTUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI
SERAPAN ATOM (SSA)**

(Skripsi)

Oleh

Renni Wulandari

1957011008



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IRON (Fe), CHROMIUM (Cr) AND COPPER (Cu) IN SEDIMENTS, WATER AND COASTAL PLANKTON OF SERTUNG ISLAND BY ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY (AAS)

By

RENNI WULANDARI

The determination of the content of heavy metals Iron (Fe), Chromium (Cr) and Copper (Cu) in sediments, water and coastal plankton of Sertung Island by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) has been carried out. This research was conducted to determine heavy metal contamination on the coast of Sertung Island, Krakatau Islands. Sediment and water samples were taken from 3 points. Sample preparation was carried out by wet destruction and analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The results of analysis on sediment samples showed that the Fe content was between 153.18 ± 0.05 ppm- 153.41 ± 0.005 ppm, Cr metal was between 11.45 ± 3.96 ppm - 11.77 ± 1.67 ppm and Cu metal 77.20 ± 0.19 ppm-is within the quality standards set by the USEPA National Sediment Quality Survey (2004). The results of the analysis of the metal content of Fe, Cr and Cu in water were 1.41 ppm, 0.0, 62 ppm and 1 ppm are above the quality standard stipulated by the Republic of Indonesia Government Regulation No. 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management. Measurement of plankton samples obtained absorbance results on Fe 0.805, Cr 0.13 and Cu 0.22.

Keywords: Sertung Island Coast, heavy metals, sediment, water, plankton

ABSTRAK

PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT BESI (Fe), KROMIUM (Cr) DAN TEMBAGA (Cu) PADA SEDIMEN, AIR DAN PLANKTON PESISIR PULAU SERTUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)

Oleh

RENNI WULANDARI

Telah dilakukannya penentuan kandungan logam berat Besi (Fe), Kromium (Cr) dan Tembaga (Cu) pada sedimen, air dan plankton Pesisir Pulau Sertung secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui cemaran logam berat di Pesisir Pulau Sertung, Kepulauan Krakatau. Sampel sedimen dan air yang diambil berasal dari 3 titik. Preparasi sampel dilakukan dengan cara destruksi basah dan dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil analisis pada sampel sedimen menunjukkan bahwa kadar logam Fe antara $153,18 \pm 0,05$ ppm- $153,41 \pm 0,005$ ppm, logam Cr antara $11,45 \pm 3,96$ ppm- $11,77 \pm 1,67$ ppm dan logam Cu $77,20 \pm 0,19$ ppm-berada di baku mutu yang telah ditetapkan *National Sediment Quality Survey* USEPA (2004). Hasil analisis kandungan logam Fe, Cr dan Cu pada air berturut turut sebesar 1,41 ppm, 0,62 ppm dan 1 ppm berada di atas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pengukuran sampel plankton didapatkan hasil absorbansi pada logam Fe 0,805, logam Cr 0,13 dan Cu 0,22.

Kata Kunci: Pulau Sertung, logam berat, Sedimen, air dan Plankton

**PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT BESI (Fe), KROMIUM
(Cr) DAN TEMBAGA (Cu) PADA SEDIMEN, AIR DAN PLANKTON
PESISIR PULAU SERTUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI
SERAPAN ATOM (SSA)**

Oleh

Renni Wulandari

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 Skripsi : **PENENTUAN KANDUNGAN LOGAM BERAT BESI (Fe), KROMIUM (Cr) DAN TEMBAGA (Cu) PADA SEDIMEN, AIR DAN PLANKTON PESISIR PULAU SERTUNG SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)**

Nama Mahasiswa : **Renni Wulandari**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1957011008**

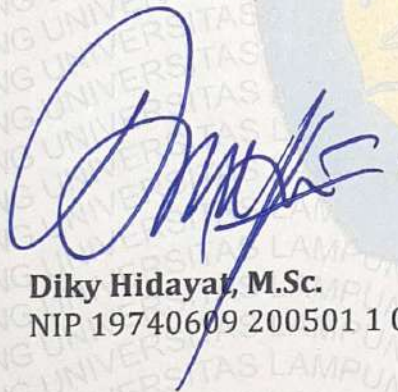
Jurusan : **Kimia**


Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



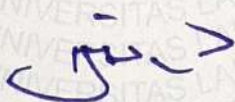
MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


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


Dra. Endang Linirin Widiastuti, Ph.D.
NIP 19610611 198603 2 001

2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung**



Mulyono, Ph.D.
NIP 19740611 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

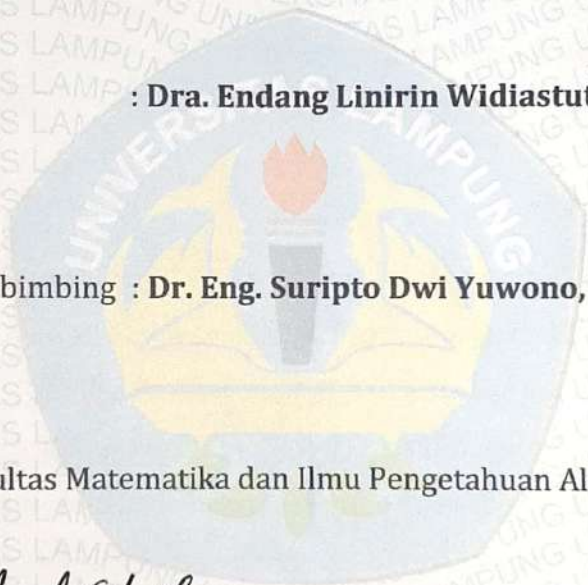
Ketua : Diky Hidayat, M.Sc.



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



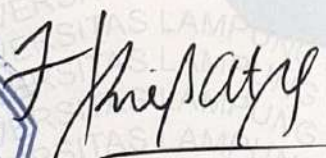
**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP 19711001 200501 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Agustus 2023

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Renni Wulandari
Nomor Pokok Mahasiswa : 1957011008
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **Penentuan Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Kromium (Cr) dan Tembaga (Cu) Pada Sedimen, Air dan Plankton Pesisir Pulau Sertung Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)** adalah benar karya sendiri, baik gagasan, hasil, dan analisisnya. Saya tidak keberatan jika data dalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan sebelum publikasi.

Bandar Lampung, 21 Agustus 2023

Yang menyatakan



Renni Wulandari
Renni Wulandari
NPM. 1957011008

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Renni Wulandari lahir di Natar, 12 September 2000. Penulis merupakan putri ke 3 dari pasangan Bapak Suparman dan Ibu Tarminah. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jl. Kenanga No. 05 Dusun IV Sarirejo RT 017/RW 007 Desa Natar Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.

Penulis mulai menempuh pendidikan pertamanya di TK Sayang Ibu lulus pada tahun 2006 lalu melanjutkan pendidikan di SD Negeri 2 Natar lulus pada tahun 2012. Penulis melanjutkan pendidikan di SMP Mutiara Natar pada lulus pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Natar lulus pada tahun 2018. Setelah itu penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Barat (SMMPTN Barat) pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Kimia Analitik I di Jurusan Kimia Unila. Penulis juga aktif berorganisasi mulai sebagai kader muda dan anggota inti Bidang Kaderisasi, Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) periode 2020 dan 2021. Pada tahun 2022 penulis mengikuti organisasi BEM FMIPA UNILA sebagai anggota Dinas Isu dan Pergerakan. Penulis pernah mengikuti kegiatan sosial Karya Wisata Ilmiah (KWI) BEM-FMIPA Unila di

Desa Purbolinggo, Tambahdadi, Kab. Lampung Timur pada tahun 2019 dan penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode I tahun 2022 sebagai bentuk pengabdian mahasiswa dan menjalankan Tri Dharma Perguruan tinggi pada bulan Januari sampai Februari 2022 di Desa Bangun Rejo Kecamatan Ketapang Kabupaten Lampung Selatan. Pada bulan Mei sampai Juni 2022, penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) Provinsi Lampung dengan judul **“Penentuan Kadar Piperin dalam Ekstrak Buah Lada Hitam (*Piper Nigrum L.*) sesuai dengan SNI 0005:2013 di UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) Lampung”**. Pada bulan Maret sampai Juni 2023 penulis menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA Universitas Lampung yang di beri judul **“Penentuan Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Kromium (Cr) dan Tembaga (Cu) Pada Sedimen, Air dan Plankton Pesisir Pulau Sertung Secara Spektrofometri Serapan Atom (SSA)”**.

MOTTO

"Untuk masa-masa sulitmu, biarlah Allah yang menguatkanmu. Tugasmu berusaha agar jarak antara kamu dengan Allah tidak pernah jauh"

*"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.
Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan"*

(Q.S. Al - Insyirah, 94:5-6)

"Ketika engkau meyakini bahwa setiap kesulitan ada kemudahan, maka sesungguhnya engkau telah melakukan ibadah yang sangat agung, yaitu berprasangka baik kepada Allah SWT"

(Habib Umar Bin Hafidz)

"God has perfect timing, never early, never late. It takes a little patience and it takes a lot of faith, but is a worth the wait."

"A bend in the road is not the end of the road"

(Jentezen Franklin)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah rabbi'l'amin, puji syukur kepada Allah SWT. Yang telah memberikan petunjuk dan Rahmat-Nya juga memberikan penerangan dalam ilmu pengetahuan. Hanya karena-Nya lah skripsi ini dapat penulis selesaikan dengan rasa syukur dan bahagia. Dengan segala kerendahan hati, penulis persembahkan karya terbaik ini kepada:

Ibu dan Bapak

Orang tua ku yang paling kuhormati dan kusayangi di dunia ini yang selalu memberikan ketenangan, kenyamanan, motivasi, doa terbaik dan menyisihkan finansialnya, sehingga putrimu bisa menyelesaikan studi ini. Sebuah perjalanan yang panjang dengan penuh cerita yang tak lepas dari doa tulus Ibu dan Bapak.

Rasa hormat dan Takzim saya kepada:

Bapak Diky Hidayat, M.Sc.,

Ibu Dra. Endang Linirin Widastuti, Ph.D.

Atas bimbingan ilmu, saran serta dukungan selama penelitian dan penulisan tugas akhir.

Dosen Jurusan Kimia

Atas semua ilmu serta pembelajaran yang diberikan selama perkuliahan.

Almamater Tercinta Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT karna berkat Rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW., yang selalu kita nantikan syafaat-Nya di Yaumul Akhir nanti. Aamin yarobbal alamin sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Penentuan Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Kromium (Cr) dan Tembaga (Cu) Pada Sedimen, Air dan Plankton Pesisir Pulau Sertung Secara Spektrofometri Serapan Atom (SSA)”**.

Penulis menyadari bahwa dalam proses pengerjaan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan rintangan yang penulis hadapi. Namun itu semua dapat terlewati berkat rahmat dan ridho Allah SWT serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Suparman, cinta pertama dan panutanku serta Ibu Tarminah, pintu surgaku yang dengan tulus ikhlas penuh cinta, kasih dan sayang yang telah diberikan, doa yang tiada putus selalu dipanjatkan, meteril yang tanpa pamrih telah banyak diberikan, serta nasehat untuk selalu sabar dan tawakal dalam segala hal yang dihadapi. Sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi ibu dan bapak harus selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian hidupku. *I love you more more more.*
2. Kakak-kakaku tercinta Bripka Anik Lidia, Iptu Pahyun Abadi, Erna Sari, S.Pd. dan Bripka Iwan Kurniawan yang telah memberikan dukungan serta doa begitu juga segala cinta dan kasih sayangnya serta pundi-pundi materil yang selalu mendukung penulis.

3. Bapak Diky Hidayat, M.Sc. selaku dosen pembimbing utama dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan ilmu, saran, arahan dan nasehat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Dra. Endang Linirin W, Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak ilmu, saran serta masukannya kepada penulis.
5. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku dosen pembahas yang telah memberikan motivasi, saran, bimbingan serta semangat kepada penulis sehingga dapat diselesaikannya skripsi ini dengan baik.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
7. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila
8. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Unila
9. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat motivasi serta pengalamannya selama di bangku perkuliahan. Semoga ilmu yang diberikan bermanfaat dan Allah SWT memberikan balasan kebaikan untuk bapak ibu semua.
10. Seluruh staf administrasi dan seluruh pegawai yang ada di lingkungan Universitas Lampung yang telah membantu dalam sistem akademik, perkuliahan, serta penelitian sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
11. Rekan-rekan Penelitian Logam Berat Kepulauan Krakatau 2023 Dita Silvi, Fira Amelia, Dania dan Zulfahmi yang telah memberikan bantuan, kerja sama, dukungan, semangat dan motivasi, selama proses penelitian. Semoga kalian dapat sukses kedepannya Aamiin.
12. Teman-teman *PeerGroup* Analitik 2019 terima kasih untuk bantuan selama proses penelitian.
13. Teman seperjuangan sampai selesai perkuliahan Dita Silvi Yani, S.Si. dan Unggul S. S. Utomo, S.Si. terima kasih sudah menemani masa - masa perkuliahan ini, tempat berbagi cerita, selalu menghibur, dan penyemangat 24/7. Terima kasih sudah selalu searah walaupun kita tidak sedarah. Semoga kita menjadi orang sukses!!

14. Kelas C “*Caring For Each Other*” 2019. Terima kasih telah memberikan kebersamaan perkuliahan. Tetap kompak ya!!
15. Keluarga Besar “*Chemistry 19*” yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu atas semangat, motivasi, dukungan, kekeluargaan yang terjalin selama ini. *Chemistry 19 we are!!! Smart People, Smart Thinking, and Good Attitude!*
16. Keluarga besar Kimia angkatan 2017- 2022, yang telah memberi keceriaan selama ini.
17. Teman- teman KKN di Desa Bangun Rejo, Bang Kemal, Dimas, Juju, Nada, Eca dan adek Vina yang telah memberikan semangat serta motivasi selama ini. Terima kasih untuk pengalaman luar biasa selama 40 hari yang tidak bisa terulang kembali. Semoga kita semua jadi orang-orang sukses Aamiin.
18. Sahabat kecilku Nia, Tomi, Meta, Retno, Sely, Lala, Nopi dan Wira atas kebersamaan, keceriaan, semangat serta dukungan yang diberikan kepada penulis.
19. Bocil-bocil kesayangan, mba bela, bang ican, adek acid, bang iqbal dan adek gibran menjadi penghibur dikala sedih serta memberikan keceriaan untuk setiap harinya,
20. Untuk seseorang yang namanya belum bisa kusebutkan disini terima kasih banyak atas semua doa, dukungan, kesabaran dan perhatiannya selama ini. Terima kasih sudah menjadi sumber motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga senantiasa allah selalu meridhoi jalan kita. “*Nawaitu background biru with you*”. Aamiin.
21. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya yang telah memberikan masukan, kritikan, saran, motivasi, keceriaan dan pelajaran hidup.
22. *Last but not least, I want to thank myself for staying so far, I want to thank myself for all the hard work, I want to thank myself for not having a day I would like to thank myself for finishing this report non-stop, and finally this report is complete. Thanks very much.*

Atas segala kebaikan yang diberikan, semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala yang berlipat ganda. Penulis menyadari dalam menulis skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 21 Agustus 2023

Penulis,

Renni Wulandari

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	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 Kepulauan Krakatau	5
2.2. Pencemaran Logam Berat Pada Perairan Laut	6
2.3. Logam Berat	8
2.4. Logam Besi (Fe).....	9
2.5. Logam Kromium (Cr)	11
2.6. Logam Tembaga (Cu).....	12
2.7. Sedimen	14
2.8. Plankton.....	16
2.9. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	17
2.9.1. Prinsip Dasar Spektrofotometri Serapan Atom	17
2.9.2. Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom	19

2.9.3. Jenis-Jenis Gangguan Spektrofotometri Serapan Atom	23
2.10. Validasi Metode	24
2.10.1. Linearitas	24
2.10.2. Batas Deteksi dan Batas Kuantitas	25
2.10.3. Ketelitian (Presisi)	25
2.10.4. Ketepatan (Akurasi)	26
III. METODE PENELITIAN	28
3.1. Waktu dan Tempat	28
3.2. Alat dan Bahan	28
3.3. Prosedur Kerja	29
3.3.1. Pembuatan Larutan	29
3.3.2. Metode Pengambilan Sampel	29
3.3.3. Preparasi Sampel Penentuan Kadar Logam Fe, Cr, dan Cu	31
3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi	33
3.3.5. Validasi Hasil	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1. Pengambilan Sampel	38
4.2. Pengambilan Sampel	38
4.3. Kandungan Logam Berat Fe, Cr dan Cu pada Sedimen, Air dan Plankton Pesisir Pulau Sertung Kepulauan Krakatau	41
4.3.1. Kandungan logam Fe, Cr dan Cu pada Sedimen	41
4.3.2. Kandungan Logam Fe, Cr dan Cu dalam sampel Air Pesisir Pulau Sertung Kepulauan Krakatau	45
4.3.3. Kandungan Logam Fe, Cr dan Cu dalam sampel plankton Pesisir Pulau Sertung Kepulauan Krakatau	46
4.4. Validasi Hasil Penelitian	48
4.4.1. Linieritas	48
4.4.2. LoD (<i>Limit of Detection</i>) dan LoQ (<i>Limit of Quantification</i>).....	50
4.4.3. Presisi.....	51
4.4.4. Akurasi.....	53

V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1. Simpulan.....	55
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat Fisik Logam Besi.....	11
2. Sifat Fisik Logam Kromium	12
3. Sifat Fisik Tembaga (Cu).....	14
4. Tabel Recovery nilai konsentrasi sampel.....	27
5. Nilai LoD dan LoQ logam Fe, Cr dan Cu.....	51
6. Nilai rerata SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Fe	51
7. Nilai rerata SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cr	52
8. Nilai rerata SD, dan RSD Hasil Analisis Logam Cu	52
9. Nilai persen Perolehan Kembali (%recovery) Logam Fe	53
10. Nilai Persen Perolehan Kembali (% recovery) Logam Cr.....	54
11. Nilai Persen Perolehan Kembali (%recovery) Logam Cu	54
12. Absorbansi Logam Fe pada Sampel Sedimen.....	68
13. Absorbansi Logam Cr pada Sampel Sedimen I	69
14. Absorbansi logam Cu pada sampel Sedimen	69
15. Absorbansi logam Fe, Cr dan Cu pada sampel air	69
16. Absorbansi logam Fe, Cr dan Cu pada sampel plankton	70
17. Absorbansi larutan standar logam Fe	70
18. Creg logam Fe pada sampel sedimen.....	70
19. Konsentrasi logam Fe pada sampel seddimen	71
20. Absorbansi larutan standar logam Cr.....	72
21. Creg logam Cr pada sampel sedimen.....	72
22. Konsentrasi logam Cr pada sampel sedimen	73
23. Absorbansi larutan standar logam Cu	74
24. Creg logam Cu pada sampel sedimen	74

25. Konsentrasi Logam Cu pada sedimen.....	75
26. Perhitungan Limit Deteksi dan Limit Kuantifikasi logam Fe.....	76
27. Perhitungan Limit Deteksi dan Limit Kuantifikasi logam Cr.....	77
28. Perhitungan Limit Deteksi dan Limit Kuantifikasi logam Cr.....	78
29. SD dan % RSD Logam Fe	79
30. SD dan %RSD pada logam Cr	80
31. SD dan %RSD Logam Cu.....	82
32. Nilai persen perolehan kembali logam Fe.....	84
33. Nilai persen perolehan kembali logam Cr.....	85
34. Nilai persen perolehan kembali logam Cu.....	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi kepulauan Krakatau (Sumber: Google Earth)	5
2. Logam besi (Fe)	10
3. Logam kromium (Cr)	11
4. Logam tembaga (Cu).....	13
5. Skema Alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	19
6. Skema Hollow Cathode Lamp	20
7. Lokasi Pengambilan Sampel	30
8. Diagram alir	37
9. Rerata Kandungan Logam Fe.....	41
10. Rerata Kandungan Logam Cr.....	42
11. Rerata Kandungan Logam Cu	43
12. Kandungan Logam Fe, Cr dan Cu pada air Pesisir Pulau Sertung	45
13. Kandungan Logam Fe, Cr dan Cu pada sampel plankton.....	46
14. Kurva Regresi Larutan Fe	49
15. Kurva Regresi larutan Cr	49
16. Kurva Regresi larutan Cu.....	50
17. Pengambilan Sampel.....	87
18. Pengeringan Sampel.....	87
19. Destruksi sampel Logam Fe dan Cr	88
20. Proses Destruksi Sampel Sedimen Logam Cu	89

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Provinsi Lampung memiliki wilayah daratan seluas 35.288,35 km² secara geografis terletak pada posisi 105°45'-103°48' Bujur Timur dan 3°45'-6°45' Lintang Selatan. Wilayahnya berbatasan dengan Samudera Hindia di sebelah barat, Laut Jawa di sebelah timur, Provinsi Sumatera Selatan dan Bengkulu di sebelah utara, serta Selat Sunda di sebelah selatan. Provinsi Lampung memiliki beberapa pulau yang sebagian besar berada di Teluk Lampung, antara lain Pulau Dalot, Pulau Legundi, Pulau Tegal, Pulau Sebuku, Pulau Kelagian, Pulau Sebesi, Pulau Pahawang, Pulau Krakatau, Pulau Putus, dan Pulau Tabuan (BPS, 2021).

Kepulauan Krakatau dan perairannya merupakan kawasan cagar alam dan cagar alam laut yang terletak di Selat Sunda antara Pulau Jawa dan Sumatera. Pulau-pulau ini terdiri dari pulau-pulau kecil seperti Anak Krakatau dan Krakatau Kecil (Panjang) Pulau Sertung dan Pulau Krakatau Besar (Rakata) (BKSDA,2012). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melaporkan bahwa Gunung Anak Krakatau tercatat mulai 10 Oktober 2010 mengalami letusan abu yang disertai lontaran material pijar dengan ketinggian asap berkisar 100-1700 m serta berlangsung setiap hari hingga saat ini.

Abu vulkanik hasil dari erupsi gunung merapi mengandung beberapa unsur-unsur mayor yang berupa Si, Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Ti. dan unsur-unsur minor berupa Ba, Co, Cr, Cu, Pb, Sr, Zn, dan Zr. Selain itu, terdapat unsur logam yang berbahaya lainnya seperti As, Cd, dan Ni. Secara umum abu atau material dari letusan gunung berapi seperti Gunung Merapi mengandung beberapa

unsur logam seperti Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, dan K serta belerang dan beberapa unsur logam berat berbahaya seperti timbal, kadmium, dan arsen. Komposisi oksida logam khususnya Si, Al, dan Ca yang terkandung dalam material memberikan potensi kepada material tersebut untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar semen, keramik, atau produk lain yang berbahan dasar semen (Wahyuni *et al.*, 2012).

Pencemaran logam berat yang masuk ke lingkungan perairan akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut (Wulan dkk, 2013). Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan (Yalcin dkk, 2008). Logam berat yang ada pada perairan, suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan seperti udang, kerang dan kepiting akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Jika biota laut yang telah terkontaminasi logam berat tersebut dikonsumsi dalam jangka waktu tertentu, dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup (Palar, 2008).

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

Menurut Tanjung *et al.*, (2019) logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi oleh biota air. Selanjutnya akan berasosiasi dengan sistem rantai makanan, masuk ke tubuh biota perairan, dan akhirnya dapat terakumulasi pada tubuh manusia bagi yang mengkonsumsinya. Logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam

jumlah kecil. Berbagai perantara, seperti udara, makanan maupun air yang terkontaminasi oleh logam berat, logam tersebut dapat terdistribusikan ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus, dalam jangka waktu lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia.

Penurunan kualitas lingkungan perairan disebabkan masuknya jenis limbah seperti limbah organik dan anorganik. Pencemaran laut adalah dimasukkannya baik langsung maupun tidak langsung zat padat, cair atau gas ke laut sehingga kualitas air laut menurun dan menyebabkan lingkungan laut tidak berfungsi dengan baik. Masuk ke dalam laut. Pencemaran laut tersebut menjadi penyebab berkurangnya daya tangkap ikan dan hasil panen rumput laut (Damanik, 2018).

Logam berat kromium dalam suatu perairan berasal dari alam dalam jumlah yang sangat kecil seperti proses pelapukan batuan dan *run-off* dari daratan, namun logam berat kromium dapat meningkat dengan jumlah yang besar akibat oleh kegiatan manusia seperti kegiatan industri, limbah rumah tangga dan kegiatan lainnya melalui limbah yang masuk ke dalam perairan (Nuraini dkk., 2017). Logam berat lain yang berpotensi mencemari perairan ialah logam besi. Sumber pencemaran logam besi berasal dari industri. Logam besi dapat mengancam kehidupan biota perairan serta dapat merusak kesehatan manusia (Supriyantini, 2015).

Keberadaan logam-logam berat yang menumpuk pada air laut dan sedimen akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan dapat menimbulkan efek toksik terhadap kehidupan organisme yang ada di sekitarnya (Said dkk., 2009). Oleh sebab itu, untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat di Pesisir Pulau Sertung maka perlu dilakukan penentuan logam berat Fe, Cr, dan Cu dalam air, sedimen dan plankton di Pesisir Pulau Sertung.

Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk menganalisis keberadaan logam dalam suatu sampel secara kuantitatif. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis logam secara kuantitatif dalam sampel perairan ialah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Keuntungan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dibandingkan dengan spektrofotometri

biasa yaitu lebih spesifik, batas deteksi yang rendah, cukup ekonomis, dapat dan diaplikasikan pada banyak jenis unsur.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka akan dilakukan penentuan terhadap kandungan logam berat Fe, Cr dan Cu pada sedimen dan air di Pesisir Pulau Sertung.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kadar logam berat (Fe, Cr dan Cu) pada sedimen, air dan plankton di Pesisir Pulau Sertung dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
2. Mengetahui tingkat pencemaran logam berat (Fe, Cr dan Cu) pada sedimen, air dan plankton di Pesisir Pulau Sertung

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini yaitu sebagai salah satu sumber informasi mengenai tingkat pencemaran logam berat Fe, Cr dan Cu pada sedimen dan air Pesisir Pulau Sertung. Informasi ini dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah dalam mengelola cagar alam dan cagar alam laut yang berada di Kepulauan Krakatau.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Umum Kepulauan Krakatau

Krakatau merupakan kepulauan vulkanik yang masih aktif dan berada di Selat Sunda antara pulau Jawa dan Sumatra. Nama ini pernah disematkan pada satu puncak gunung berapi (Gunung Krakatau) yang sirna karena letusannya sendiri pada tanggal 26-27 Agustus 1883. Letusan itu sangat dahsyat awan panas dan tsunami yang diakibatkannya menewaskan sekitar 36.000 jiwa. Sampai sebelum tanggal 26 Desember 2004, tsunami ini adalah yang terdahsyat di kawasan Samudera Hindia (Darmawan,2014). Kepulauan Krakatau berada di perairan Selat Sunda yaitu antara Pulau Jawa dan Sumatra. Luas daratannya sekitar 3.090 ha yang terdiri dari Pulau Sertung (1.060 ha), Pulau Panjang (310 ha), Pulau Rakata (1.400 ha) dan Gung Anak Krakatau (320 ha) (Novriadi, 2013).



Gambar 1. Lokasi kepulauan krakatau (Sumber: *Google Earth*)

Menurut Ariani *et al*, (2019) kondisi perairan yang berada di sekitar Pulau Krakatau banyak mengandung abu vulkanik yang dihasilkan dari erupsi gunung Krakatau. Abu vulkanik, sering disebut juga pasir vulkanik atau jatuhan piroklastik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan, terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Setelah material tersebut jatuh ke permukaan tanah biasanya akan terlitifikasi menjadi batuan ataupun lumpur. Kandungan abu vulkanik terdiri dari unsur utama (*major element*) dan unsur jejak (*trace element*). Unsur utama (*major element*) merupakan unsur yang dominan pada umumnya lebih dari 1%, berada pada kandungan abu vulkanik dapat dijadikan untuk menganalisis batuan. Unsur utama tersebut diantaranya adalah Si, Ti, Al, Fe, Ca, Na, K, dan P. Kehadiran konsentrasinya dikeluarkan sebagai *weight persent* (wt%) dari Oksida. Unsur jejak (*trace element*) didefinisikan sebagai unsur yang kehadirannya kurang dari 0,1% dan konsentrasinya dinyatakan bagian dari jutaan (ppm) dari element.

2.2. Pencemaran Logam Berat Pada Perairan Laut

Sumber pencemaran adalah setiap kegiatan yang membuang bahan pencemar. Bahan pencemar tersebut dapat berbentuk padat, cair, gas atau partikel tersuspensi dalam kadar tertentu ke dalam lingkungan, baik melalui udara, air maupun daratan pada akhirnya akan sampai pada manusia. Daur pencemaran lingkungan akan memudahkan di dalam melakukan penelitian dan pengambilan contoh lingkungan serta analisis contoh lingkungan (Wardhana, 2001). Efek merusak yang ditimbulkan oleh pencemaran laut seperti kerusakan sumber daya hayati, bahaya bagi kesehatan manusia, gangguan kegiatan laut, termasuk penangkapan ikan dan penurunan kualitas penggunaan air laut. Limbah-limbah yang tidak dapat terdegradasi akan terakumulasi di perairan laut sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Dari sekian banyak limbah yang ada di laut, limbah logam berat merupakan limbah yang berbahaya bagi kesehatan manusia (Iduk and Samson, 2015).

Menurut Sanusi (2006) pencemaran laut ,emim,nulkan kerusakan pada lingkungan laut, kehidupan dilaut, mengganggu aktivitas di laut (usaha penangkapan,

budidaya, alur pelayaran) secara visual mereduksi keindahan (estetika), dikarenakan masuknya zat-zat (substansi) atau energi ke dalam lingkungan laut dan estuari baik langsung maupun tidak langsung, akibat adanya kegiatan manusia. Sifat toksik dan persistensi dari polutan yang masuk ke laut selain tergantung pada karakter fisik dan kimianya juga dari faktor lingkungan lautnya, yakni:

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

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

Pencemaran logam berat merupakan salah satu faktor penyebab timbulnya perubahan lingkungan terutama dalam hal pencemaran lingkungan oleh logam berat beracun. Pencemaran logam berat merupakan salah satu faktor penyebab timbulnya perubahan lingkungan terutama dalam hal pencemaran lingkungan oleh logam berat beracun. Logam berat jika masuk dalam tubuh makhluk hidup akan mengalami biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi. Biokonsentrasi adalah masuknya bahan pencemar secara langsung dari air oleh makhluk hidup melalui jaringan seperti insang atau kulit. Sedangkan bioakumulasi adalah

masuknya bahan pencemar oleh makhluk hidup dari suatu lingkungan melalui suatu mekanisme atau lintasan. Sementara biomagnifikasi adalah proses dimana bahan pencemar konsentrasinya semakin meningkat dengan meningkatnya posisi makhluk hidup pada suatu rantai makanan. Bioakumulasi terjadi dalam jaringan tubuh setelah terjadi absorpsi logam dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi (Hidayah *et al.*, 2014).

Pencemaran logam berat pada perairan dapat berasal dari kegiatan alam maupun industri. Secara alamiah pencemaran logam berat dapat diakibatkan adanya pelapukan batuan pada cekungan perairan atau adanya kegiatan gunung berapi. Kegiatan Industrialisasi yang semakin pesat menyebabkan sungai-sungai di daerah perkotaan banyak difungsikan sebagai tempat pembuangan polutan yang dapat membahayakan biota perairan serta memperburuk kualitas air (Zeng *et al.*, 2020).

2.3. Logam Berat

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya karena logam berat tidak dapat dihancurkan (nondegradable) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan (Milasari *et al.*, 2020). Logam berat sangat beracun, bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah karena sifat kumulatifnya (Sharma *et al.*, 2008). Keberadaan logam berat di perairan dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri. Pertambangan batuan keras yang beroperasi sekitar 5-15 tahun dapat menyebabkan kontaminasi logam yang terjadi pada perairan selama ratusan tahun (Srikanth *et al.*, 2013).

Logam berat adalah unsur - unsur kimia yang memiliki bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm, terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari perioda 4 sampai 7 (Almiqrhi, 2018). Dan berdampak buruk pada lingkungan dan organisme hidup. Logam-logam ini sangat penting untuk mempertahankan berbagai fungsi biokimia dan fisiologis organisme hidup ketika dalam konsentrasi yang sangat rendah, namun menjadi berbahaya ketika

melebihi konsentrasi ambang tertentu. Walaupun diakui bahwa logam berat memiliki banyak efek yang merugikan kesehatan dan bertahan dalam jangka waktu yang lama, paparan logam berat terus meningkat (Jaishankar *et al.*, 2014).

Sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu bersifat toksisitas tinggi, bersifat toksisitas sedang, dan bersifat toksisitas rendah. Bersifat toksisitas tinggi terdiri atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn. Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co dan yang bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe. Dalam jumlah yang sangat kecil logam diperlukan oleh makhluk hidup seperti Mn, Fe, Cu, dan Zn (Taguge *et al.*, 2014). Efek toksik dapat dihasilkan apabila melebihi ambang batas atau terkandung dalam tubuh dengan konsentrasi rendah pada jangka waktu yang lama. Toksisitas logam dapat bersifat akut atau kronis. Keracunan akut disebabkan oleh kontaminasi organisme dalam kadar logam yang tinggi. Sedangkan keracunan kronis disebabkan oleh kontaminasi pada kandungan logam yang rendah, dengan waktu yang lama (Amalia and Ramang, 2014).

Menurut (Sutamihardja, 2006) sifat – sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia adalah:

1. Logam sulit didegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi dilingkungan.
2. Logam berat dapat terakumulasi didalam tubuh organisme dan konsentrasinya dapat semakin tinggi atau disebut juga dapat mengalami bioakumulasi.

2.4. Logam Besi (Fe)

Logam Besi (Fe) merupakan logam essensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun (Ika, 2012). Tingginya kandungan logam besi 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 (Supriyantini, 2015).



Gambar 2. Logam besi (Fe)

Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri); tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $<1 \mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat). Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/l, tetapi di dalam air tanah kadar Fe dapat jauh lebih tinggi. Konsentrasi Fe yang tinggi ini dapat dirasakan dan dapat menodai kain dan perkakas dapur (Febrina dan Ayuna, 2015). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 nilai baku mutu besi pada perairan yaitu sebesar 0,3 mg/L.

Buangan industri yang mengandung persenyawaan logam berat Fe bukan hanya bersifat toksik terhadap tumbuhan tetapi juga terhadap hewan dan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan, dapat terakumulasi dalam biota perairan termasuk kerang, ikan dan sedimen, memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut serta memiliki nilai faktor konsentrasi yang besar dalam tubuh organisme (Supriyantini, 2015).

Kelebihan Fe dalam jumlah besar pada manusia bersifat toksik. Kerusakan kerusakan karena akumulasi Fe disebut hemokromatosis. Penderita hemokromatosis menunjukkan akumulasi Fe di hati, limpa, jantung, dan jaringan lainnya. Penderita ini beresiko terserang kanker hati, jantung, dan berbagai

penyakit lain. Konsumsi Fe dalam dosis besar akan merusak alat pencernaan secara langsung, lalu besi akan mengikuti peredaran darah. Kerusakan sel juga meluas pada hati, jantung, dan organ lain, bahkan bisa berakhir pada kematian (Junita, 2013).

Tabel 1. Sifat Fisik Logam Besi

Sifat Fisik	Keterangan
Nomor atom	26
Berat atom (g/mol)	55,845
Densitas (g/cm ³)	7,874
Titik didih (°C)	2862
Titik lebur (°C)	1538
Fase	Padat
Warna	Perak

2.5. Logam Kromium (Cr)

Kromium merupakan logam golongan transisi dengan bilangan oksidasi 2, 3, dan 6. Kromium (II) cenderung kurang stabil, kromium (III) lebih stabil dan esensial bagi tubuh, sedangkan kromium (VI) bersifat toksik. Beberapa efek buruk akibat keracunan kromium (VI) adalah ruam kulit, gagal ginjal, kanker, dan mutasi genetic. Cara untuk menangani limbah yang mengandung logam berat salah satunya menggunakan reagen pengendap yang bersifat basa, tetapi tidak semua jenis logam berat bisa diendapkan. Kromium (VI) ini salah satu logam berat yang tidak dapat mengendap dengan hidoksida, oleh karena itu cara mengatasinya dengan menggunakan adsorben (Indis, 2021).



Gambar 3. Logam kromium (Cr)

Keberadaan kromium pada perairan dijumpai dalam 2 bentuk yaitu ion kromium valensi III (Cr^{3+}) dan ion kromium valensi VI (Cr^{6+}). Kromium IV (Cr^{4+}) lebih toksik dari Kromium III (Cr^{3+}) karena ion ini sukar terurai, tidak mengendap, stabil dan toksik. Sedangkan kromium valensi III mempunyai sifat mirip dengan besi III, sukar terlarut pada pH diatas 5 dan mudah dioksidasi. Keberadaan kromium di perairan dapat menyebabkan penurunan kualitas air serta membahayakan lingkungan dan organisme akuatik (Susanti dan Henny 2008).

Tabel 2. Sifat Fisik Logam Kromium

Sifat Fisik	Keterangan
Nomor atom	24
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	1810
Titik lebur $^{\circ}\text{C}$	1765
Densitas (g/cm^3)	13,11
Fase	Padat
Warna	Abu- abu

2.6. Logam Tembaga (Cu)

Tembaga adalah logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa. Tembaga bersifat racun bagi mahluk hidup. Isoterm adsorpsi merupakan suatu keadaan kesetimbangan yaitu tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik di fase terserap maupun pada fase gas atau cair. Isoterm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva berupa plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas atau cair pada suhu konstan. Isoterm adsorpsi merupakan hal yang mendasar dalam penentuan kapasitas dan afinitas adsorpsi suatu adsorbat pada permukaan adsorben (Kundari, dkk., 2008).



Gambar 4. Logam tembaga (Cu)

Logam Tembaga (Cu) dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga (Cu) yang masuk dalam ketiga strata lingkungan tersebut dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam tembaga ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 2008).

Logam tembaga (Cu) banyak digunakan dalam proses produksi suatu industri baik sebagai bahan baku, katalisator ataupun bahan utama. Logam Cu termasuk ke dalam kelompok logam esensial, karena pada konsentrasi yang rendah dibutuhkan oleh organisme. Namun demikian, pada konsentrasi tinggi logam Cu ini akan mempunyai sifat toksik. Keberadaan logam dari industri akan mencemari lingkungan-sekitar perairan, termasuk perairan laut (Tampubolon, *et al.*, 2021).

Pencemaran logam berat meningkat sejalan dengan perkembangan industri. Pencemaran logam berat di lingkungan dikarenakan tingkat keracunannya yang sangat tinggi dalam seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Pada konsentrasi yang sedemikian rendah saja efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Logam berat dapat mengganggu kehidupan biota dalam lingkungan dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Suhendrayatna, 2001).

Logam Cu dapat terakumulasi dalam 8 jaringan tubuh, maka apabila konsentrasinya cukup besar logam berat akan meracuni manusia tersebut. Pengaruh racun yang ditimbulkan dapat berupa muntah-muntah, rasa terbakar di daerah esopagus dan lambung, kolik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma (Supriharyono, 2000).

Tabel 3. Sifat Fisik Tembaga (Cu)

Sifat Fisik	Keterangan
Nomor atom	29
Titik didih (°C)	2562
Titik lebur °C	1085
Densitas (g/cm ³)	8,95
Fase	Padat
Warna	Jingga Kemerahan

2.7. Sedimen

Sedimen merupakan suatu proses akumulasi mineral yang diakibatkan oleh adanya pengendapan dari material maupun partikel lain yang terbentuk melalui proses kimia yang terjadi di laut (Randa, 2021). Sumber antropogenik yang masuk ke lingkungan akuatik terakumulasi di sedimen melalui proses adsorpsi, presipitasi, copresipitasi, dan efek biologi sehingga konsentrasi logam berat di sedimen jauh lebih besar dibandingkan di badan air. Ketika terjadi perubahan lingkungan secara fisikokimia, logam berat yang terakumulasi di sedimen akan terlarut ke badan air dan masuk ke rantai makanan sehingga menimbulkan kerugian dan keterpaparan biota terhadap logam berat (Harmesa, 2020).

Sedimen yang merupakan kumpulan rombakan batuan sekitarnya akan mempunyai kandungan logam berat yang ditentukan oleh mineralogi batuan asal. Daerah yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia, akan memiliki kandungan logam berat yang terekam dalam sedimen yang terdiri atas geokimia alami. Kondisi ini merupakan input kontaminan logam berat masih cenderung dari darat (Arifin dan Fadhlina, 2009).

Kandungan logam berat dalam sedimen berkaitan dengan ukuran butiran sedimen dimana konsentrasi logam berat tinggi terdapat pada sedimen yang memiliki ukuran partikel lebih halus dibandingkan dengan sedimen kasar. Fraksi sedimen halus memiliki area permukaan yang luas dan relative tingginya gaya elektrostatis dari permukaan partikel tersebut (Situmorang dkk., 2010). Faktor faktor lainnya yang mempengaruhi pengendapan sedimen adalah mekanisme transport material sedimen yang akan menentukan variasi dari proses pengendapan yang terjadi (Rahman, 2008).

Sifat-sifat sedimen pantai dapat mempengaruhi laju transpor sedimen di sepanjang pantai. Faktor-faktor yang mempengaruhi laju sedimen antara lain:

1. Karakteristik material sedimen (distribusi dan gradasi butir, kohesifitas faktor bentuk, ukuran, rapat massa, dan sebagainya).
2. Karakteristik gelombang dan arus (arah dan kecepatan angin, posisi pembangkitan gelombang, pasang surut, dan kondisi topografi pantai yang bersangkutan). Sifat sedimen yang sangat penting adalah distribusi ukuran butir, setelah itu kecepatan endap sedimen dan lain-lain (Khotib dkk., 2013).

Logam berat akan mudah terakumulasi di sediemen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam berat pada air. Menurut (Mulyawan, 2005) dalam pembahasan dalam korelasi kandungan logam berat pada air, sedimen dan biota air menyatakan bahwa semakin tinggi kandungan logam berat dalam perairan maka semakin tinggi pula kandungan logam berat pada sedimen yang akan terakumulasi dalam biota air tersebut. Logam berat yang terakumulasi pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup di perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi akuatik yang bersifat dinamis seperti perubahan pH akan menyebabkan logam logam yang terendapkan dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal ini merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme yang hidup bila mengonsumsi organisme tersebut (Ernawati, 2010)

2.8. Plankton

Fitoplankton merupakan organisme perairan yang menempati posisi sebagai produsen primer pada rantai makanan dan dasar dari jaring-jaring makanan. Fitoplankton dapat melakukan fotosintesis karena memiliki klorofil sehingga mampu menyerap cahaya matahari. Hasil dari fotosintesis fitoplankton berupa bahan organik inilah yang dimanfaatkan oleh zooplankton, larva ikan, maupun organisme lainnya sebagai sumber makanan alami (Andriani *et al.*, 2017). Fitoplankton juga merupakan organisme yang dapat digunakan sebagai indikator biologis untuk menilai kualitas air melalui pendekatan indikator spesies dan keanekaragaman hayati. Ini juga karena fitoplankton memiliki siklus hidup yang pendek dan bereaksi sangat cepat terhadap perubahan lingkungan. (Ramadhania *et al.*, 2015).

Banyaknya kelas Bacillariophyceae (diatom) di perairan disebabkan oleh kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan, bersifat kosmopolit, tahan terhadap kondisi ekstrim lingkungan serta mempunyai daya reproduksi yang tinggi. dalam siklus hidup fitoplankton berlangsung dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan zooplankton, dimana pembelahan sel-sel fitoplankton lebih cepat sehingga dalam waktu beberapa hari sudah mencapai kepadatan tinggi. Sementara zooplankton dalam perkembangannya lebih membutuhkan waktu, karena pada umumnya zooplankton sebelum mencapai kondisi dewasa harus melalui beberapa fase kehidupan seperti telur (Prasetyo *et al.*, 2016).

Keberlangsungan hidup fitoplankton sangat bergantung pada kondisi fisik dan kimia perairan. Fitoplankton dengan kelimpahan yang tinggi umumnya terdapat di perairan sekitar muara sungai atau di perairan lepas pantai dimana terjadi air naik (*up welling*). Zona lokasi ini terjadi proses penyuburan karena masuknya zat-zat hara ke dalam lingkungan tersebut. Hal ini terjadi karena masuknya zat hara dari daratan yang masuk ke sungai dan dialirkan ke laut. Kelimpahan fitoplankton yang besar dari jenis tertentu dapat menyebabkan blooming dan kemungkinan dapat terjadi red tide yang dapat mengakibatkan kematian pada ikan dan hewan lain (Sediadi *et al.*, 1999).

2.9. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah salah satu instrumen yang digunakan untuk menganalisis kadar unsur dalam suatu sampel larutan. Prinsip kerja alat Spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah spektroskopi serapan atom. Prinsip ini berguna untuk mendeteksi ion logam yang terdapat dalam sampel yang akan dianalisis. Ketika larutan sampel diaspirasikan ke dalam nyala, unsur berubah menjadi uap atom sehingga nyala api mengandung unsur-unsur tersebut. Selanjutnya beberapa atom tereksitasi secara thermal oleh nyala api, sedangkan sebagian besar tetap berada dalam keadaan dasar. Atom-atom dalam keadaan dasar kemudian menyerap radiasi panjang gelombang spesifik yang dihasilkan oleh sumber lampu katoda rongga dengan logam yang sesuai. Panjang gelombang radiasi yang diberikan oleh lampu sebanding dengan yang diabsorpsi oleh atom-atom dalam nyala (Sharma dan Tyagi, 2013).

Spektrofotometri serapan atom digunakan untuk analisis unsur-unsur logam baik dalam jumlah yang sedikit (*trace*) dan sangat sedikit (*ultratrace*). Cara analisis ini memberikan kadar total unsur logam dalam suatu sampel dan tidak tergantung pada bentuk molekul dari logam dalam sampel tersebut. Cara ini cocok untuk analisis kandungan logam yang sedikit karena mempunyai kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm), pelaksanaannya relatif sederhana, dan interferensinya sedikit. Spektrofotometri serapan atom didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau ultraviolet (Asra *et al.*, 2018).

2.9.1. Prinsip Dasar Spektrofotometri Serapan Atom

Prinsip dasar dari SSA adalah metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berbeda pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut menyebabkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat energi yang lebih tinggi. Keadaan ini bersifat labil, elektron tersebut akan kembali ke tingkat energi dasar sambil mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Dalam SSA, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk

energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi dan emisi (pancaran) radiasi panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk setiap atom bebas (Gunandjar, 1995). Atom tersebut akan menyerap radiasi tersebut dan akan timbul transisi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Intensitas dari radiasi yang dihasilkan berhubungan dengan konsentrasi awal atom pada tingkat energi dasar. Proses atomisasi, yaitu mengubah analit dari bentuk padat, cair, atau larutan membentuk atom-atom gas bebas yang dilakukan dengan energi dari api atau arus listrik (Harvey, 2000).

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

1. Hukum Lambert : Bila suatu sumber sinar kromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi
2. Hukum Beer : intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum didapatkan persamaan Lambert Beer (Day & Underwood, 1989).

Berikut ini persamaan yang di dapatkan dari kedua hukum Lambert dan Beer:

$$A = \text{Log} \frac{I_0}{I_t} = \text{Log} \frac{I}{T} \epsilon . b . c$$

Keterangan:

I_0 : Intensitas Sumber Sinar

I_t : Intensitas sinar yang diteruskan

ϵ : Absortivitas Molar

b : Panjang gelombang

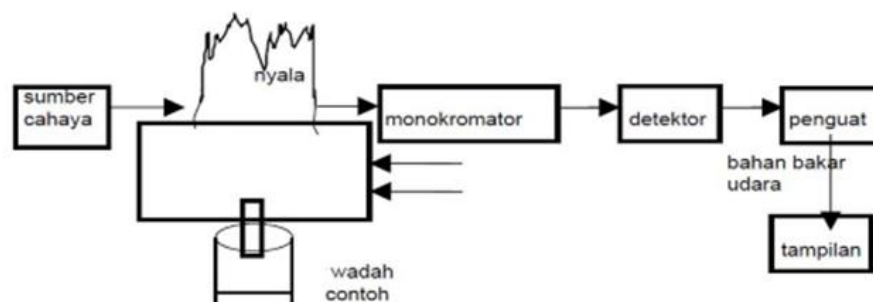
c : Konsentrasi Atom atom yang menyerap Sinar

A : Absorbansi

2.9.2. Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom

Metode AAS mengikuti hukum Beer, yang menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Setiap spektrofotometer serapan atom memiliki sumber cahaya yaitu lampu, sel sampel, monokromator, detektor, dan perangkat keluaran (Sharma dan Tyagi, 2013).

Skema alat spektrofotometer serapan atom dapat dilihat pada Gambar 2.



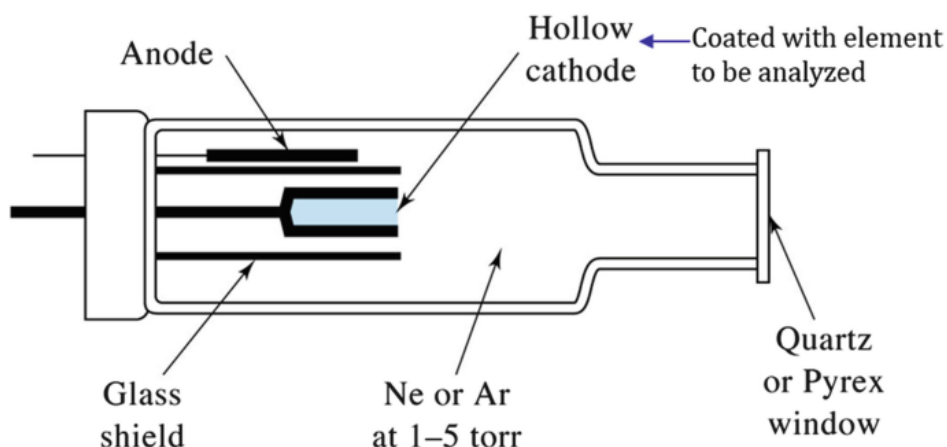
Gambar 5. Skema Alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Instrumentasi spektrofotometer serapan atom secara garis besarnya terdiri dari:

2.9.2.1. Sumber Cahaya

Sumber radiasi resonansi yang digunakan adalah lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp*) atau *Electrodeless Discharge Tube* (EDT). Elektroda lampu katoda berongga biasanya terdiri dari wolfram dan katoda berongga dilapisi dengan unsur murni atau campuran dari unsur murni yang dikehendaki. Tabung lampu dan jendela (*window*) terbuat dari silika atau kuarsa, diisi dengan gas pengisi yang dapat menghasilkan proses ionisasi. Gas pengisi yang biasanya digunakan ialah Ne, Ar, atau He (Nasir, 2019).

Pemancaran radiasi resonansi terjadi bila kedua elektroda diberi tegangan, arus Listrik yang terjadi menimbulkan ionisasi gas-gas pengisi. Ion-ion gas yang bermuatan positif ini menembaki atom-atom yang terdapat pada katoda yang menyebabkan tereksitasinya atom-atom tersebut. Atom-atom yang tereksitasi ini bersifat tidak stabil dan akan kembali ke tingkat dasar dengan melepaskan energi eksitasinya dalam bentuk radiasi. Radiasi ini yang dilewatkan melalui atom yang berada dalam nyala (Nasir, 2019).



Gambar 6. Skema *Hollow Cathode Lamp*

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

2.9.2.2. Tabung Gas

Tabung gas pada AAS yang digunakan menampung gas pembakar biasanya digunakan gas pembakar dalam suatu gas pengoksida (oksidan) seperti misalnya udara dan nitrogen oksida (N_2O). Suhu maksimum yang dihasilkan pada pembakaran berbagai campuran gas pembakar dengan gas pada tabung gas yang berisi gas asetilen. Gas asetilen pada AAS memiliki kisaran suhu $\pm 20000K$ dan ada juga tabung gas yang berisi gas N_2O yang lebih panas dari gas asetilen, dengan kisaran suhu $\pm 30000K$. Regulator pada tabung gas berfungsi untuk pengaturan kecepatan aliran gas pembawa yang akan dikeluarkan dari dalam tabung.

2.9.2.3. Atomizer

Atomizer terdiri atas nebulizer (sistem pengabut), spray chamber, dan burner (sistem pembakar). Nebulizer berfungsi untuk mengubah larutan menjadi aerosol (butir-butir kabut dengan ukuran partikel 15-20 μm) dengan cara menarik larutan melalui kapiler (akibat efek dari aliran udara) dengan pengisapan gas bahan bakar dan oksidan, lalu disemprotkan ke ruang pengabut. Partikel-partikel kabut yang halus kemudian bersama-sama aliran campuran gas bahan bakar masuk ke dalam nyala, sedangkan titik kabut yang besar dialirkan melalui saluran pembuangan. *Spray chamber* berfungsi untuk membuat campuran yang homogen antara gas

oksidan, bahan bakar, dan aerosol yang mengandung contoh sebelum memasuki *burner*. *Burner* merupakan sistem tempat terjadi atomisasi yaitu pengubahan kabut/uap garam unsur yang akan dianalisis menjadi atom-atom normal dalam nyala. *Chopper* digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari sumber radiasi dan radiasi yang berasal dari nyala api (Nasir, 2019).

2.9.2.4. Monokromator

Setelah radiasi resonansi dari lampu katoda berongga melalui populasi atom di dalam nyala, energi radiasi ini sebagian diserap dan sebagian lagi diteruskan. Fraksi radiasi yang diteruskan dipisahkan dari radiasi lainnya. Pemilihan atau pemisahan radiasi tersebut dilakukan oleh monokromator. Dalam spektroskopi absorpsi atom fungsi monokromator adalah untuk memencilkan garis resonansi dari semua garis yang tak diserap yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Dalam kebanyakan instrumen komersial digunakan kisi difraksi karena sebaran yang dilakukan oleh kisi lebih seragam daripada yang dilakukan prisma, akibatnya instrumen kisi dapat memelihara daya pisah yang lebih tinggi (Nasir, 2019).

2.9.2.5. Detektor

Detektor berfungsi mengukur radiasi yang ditransmisikan oleh sampel dan mengukur intensitas radiasi tersebut dalam bentuk energi listrik. Dalam spektrofotometer absorpsi atom, mengingat kepekaan spektra yang lebih baik yang diperlakukan, maka digunakan penggandaan foton. Keluaran dari detector diumpankan ke suatu sistem peragaan yang sesuai dan dalam hubungan ini hendaknya diingat bahwa radiasi yang diterima oleh detektor berasal tidak hanya dari garis resonansi yang telah diseleksi tetapi dapat juga timbul dari emisi dalam nyala. Emisi ini dapat disebabkan oleh emisi atom yang timbul dari atom-atom yang sedang diselidiki dan dapat juga dari emisi pita molekul (Nasir, 2019).

2.9.2.6. Recorder

Sinyal listrik yang keluar dari detektor diterima oleh piranti yang dapat menggambarkan secara otomatis kurva absorpsi. Recorder pada instrument AAS berfungsi mengubah sinyal yang diterima menjadi bentuk digital, yaitu dengan satuan absorbansi. Isyarat dari detektor dalam bentuk tenaga listrik akan diubah oleh recorder dalam bentuk nilai bacaan serapan atom (Nasir, 2019).

2.9.3. Jenis-Jenis Gangguan Spektrofotometri Serapan Atom

Secara umum terdapat dua jenis gangguan dalam teknik SSA, yaitu gangguan kimia dan gangguan spektra. Gangguan kimia berasal dari berbagai proses kimia yang terjadi selama pengatoman (atomisasi) yang akan mengubah sifat-sifat khas absorpsi analit. Sedangkan gangguan spektra terjadi ketika penyerapan dari sumber lainnya overlapping atau berdekatan dengan panjang gelombang penyerapan analit.

2.9.3.1. Gangguan Spektra

Penggunaan lampu katoda berongga dengan garis spektrum yang sempit dan khas, menyebabkan gangguan overlapping jarang terjadi. Gangguan spektrum lebih sering berasal dari adanya komponen matriks yang menunjukkan garis absorpsi yang lebar atau partikulat yang mengurangi tenaga berkas cahaya yang dipancarkan. Sumber gangguan spektra yang berasal dari campuran bahan bakar dan oksidan, koreksi cukup dilakukan dengan larutan blangko. Gangguan yang lebih besar terjadi jika sumber penyerapan atau sumber penyebaran berasal dari matriks contoh.

2.9.3.2. Gangguan kimia

Gangguan kimia terjadi karena contoh mengandung bermacam-macam senyawa yang dikenal dengan pengaruh matriks. Efek matriks dapat menyebabkan penambahan atau pengurangan serapan yang terukur. Cara mengatasi gangguan

tersebut adalah menggunakan standar yang mempunyai matriks menyerupai matriks contoh. Sejumlah matriks yang sudah diketahui ada dalam contoh ditambahkan pada standar. Koreksi semacam ini berguna untuk matriks yang sederhana. Untuk matriks yang lebih kompleks menggunakan standar berupa bahan acuan. Cara lain mengatasi efek matriks dalam SAA adalah menggunakan analisis dengan penambahan standar.

2.10. Validasi Metode

Validasi metode analisis adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi syarat untuk penggunaannya (Effendy, 2004). Parameter - parameter yang dinilai pada validasi metode analisis adalah kecermatan (akurasi), keseksamaan (presisi), linearitas, batas deteksi dan batas kuantitasi.

2.10.1. Linearitas

Linieritas adalah kemampuan metode analisis memberikan respon proposional terhadap konsentrasi analit dalam sampel (Hakimah *et al*, 2019). Uji linieritas dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi larutan standar, dari kurva kalibrasi diperoleh persamaan garis lurus atau regresi dan koefisien korelasi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara korelasi yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara korelasi larutan standar dengan nilai absorbansi yang dihasilkan. Koefisien korelasi yang baik mendekati 1 (AOAC, 2005) atau $1 \geq 0,995$ (SNI, 2019). Untuk pembentukan linearitas, minimal dibutuhkan 5 variasi konsentrasi (ICH, 1996).

Dari kurva kalibrasi, didapatkan Persamaan 1.

$$y = a + bx \tag{1}$$

Keterangan:

y : Absorbansi sampel

b : Slope

x : Konsentrasi sampel

a : Intersept

2.10.2. Batas Deteksi dan Batas Kuantitas

Batas deteksi dilakukan untuk mengetahui suatu analit dengan konsentrasi terendah dalam sampel yang dapat dideteksi dan memberikan respon yang signifikan dibandingkan dengan blanko. Batas kuantifikasi adalah konsentrasi terendah suatu analit yang dapat dianalisis secara kuantitatif dan memenuhi persyaratan presisi yang diterima pada kondisi operasional metode analisis (Hakimah *et al.*, 2019). Batas deteksi dan batas kuantifikasi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 dan 3.

$$\text{LoD} = \frac{3 \times S_b}{S_I} \quad (2)$$

$$\text{LoQ} = \frac{10 \times S_b}{S_I} \quad (3)$$

Keterangan:

LoD : limit deteksi

LoQ : limit kuantifikasi

S_b : simpangan baku respon analitik dari blanko

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

2.10.3. Ketelitian (Presisi)

Presisi adalah ukuran kedekatan hasil analisis diperoleh dari serangkaian pengukuran ulangan dari ukuran yang sama. Hal ini mencerminkan kesalahan acak yang terjadi dalam sebuah metode. Presisi biasanya diukur sebagai

koefisien variasi atau deviasi standar relative dari hasil analisis yang diperoleh dari independen disiapkan standar control kualitas (Riyanto, 2014). Hasil analisis dinyatakan sebagai simpangan baku (SD) dan simpangan baku relatif (RSD), metode dengan presisi yang baik ditunjukkan dengan perolehan RSD <7,3%. Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus pada Persamaan 4 dan 5.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

SD :Standar deviasi

RSD :Simpangan baku relatif

X :Kadar sampel yang diperoleh

\bar{x} :Kadar rata-rata

n :Jumlah pengulangan analisis

2.10.4. Ketepatan (Akurasi)

Akurasi merupakan parameter ukuran yang ditunjukkan dengan derajat kedekatan hasil analisis dengan kadar analit yang sebenarnya dan dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (recovery) analit yang ditambahkan. Penentuan akurasi dilakukan dengan metode analisis terhadap senyawa tersebut dan menganalisisnya secara kuantitatif dengan membandingkan hasil analisis antara senyawa standar dengan kemurnian yang sudah diketahui (Hakimah *et al.*, 2019). Perhitungan perolehan kembali (recovery) dapat ditetapkan dengan rumus pada Persamaan 6.

$$\% \text{perolehan kembali} = \frac{CF-CA}{CS} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan :

CF : konsentrasi total sampel yang diperoleh dari pengukuran

CA : konsentrasi sampel sebenarnya

CS : konsentrasi standar yang ditambahkan

Tabel 4. Tabel Recovery nilai konsentrasi sampel

Analit pada matriks sampel	Recovery yang diterima (%)
$10 < A \leq 100(\%)$	98-102
$1 < A \leq 10 (\%)$	97-103
$0,1 < A \leq 1 (\%)$	95-105
$0,001 < A \leq 0,1 (\%)$	90-107
$100 \text{ ppb} < A \leq 1 \text{ ppm}$	80-110
$10 \text{ ppb} < A \leq 100 \text{ ppb}$	60-115
$1 \text{ ppb} < A \leq 10 \text{ ppb}$	40-120

(Riyanto,2016).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret 2023 sampai Juni 2023. Sampel sedimen dan air diambil di Pesisir Pulau Sertung Kabupaten Lampung Selatan. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada logam Fe, Cr, dan Cu 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 $\pm 0,0001$ gram), desikator, ayakan 106 mesh, penangas listrik, mortar dan alu, termometer, *Eckman Grab sampler*, wadah sampel, kantong plastik transparan, *icebox* dan seperangkat alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air laut, sampel sedimen dan plankton, HNO_3 68 % (*Merck*), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (*Merck*), $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, HClO_4 pekat, HCl pekat, kertas saring *Whatmann* No.42, dan akuades.

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Pembuatan Larutan

3.3.1.1. Larutan HNO₃ 5%

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

3.3.1.2. Larutan standar Besi 1000 ppm

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

3.3.1.3. Larutan standar Kromium 1000 ppm

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

3.3.1.4. Larutan Standar Tembaga 1000 ppm

Ditimbang sebanyak 0,292 gram Cu(NO₃)₂ lalu dimasukkan kedalam labu ukur 100 ml dilarutkan dan ditambahkan aquades pada labu ukur sampai tanda batas kemudian dihomogenkan.

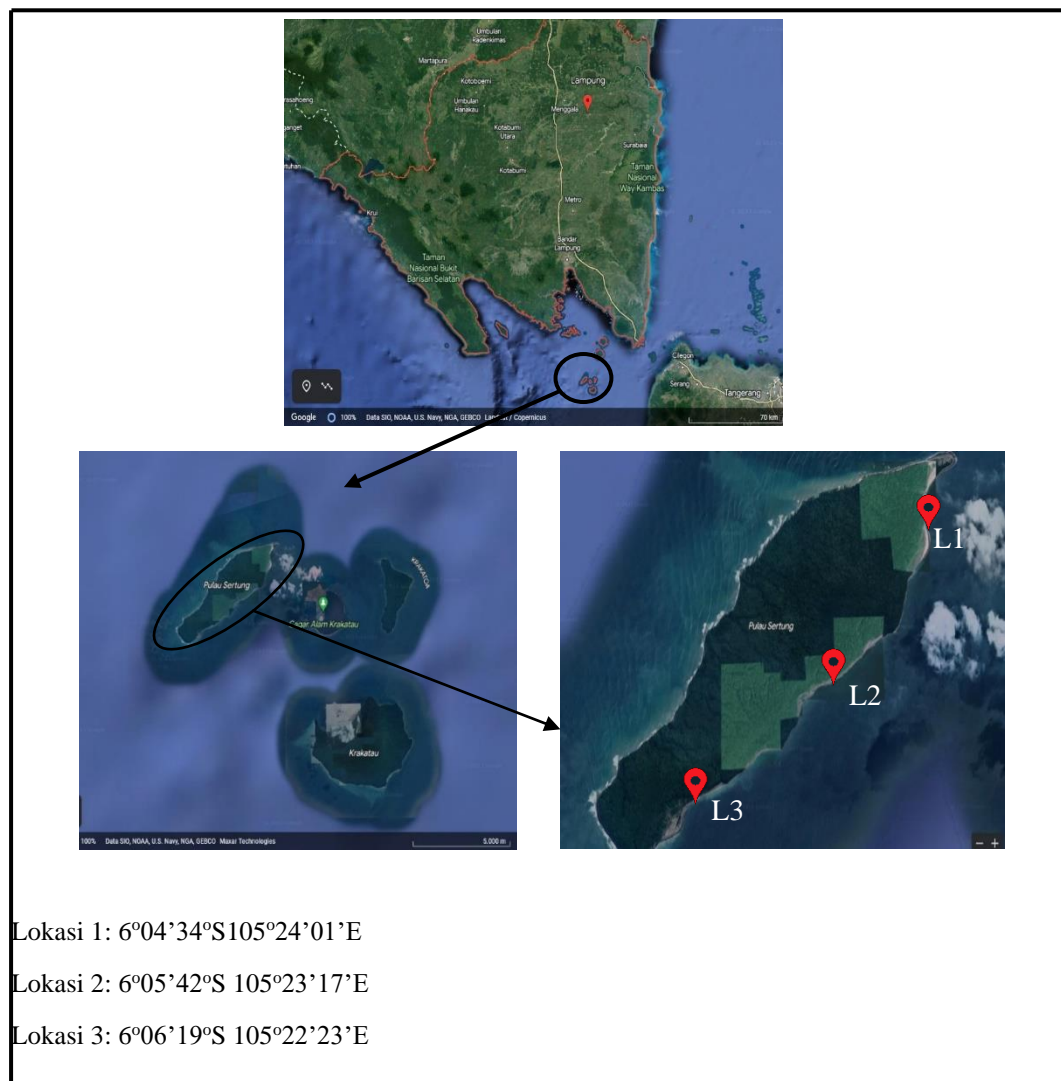
3.3.2. Metode Pengambilan Sampel

3.3.2.1. Persiapan Pengambilan Sampel

Persiapan pengambilan sampel terlebih dahulu dilakukan dengan cara mencuci bersih wadah sampel dengan sabun lalu dibilas dengan air, kemudian wadah sampel direndam dengan larutan HNO₃ 5% selama 24 jam untuk menghilangkan kontaminasi logam-logam pada wadah sampel. Selanjutnya proses pengeringan dan penyimpanan wadah sampel (SNI 6989.57:2008).

3.3.2.2. Pengambilan Sampel

Sampel diambil di Pesisir Pulau Sertung pada 3 titik yang berbeda. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan *eckman grab* kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik transparan dan diberi label. Kemudian sampel sedimen disimpan dalam *icebox* yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Pengambilan sampel air laut diambil dengan menggunakan botol sampel yang kemudian dibilas dengan air laut tersebut, sampel air laut diambil sesuai dengan peruntukan analisis. Sedangkan pengambilan sampel plankton sebagai data pendukung diambil menggunakan alat plankton net. Kemudian sampel plankton dimasukkan kedalam botol yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Setiap pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.



Gambar 7. Lokasi Pengambilan Sampel

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

Berdasarkan SNI 6989.84:2019, air laut disaring dengan menggunakan kertas saring lalu dimasukkan ke dalam wadah botol plastik yang telah disiapkan, kemudian sebanyak 100 ml sampel yang akan diperiksa kadar logam Fe, Cr dan Cu sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 5 mL larutan HNO₃ pekat ditutup menggunakan kaca arloji, setelah itu dipanaskan perlahan-lahan sampai volumenya berkisar 10-20 mL. Dibilas corong menggunakan akuades dan dimasukan air bilasan tersebut ke dalam Erlenmeyer. Kemudian pindahkan larutan uji ke dalam labu ukur 100 mL dan tambahkan air sampai tanda batas lalu homogenkan. Filtrat yang dihasilkan kemudian diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Penentuan kadar logam berat Fe, Cr, dan Cu pada Plankton, sampel plankton yang sudah ditetesi dengan formalin 4% kemudian dipindahkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL sebanyak 25 mL. Kemudian sampel plankton ditambahkan HNO₃ 68% 3-4 tetes lalu dihomogenkan. Setelah itu dimasukan kedalam botol gelap. Filtrat yang dihasilkan kemudian diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Penentuan logam Fe pada sedimen (SNI 6989.4-2009). Sedimen basah dijemur selama beberapa hari untuk selanjutnya digerus dan diayak menggunakan saringan. Sedimen yang telah homogen dikeringkan dalam oven pada suhu 100⁰C selama 1 jam. Ditimbang dengan ketelitian +10 g sedimen kering kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan campuran HCl dan HNO₃ 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)

Penentuan Kadar Logam Cr pada sedimen (SNI 06-6989.17-2004) Sedimen basah dijemur selama beberapa hari untuk selanjutnya digerus dan diayak menggunakan

saringan. Sedimen yang telah homogen dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Ditimbang dengan teliti +10 g sedimen kering 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) untuk menentukan kadar logam Cr.

Penentuan kadar logam Cu pada sedimen (SNI 06-6992.5-2004) sampel sedimen dikeringkan kemudian dibuang benda-benda asing seperti plastik, daun, dan bahan lain yang bukan bahan uji, setelah itu dihaluskan dengan digerus lalu dihomogenkan. Ditimbang sampel sedimen yang sudah dihomogenkan sebanyak + 3,0 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan 25 ml air akuades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. Menambahkan 5 ml sampai 10 ml asam nitrat (HNO_3 pekat) lalu diaduk hingga bercampur rata. Menambahkan 3 butir sampai 5 butir batu didih dan ditutup dengan kaca arloji kemudian dipanaskan di atas penangas listrik dengan suhu 105°C sampai 120°C hingga volume sampel +10 ml, lalu di angkat dan didinginkan. Menambahkan 5 ml HNO_3 pekat dan 1 ml sampai 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 aquades sampai tanda tera. Filtrat sampel diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) kemudian mencatat hasilnya.

3.3.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi

3.3.4.1. Kurva kalibrasi Besi (Fe)

Sebanyak 1 mL larutan standar besi 1000 ppm dipipet sebanyak 10 mL 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 100 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).

3.3.4.2. Kurva kalibrasi Kromium (Cr)

Sebanyak 1 mL larutan standar kromium 1000 ppm dipipet lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 10 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 kadmium tersebut masing-masing diukur serapannya dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.4.3. Kurva kalibrasi Tembaga (Cu)

Sebanyak 1 mL larutan standar tembaga 1000 ppm dipipet lalu dimasukkan ke dalam labu ukur 10 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 100 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).

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 10.

$$M = \frac{CVF}{B} \quad (10)$$

Keterangan:

M = Konsentrasi logam dalam sampel (mg/kg)

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

V = Volume larutan sampel (L)

B = Bobot sampel (kg)

F = Faktor Pengenceran

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 Fe dan Cu yaitu 1; 5; 10; 15; dan 20 ppm untuk logam Cr konsentrasi standar yang digunakan yaitu 0,5; 1; 5; 10; dan 20. 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 4 dan 5.

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 6. Akurasi ini bertujuan untuk mengetahui kedekatan antara nilai yang diterima sebagai nilai kebenaran dibandingkan dengan nilai yang diperoleh.

3.3.5.3.1. 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

3.3.5.3.2. 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.

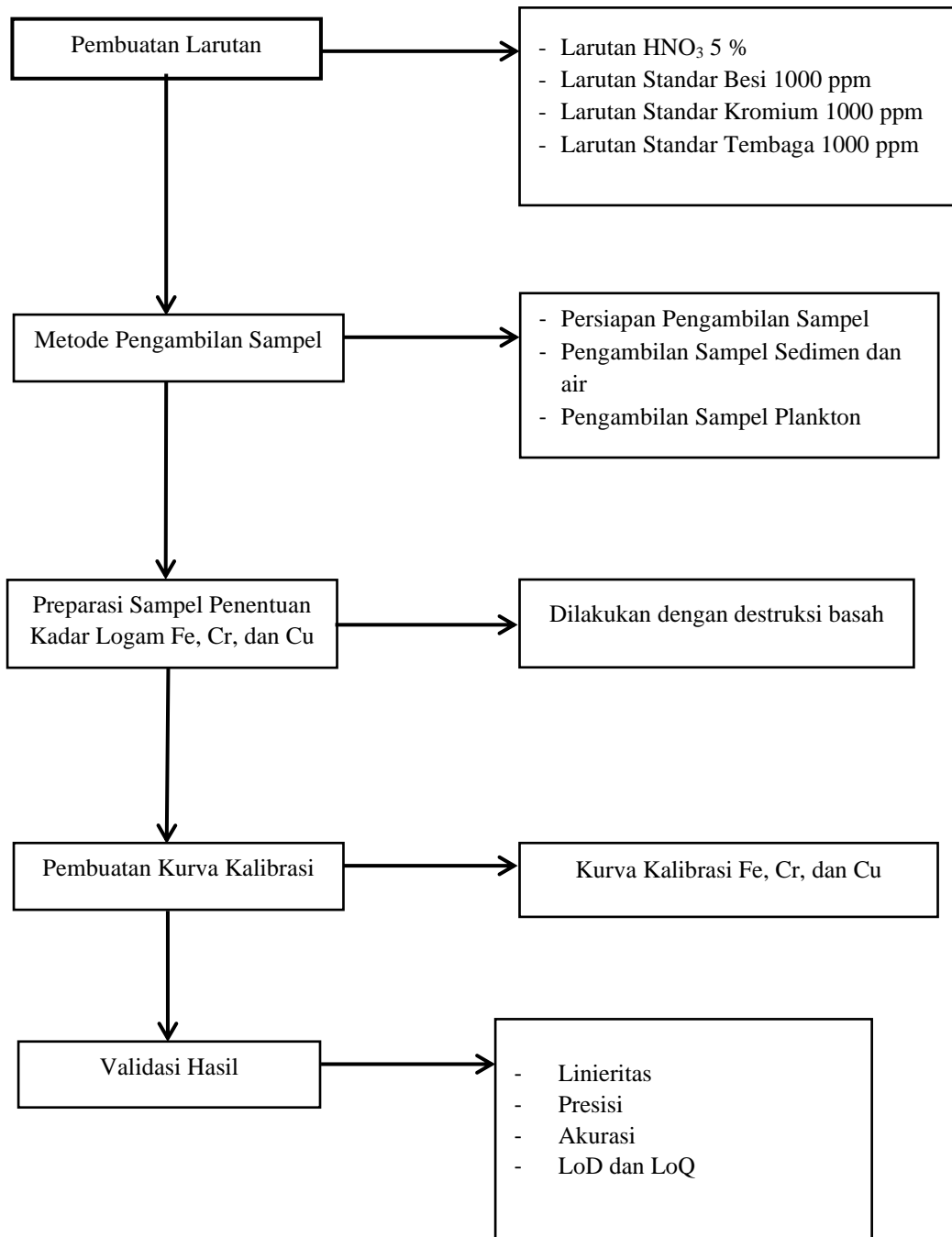
3.3.5.3.3. Uji Perolehan kembali Cu

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

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 2 dan 3.

Adapun Diagram Alir sebagai berikut:



Gambar 8. Diagram alir

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

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

1. Hasil analisis rerata konsentrasi logam Fe lokasi pengambilan di lokasi 1, lokasi 2 dan lokasi 3 pada sedimen Pesisir Pulau Sertung Kepulauan Krakatau masing – masing adalah $153,18 \pm 0,05$ ppm; $153,36 \pm 0,15$ ppm; dan $153,41 \pm 0,05$ ppm. Konsentrasi logam Fe pada sedimen di tiga lokasi berbeda masih berada diatas standar yang ditetapkan oleh *National Sedimen Quality Survey* US EPA (2004) yaitu 17,00 ppm – 25,00 ppm.
2. Hasil analisis rerata konsentrasi logam Cr lokasi pengambilan di lokasi 1, lokasi 2 dan lokasi 3 pada sedimen Pesisir Pulau Sertung Kepulauan Krakatau masing – masing adalah $11,45 \pm 3,96$ ppm; $11,49 \pm 1,52$ ppm; dan $11,77 \pm 1,67$ ppm. Konsentrasi logam Cr pada sedimen di tiga lokasi berbeda masih berada di bawah baku mutu standar yang ditetapkan oleh *National Sedimen Quality Survey* US EPA (2004) yaitu 76,00 ppm – 233,76 ppm.
3. Hasil analisis rerata konsentrasi logam Cu lokasi pengambilan di lokasi 1, lokasi 2 dan lokasi 3 pada sedimen Pesisir Pulau Sertung Kepulauan Krakatau masing – masing adalah $77,895 \pm 0,15$ ppm; $77,620 \pm 0,19$ ppm; dan $78,355 \pm 0,10$ ppm. Konsentrasi logam Cu pada sedimen di tiga lokasi berbeda berada diatas baku mutu standar yang ditetapkan oleh *National*

Sedimen Quality Survey US EPA (2004) yaitu 49,98 ppm.

4. Hasil analisis kadar logam Fe pada air didapatkan sebesar 1,41 ppm; Cr sebesar 0,62 ppm; dan Cu 1,00 ppm berada diatas ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
5. Hasil analisis pada sampel plankton logam Fe didapatkan absorbansi sebesar 0,805; pada logam Cr sebesar 0,13 dan logam Cu sebesar 0,22. Rerata kandungan logam berat pada sampel plankton lebih tinggi dibandingkan pada sampel air.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran perlu adanya penelitian keberadaan logam berat pada air, sedimen dan biota lainnya di Pulau Sertung Kepulauan Krakatau, agar dapat mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran logam berat tersebut dalam air, sedimen dan biota di Pulau Sertung Kepulauan Krakatau.

DAFTAR PUSTAKA

- Almiqrhi, A.A. 2018. Determination of Heavy Metals (Pb, Zn, Cd, Cu) in Coastal Sediments and Fish Urban Area of Semarang, Indonesia. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*. 8(2).
- Amalia, L. and Ramang, M. 2014. Biomonitoring of Heavy Metal Plumbum (Pb) in Spermonde Island Makassar Using Starfish as Bio-Indicator (*Protoreaster Nodosus*). *Marina Chimica Acta*. 15(2), 14–20.
- Andriani, ayu., Damar, A., Rahardjo, MF., Simanjuntak, Charles P. H., Asriansyah, A., Aditriawan, R.M. 2017. Kelimpahan Fitoplankton Dan Perannya Sebagai Sumber Makanan Ikan Di Teluk Pabean, Jawa Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 1(2).
- Ariani, A. S., Hariyanto, A. D., Hutabarat, J., Yudhicara. 2019. Karakteristik Geokimia Abu Vulkanik Gunung Krakatau. *Padjadjaran Geoscience Journal*. 3(1): 38-43.
- Arifin, Z., dan D.Fadlina. 2009. *Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn Dalam Sedimen dan Bioavailabilitasnya Bagi Biota Di Perairan Teluk Jakarta. Ilmu Kelautan*. 14(1): 27-32.
- Asra, R., Harefa, F. K., Zulharmita dan Nessa. 2018. Penetapan Kadar Logam Kalsium dan Besi pada Daun Kelor (*Moringa Oleifera Lam*) dengan Spektrofotometer Serapan Atom. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*. 1(1): 32–38.

- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. AOAC Inc. Washington.
- Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA). 2012. Kepulauan Krakatau. BKSDA Lampung. Lampung.
- BPS Provinsi Lampung. 2021. Provinsi Lampung Dalam Angka 2021. Katalog 1102001.18
- Damanik, B. 2018. *Pertanggungjawaban Dan Upaya Pemulihan Pencemaran Laut di Wilayah Laut Timor yang Bersumber dari Meledaknya Kilang Minyak di Montara*. Skripsi : Departemen Hukum Internasional. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Darmawan, Erik., Arswendo, A. Berlian., dan Untung Budiarto. 2014. *Studi Perancangan Glass Bottom Catamaran Untuk Menunjang Objek Wisata Di Kawasan Anak Gunung Krakatau*. Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Day, R. A., dan A. L. Underwood. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Terjemahan Pujaatmaka, A. H. Erlangga. Jakarta.
- Ernawati. 2010. *Kerang Bulu (Anadara Inflata) Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai Asahan*. Thesis Program Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Febrina, L. dan Ayuna, A. 2015. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*. 7(1): 35 – 44.
- Gunandjar. 1995. *Diktat Kuliah Spektrofotometer Serapan Atom*. PPNY BATAN. Yogyakarta.
- Hakimah, N., Satria, R. G. D., Pawestri, W. dan Indarjulianto, S. 2019. Validasi Metode Analisis Tetrasiklin pada Ikan Nila (*Oreochromis Sp.*) Menggunakan Alat Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). *Jurnal Sain Veteriner*. 37(2): 213–218.

- Harmesa, Lestari dan Budiyanto, Fitri. 2020. Distribusi Logam Berat Dalam Air Laut Dan Sedimen Di Perairan Cimanuk Jawa Barat, Indonesia. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi*. 5(1): 19-32.
- Harteman E. 2011. *Dampak kandungan logam berat terhadap kemunculan polimorfisme ikan Badukang (Arius maculatus Fish & Bian) dan sembilang (Plotosus Canius Web & Bia) di Muara Sungai Kahayan serta Katingan, Kalimantan Tengah* [disertasi]. Bogor: IPB
- Harvey, D. 2000. *Modern Analytical Chemistry*. The McGraw-Hill Companies. USA.
- Hidayah, A. M., Purwanto dan Soeprbowati, T. R. 2014. Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada Ikan Nila (*Oreochromis Niloticus Linn*) di Karamba Danau Rawa Pening. *Jurnal Biologi*. Makassar. 16(1), 1–9.
- ICH. 1996. *Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology Q2 (R1)*.
- Iduk, U. and Samson, N. 2015. Effects and Solutions of Marine Pollution from Ships in Nigerian Waterways. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 6(9): 81–90.
- Ika, Tahril, dan I. Said. 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.
- Indis, Al, Nadhifah., dan Syahara, A, Muhammad. 2021. Potensi Arang Aktif yang Terbuat dari Kulit Biji Nyamplung Sebagai Adsorben Logam Berat Kromium (VI). *Journal Science Innovation and Technology*. 2(1), 35-41.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B. and Beeregowda, K. N. 2014. Toxicity, Mechanism and Health Effects of Some Heavy Metals. *Interdisciplinary Toxicology*. 7(2): 60–72.
- Junita, L. N. 2013. *Profil Penyebaran Logam Berat di Sekitar TPA Pakusari Jember*. Skripsi. Universitas Jember. Jember.

- Kantasubrata. 2008. *Validasi Metode*. Pusat Penelitian LIPI Bandung.
- Khotib, A., Adriati, Y., dan Wahyudi, A. E. 2013. *Analisis Sedimentasi dan Alternatif Penanganannya di Pelabuhan Selat Baru Bengkalis*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Kundari, N. A. dan Wiyuniati, S. 2008. *Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeloit*. Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Mata, R., Josef, A.K., Samanez - Larkin, G. R., and Hertwig, R. 2011. Age Differences in risky choice: A meta-analysis. *Annals of the New York Academy of sciences*. 1235(1). 18-29.
- Milasari, F., Hidayat, D., Rinawati, Supriyanto, R., Kiswandono, A. A. 2020. Kajian Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kromium (Cr) Pada Sedimen Di Sekitar Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 5(1).
- Mulyawan, I. 2005. *Korelasi Kandungan Logam Berat Hg, Pb, Cd dan Cr pada Air Laut dan Sedimen, Dan Kerang Hijau (Perna viridis) diperairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Intitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Murtini, J.T., Yennie, Y., dan Peranginangin, R. 2003. Kandungan Logam Berat Pada Kerang Darah (Anadara granosa), Air Laut dan Sedimen di Perairan Tanjung Balai dan Bagan Siapi-api. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 9(5): 77–84.
- Novriadi., Endang, L.W., dan Rikha, A.S. 2013. Evaluasi Komunitas Terumbu Karang di Perairan Cagar Alam Laut Krakatau. *Jurnal Ilmiah: Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 1(1): 30-34.
- Nasir, M. 2019. *Spektrometri Serapan Atom*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh.

- Nuraini, Iqbal dan Sabhan. 2015. Analisis Logam Berat dalam Air Minum Isi Ulang (AMIU) dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Gravitasi*. Universitas Tadulako. 14(1).
- Okuna, T., Kubota, T., Kuroda T., Ueno, H., and Nakamuro, K. 2001. *Contribution of enzymic α , γ - elimination reaction in detoxification pathway of selenomethionine in mouse liver. Toxicology and applied pharmacology*. 176(1). 18-23.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Prasetyo, Harry., Anna Ida., dan Andi Agussalim. 2016. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Dalam Plankton Di Muara Banyuasin Provinsi Sumatra Selatan. *Jurnal Maspari*. 8(2): 73-82
- Rachman, A. A. 2008. *Sebaran Menegak Konsentrasi Pb, Cu, Zn, Cd, dan Ni di Sedimen Pulau Pari Bagian Utara Kepulauan Seribu* . Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ramadhania sinta, si, Priyanti dan Etyun Yunita. 2015. Fitoplankton Sebagai Bioindikator Saprobitas Perairan Di Situ Bulakan Kota Tangerang. *Jurnal Biologi*. 8 (2).
- Randa, M. Angelina., Patandianan, Eric. A. dan Marisan, Insos. 2021. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir DiSepanjang Sungai Nuni Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat. *Jurnal Manajemen Riset dan Teknologi*. 3(1).
- Riyanto. 2014. *Validasi dan Verifikasi Metode Uji: Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Penguji dan Kalibrasi*. Deepublis. Yogyakarta.
- Said, N. I. 2008. *Teknologi Pengelolaan Air Minum "Teori dan Pengalaman Praktis"*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Sanusi, H. S. 2006. *Kimia Laut Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Prartono T, Supriyono E, Editor. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hal: 188

- Sediadi, A., Kepel, R.C., Lumoindong, F., Wonggo, S.S. 1999. Kelimpahan dan Keanekaragaman Fitoplanton di Laut Seram dan Selat Manipa, Maluku. *Jurnal Fakultas Perikanan*. Universitas Sam Ratulangi. Manado. 1(2)
- Setiawan, H. 2014. *Pencemaran Logam Berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan Upaya Penanggulangannya*. Info Teknis Eboni. 11(1): 1–14.
- Sharma, R. K., Agrwal, M., dan F. M. Marshall. 2008. Atmospheric Deposition of Heavy Metal (Cu, Zn, Cd and Pb) in Varanasi City, India. *Journal Environ Monit Assess*. 42: 269-278.
- SNI. 2019. Air dan air limbah- Bagian 84: Cara Uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA)- nyala. SNI 698984:2019.
- Srikanth, P., Somasekhar, S. A., Kanthi, G. K. dan Raghu Babu, K. 2013. Analysis Of Heavy Metals By Using Atomic Absorption Spectroscopy From The Samples Taken Around Visakhapatnam. *International Journal of Environment, Ecology, Family and Urban Studies (IJEEFUS)*. 3(1): 127-132.
- Suhendrayatna. 2001. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme Suatu Kajian Kepustakaan*. Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. 1-14 Februari 2001.
- Supriharyono, 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Djambatan. Jakarta
- Supriyantini, E. dan H. Endrawati. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18 (1): 38-45.
- Sutamihardja. 2006. Toksikologi Lingkungan. Buku Ajar Program Studi ilmu lingkungan. Universitas Indonesia.
- Susanti, E., Henny. 2008. *Pedoman Pengolahan Limbah Cair Yang Mengandung Kromium Dengan Sistem Lahan Basah Buatan Dan Reaktor Kolom*. Pusat Penelitian Limnologi. LIPI. Cibinong. Hal 49

- Taguge, A., Olli, A. H. and Panigoro, C. 2014. Studi Status Kandungan Logam Berat Timbal di Perairan Sekitar Pelabuhan Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. II(1): 14–17.
- Tanjung, R. H. R., Suwito., Purnamasari, V. dan Suharno. 2019. Analisis Kandungan Logam Berat pada Ikan Kakap Putih (*Lates Calcarifer*) di Perairan Mimika Papua. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(2): 256–263.
- Tampubolon, O. R. F., Ismanto, Aris. Suryo, A. A.D., Muslim dan Indrayanti, Elis. 2021. Simulasi Pola Sebaran Logam Berat Tembaga (Cu) di Perairan Kota Pekalongan. *Indonesian Journal of Oceanography*. 2(3).
- US EPA. 2004. *The Incidence and Severity of Sediment Contamination In Surface Waters of United States, National Sediment Quality Survey Edition*, EPA-823-R-04-2007. US Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- Wardhana, W.A. 2001. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset. Yogyakarta. Hal 19: 71-169.
- 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.
- Wegshceider. 1996. *Validation of Analytical Method, in Accreditation and Quality Assurance in Analytical Chemistry*. Spinger Verlag. Berlin.
- Widowati, H., K, Sari, dan W. S. Sulistiani. 2015. Profil Logam Berat Cd, Cr (IV) dan Pb pada Lokasi Berbeda di Provinsi Lampung serta Bioakumulasinya pada Tanaman Pangan. *Bioakulasi*. 6(2): 1-10.
- Wulan, S. P., Thamrin, dan Amin, B. 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*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau. Riau.
- Wulandari, D. D., Izzatunnisa, S., Herzhaputra, D. D., dan Wuryaningrum, Ayu. 2021. Akumulasi Dan Toksisitas Logam Berat: Kadmium (Cd),

Kromium (Cr) Dan Nikel (Ni). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 11(2): 93-98.

Yalcin, G., Narin, I., and Soylak, M. 2008. Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments From Gumusler Creek, Nigde, Turkey. *Environmental Geology*. 54: 1155-1163.

Zeng, Y., Bi, C., Jia, J., Deng, L., dan Chen, Z. 2020. Impact Of Intensive Land Use On Heavy Metal Concentrations and Ecological Risks In An Urbanized River Network of Shanghai. *Journal of Ecological Indicators*. 116.