

**KUANTITASI LOGAM BERAT Pb DAN Cd DALAM AIR DAN RUMPUT
LAUT (*Eucheuma cottonii*) DI SEKITAR PERAIRAN PANTAI POKKO
KABUPATEN TAKALAR DENGAN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

KISWAN SETIAWAN MAJID

H031 19 1015



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**KUANTITASI LOGAM BERAT Pb DAN Cd DALAM AIR DAN RUMPUT
LAUT (*Eucheuma cottonii*) DI SEKITAR PERAIRAN PANTAI POKKO
KABUPATEN TAKALAR DENGAN MENGGUNAKAN
SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh:

KISWAN SETIAWAN MAJID

H031 19 1015



MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KUANTITASI LOGAM BERAT Pb DAN Cd DALAM AIR DAN RUMPUT LAUT (*Eucheuma cottonii*) DI SEKITAR PERAIRAN PANTAI POKKO KABUPATEN TAKALAR DENGAN MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM

Disusun dan diajukan oleh:

KISWAN SETIAWAN MAJID

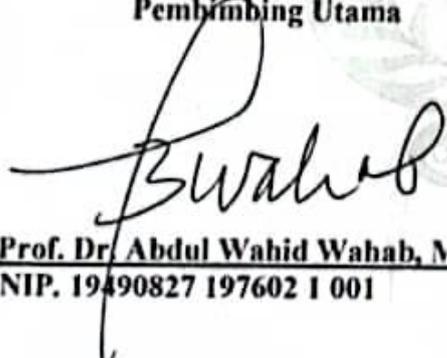
H031 19 1015

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 19 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Prof. Dr. Abdul Wahid Wahab, M. Sc
NIP. 19490827 197602 1 001


Dr. Syarifuddin Liong, M.Si
NIP. 19520505 197403 1 002

Ketua Program Studi


Dr. St. Fauziah, M.Si
NIP. 19720202 199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kiswan Setiawan Majid
NIM : H031191015
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Kuantitasi Logam Berat Pb dan Cd dalam Air dan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) di Sekitar Perairan Pantai Pokko Kabupaten Takalar dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 19 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Kiswan Setiawan Majid
NIM. H031191015

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan beberapa kutipan,

Entah berapa kali aku berdiri dalam keraguan
Waktu memaksaku untuk maju
Sementara kenangan menahanku agar tak beranjak
Aku menyeret kaki ku agar tetap melangkah
Tetapi bisikan yang selalu aku dengar itu tetap tak bisa diam

Yang memaksaku hanyalah harapan yang berusaha aku yakini
Memilih untuk melangkah bisa jadi membuatmu tersesat
Tapi tetap disini akan membawamu ke mana pun
Jangan takut tersesat
Itu kesempatan belajar untuk tahu mana yang salah

Aku mengagumi hujan
Makhluk langit yang mencintai bumi
Sedangkan aku selalu merindukan langit
Hujan tak pernah salah
Bumi yang memutuskan seperti apa menyambutnya

Bila disambut, ia dicukupi
Bila ditolak, ia jadi bencana
Begitupun ujian
Mereka tak pernah salah
Tapi bagaimana kita menjalaninya
Itu yang akan menentukan siapa diri kita.....

*Antara Dia, Aku, dan Mereka
Hawaariyyun*

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Kuantitasi Logam Berat Pb dan Cd dalam Air dan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) di Sekitar Perairan Pantai Pokko Kabupaten Takalar dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana.

Shalawat serta salam penulis hantarkan kepada Rasulullah SAW yang menjadi inspirasi dan sumber tauladan bagi ummat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia dan akhirat serta telah membawa ummat manusia dari alam yang jahiliyah menuju alam yang kaya akan ilmu pengetahuan seperti saat ini. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari hambatan serta rintangan, namun Alhamdulillah pada akhirnya penulis dapat melaluinya berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Keluarga, khususnya Ayah penulis **Abdul Majid** yang merupakan sosok terhebat dan selalu menjadi inspirasi bagi penulis serta Ibu **Arifah** yang merupakan cinta pertama dan surga bagi penulis. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada saudara-saudari penulis dalam hal ini **Riska Damayanti Majid** sebagai Kakak, **Adrian Darmawan Majid** dan **Zaskia Febriana Majid** sebagai Adik yang menjadi sumber semangat dan kebahagiaan yang tiada tara bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT selalu memberikan lindungan serta rahmat-Nya kepada mereka dan kelak akan dikumpulkan di surga-Nya Allah SWT, Aamiin ya rabbal ‘alamin.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak **Prof. Dr. Abdul Wahid Wahab, M.Sc** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Syarifuddin Liong, M.Si** selaku pembimbing pertama yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyelesaian skripsi.

Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Bapak **Dr. Eng. Amiruddin** beserta jajarannya yang telah memfasilitasi penulis selama studi.
2. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** serta seluruh Dosen Kimia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis dan Staf Departemen Kimia yang telah banyak membantu penulis.
3. Kepada Tim Penguji Ujian Serjana, Bapak **Prof. Dr. Abdul Wahid Wahab, M.Sc** (Ketua), Bapak **Dr. Syarifuddin Liong, M.Si** (Sekretaris), Ibu **Prof. Dr. Nunuk Hariani Soekamto, MS** (Ex Officio), dan Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** (Ex Officio). Terima kasih atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan kepada penulis selama menyusun skripsi ini.
4. Seluruh Analis Laboratorium di Departemen Kimia, tekhusus Analis Laboratorium Kimia Analitik, Kakak **Fibiyanti, M. Si** yang banyak memberi saran, fasilitas, dan kemudahan semasa penelitian.

5. Teman-teman **KIMIA 2019** yang selalu menjunjung tinggi semangat kebersamaan dalam mengejar gelar sarjana sains di tengah gempuran nikah muda. Kenangan yang telah diukir sangat berharga dan melekat di hati serta terdapat banyak cerita yang membahagiakan maupun memilukan yang tentunya sangat sulit untuk dilupakan.
6. Warga dan Alumni **KMK FMIPA Unhas**, terkhusus kepada Pengurus **HMK FMIPA Unhas** Periode 2021/2022 “**KONF19URASI**” yang menyajikan ilmu dan pengalaman yang luar biasa dalam ruang lingkup organisasi kemahasiswaan Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
7. Kakak-kakak dan Adik-adik Mahasiswa maupun Alumni **Kimia Unhas** dalam hal ini Kakak-kakak Titrasi 2013, Prekursor 2014, Polihedra 2015, Kromofor 2016, Alifatik 2017, dan Hibridisasi 2018 serta Adik-adik Isomer 2020, Dimerisasi 2021, dan Alotrop 2022 yang menjadi suatu kebanggaan pernah mengenal dan berdiskusi dalam ruang lingkup kampus.
8. Rekan-rekan Tenaga Tutor dan Siswa **Jakarta Intensive Learning Centre (JILC)** yang telah memberikan kesempatan terbaik dalam hal pembelajaran dan pengajaran di bidang ilmu kimia untuk memperoleh gelar manusia terbaik dengan bermanfaat untuk manusia lainnya.
9. Teman-teman **Mahasiswa Penghafal Al-Qur’an (MPQ), UKM LDK MPM Unhas, Tim Studi Islam Intensif (SAINS) Subdirektorat Koordinasi Perkuliahan Bersama Unhas, dan Forum Ukhuwah Mahasiswa Islam (FUMI) Kabupaten Sidrap** sejak menjadi mahasiswa baru sampai sekarang masih terus belajar bersama ke arah yang lebih baik. Biasa penulis sebut sebagai *Charging Iman*.

10. Seluruh Direksi **Bank Central Asia (BCA)** yang telah menyediakan beasiswa dalam menunjang beberapa kebutuhan perkuliahan kepada penulis seperti kebutuhan finansial, ilmu, dan pengalaman
11. Rekan-rekan **Scholars Official** yang menjadi langkah awal mencoba pengalaman lingkup nasional tentang beasiswa yang pada akhirnya penulis bisa menjadi **Awardee Beasiswa Bakti BCA**.
12. Teman-teman **Project Dakwah** selalu menjadi teman bermain di lapangan sepakbola ataupun futsal guna meminimalisir kadar stress pada saat perkuliahan khususnya pada proses penyusunan skripsi.
13. Teman-teman **Analytical Chemistry Research**, terkhusus kepada partner penelitian yakni **Agnes Aldora, Sri Restyati M., Rifdah Mawaddah Rustam, dan Zalshabila Yunita**.
14. Teman-teman **Genk Kapak Reborn** yakni **Urifatun'nisa, Annisa Rifdah Maghfira, Alfiyah Nur'aini Musyahadah, Indah Muthmainnah Monoarfa, dan Rusmiah** yang selalu kebersamai dari Maba.
15. Teman-teman **PBU Perjuangan** yakni **Wildan Mubaraq, Agung Indrawan, Chaeril Gani, Muh. Takbir, Adam Nur Ahmad, dan M. Ardiansyah** yang menjadi sahabat sejati hingga akhir hayat.
16. Teman-teman **Tugas Kelar** yakni **Putri Ranti Ashilah, Firna Aprilia, Sitti Fathirah Kamaluddin, Nur Rahmi, dan Sulfa Mubarika** yang menjadi *partner in crime* selama perkuliahan.
17. **Vingky** yang menjadi bestie dan partner bureng selama perkuliahan.
18. Teman-teman **Sky Boy** alias **Anak Langit** yakni **Alif Faturrahman, Ahmad Faisal Darwis, Muhammad Muflih Baso, Mahdis Mahfud, Muhammad**

Fadel Hasnur, dan Reza Suliana yang telalu menjadi teman berbagi tugas dan selalu merapatkan barisan di saat-saat genting ujian.

19. Teman **Duo Innawa** yakni **Izzatin Rumaisha Zahra dan Aulia Karimah** yang selalu berbagi pengalaman dan kebahagiaan.
20. Teman **Seperkampungan** yakni **Nurul Qalby Dikhaesa** yang sudah dianggap seperti saudari karena satu tanah di Sidenreng Rappang dan ada juga yang dikenal dengan Teman **Kampung Jauh** yakni **Nur Suhaera Rais**.
21. Teman-teman **Pejantan Konfigurasi** yakni **Syahrezi Surya Putra, Muhammad Akbar, Nanda Okky Anggara, Muhammad Shabir A. Dilo, Muhammad Azan Al Isya, dan Andi Subhan Mubaraq** yang juga selalu kebersamai.
22. Teman-teman Alumni **Retivo 42**, terkhusus kepada **Genesis 467**.
23. Semua yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis yang tidak sempat disebutkan namanya.

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dalam tulisan ini, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya. Akhir kata penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan dapat diterapkan dalam dunia industri serta bernilai ibadah di sisi Allah SWT.

Penulis

2023

ABSTRAK

Penelitian mengenai kuantitasi logam berat Pb dan Cd dalam air dan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) telah dilakukan dengan analisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sampel air dan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) diambil pada empat stasiun di sekitar perairan Pantai Pokko Kabupaten Takalar dengan dua kali sampling pada waktu yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Pb dalam air laut dan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) masing-masing adalah 0,11-0,41 mg/L dan 3,12-62,51 mg/kg; sedangkan logam Cd dalam air laut dan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) masing-masing adalah 0,028-0,097 mg/L dan 0,82-2,58 mg/kg. Distribusi logam berat Pb dan Cd di sekitar perairan Pantai Pokko paling banyak terdapat dalam tumbuhan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dibandingkan dengan air laut.

Kata Kunci: *Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Air Laut, Rumput Laut (Eucheuma cottonii), Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).*

ABSTRACT

Research on the quantitation of heavy metals Pb and Cd in water and seaweed (*Eucheuma cottonii*) has been carried out by analysis using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Water and seaweed (*Eucheuma cottonii*) samples were taken at four stations around the coastal waters of the Pokko Takalar Regency with two sampling times at different times. The results showed that Pb metal levels in seawater and seaweed (*Eucheuma cottonii*) were 0.11-0.41 mg/L and 3.12-62.51 mg/kg respectively; while the Cd metal in seawater and seaweed (*Eucheuma cottonii*) were 0.028-0.097 mg/L and 0.82-2.58 mg/kg respectively. The distribution of heavy metal Pb and Cd around the coastal waters of the Pokko is most prevalent seaweed (*Eucheuma cottonii*) later in seawater.

Key Words: *Lead (Pb), Cadmium (Cd), Seawater, Seaweed (Eucheuma cottonii), Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xix
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Rumput Laut (<i>Eucheuma cottonii</i>).....	6
2.2 Logam Berat.....	9
2.2.1 Timbal (Pb).....	11
2.2.2 Kadmium (Cd).....	13

2.3	Bioakumulasi Logam Berat dalam Biota Perairan	16
2.4	Spektrofotometri Serapan Atom	17
BAB III. METODE PENELITIAN.....		24
3.1	Bahan Penelitian.....	24
3.2	Alat Penelitian	24
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.4	Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1	Pengambilan Sampel.....	24
3.4.1.1	Pengambilan Sampel Air	25
3.4.1.2	Pengambilan Sampel Rumput Laut.....	25
3.4.2	Penentuan Kadar Air	25
3.4.3	Preparasi Sampel.....	25
3.4.3.1	Preparasi Sampel Air	25
3.4.3.2	Preparasi Sampel Rumput Laut.....	26
3.4.4	Pembuatan Larutan Baku Pb	26
3.4.4.1	Pembuatan Larutan Baku Induk Pb 100 mg/L.....	26
3.4.4.2	Pembuatan Larutan Baku Intermediet Pb 10 mg/L.....	27
3.4.4.3	Pembuatan Larutan Baku Kerja	27
3.4.5	Pembuatan Larutan Baku Cd	27
3.4.5.1	Pembuatan Larutan Baku Induk Pb 100 mg/L.....	27
3.4.5.2	Pembuatan Larutan Baku Intermediet Pb 10 mg/L.....	27
3.4.5.3	Pembuatan Larutan Baku Kerja	27
3.5	Analisis Pb dan Cd dengan Spektroskopi Serapan Atom	28
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		29

4.1 Kondisi Lingkungan Perairan Pantai Pokko.....	29
4.2 Konsentrasi Logam Berat dalam Air Laut.....	31
4.2.1 Konsentrasi Logam Berat Pb dalam Air Laut	31
4.2.2 Konsentrasi Logam Berat Cd dalam Air Laut	33
4.3 Konsentrasi Logam Berat dalam Rumput Laut	34
4.3.1 Konsentrasi Logam Berat Pb dalam Rumput Laut	34
4.3.2 Konsentrasi Logam Berat Cd dalam Rumput Laut	37
4.4 Distribusi Logam Berat Pb dan Cd dalam Air Laut dan Rumput Laut	39
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Hasil pengukuran <i>in situ</i> sampling I	29
2. Hasil pengukuran <i>in situ</i> sampling II	30
3. Konsentrasi logam Pb dalam air laut	31
4. Konsentrasi logam Cd dalam air laut	33
5. Konsentrasi logam Pb dalam rumput laut	35
6. Konsentrasi logam Pb dalam rumput laut	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Rumput laut (<i>Eucheuma cottonii</i>)	8
2. Logam timbal (Pb)	11
3. Logam kadmium (Cd)	14
4. Skema umum komponen pada alat SSA	19
5. Hasil reaksi Pb dengan fitokelatin	37
6. Hasil reaksi Cd dengan fitokelatin	38
7. Distribusi logam berat Pb dalam air dan rumput laut	39
8. Distribusi logam berat Cd dalam air dan rumput laut	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Peta lokasi pengambilan sampel	50
2. Skema kerja penelitian	51
3. Bagan kerja	52
4. Perhitungan	58
5. Dokumentasi	79

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
ASTDR	<i>Agency fo Toxic Substance and Disese Registry</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HCL	<i>Hollow Cathode Lamp</i>
PE	Polietilen
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
ppb	<i>Parts Per Billion</i>
ppm	<i>Parts Per Million</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
SSA	Spektrofotometri Serapan Atom

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Takalar merupakan salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak antara 5°031'-5°0381' Lintang Selatan dan 119°022'-119°0391' Bujur Timur. Luas wilayah Kabupaten Takalar tercatat 566,51 km² yang terdiri 9 kecamatan dan 100 desa/kelurahan (Badan Pusat Statistika Takalar, 2016). Kabupaten Takalar merupakan salah satu kabupaten penghasil rumput laut yang terbesar dengan garis pantai sepanjang 74 km dan memproduksi rumput laut yang mencapai 923.832 ton (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan, 2017). Kabupaten Takalar juga disebut sebagai inkubator rumput laut di Sulawesi Selatan yang pengembangan rumput lautnya tersebar di seluruh kecamatan. Kecamatan Mappakasunggu termasuk kecamatan yang mempunyai kawasan budidaya rumput laut tepatnya di perairan Pantai Pokko. Salah satu jenis rumput laut yang banyak dibudidaya pada daerah tersebut adalah rumput laut *Eucheuma cottonii*.

Rumput laut *Eucheuma cottonii* memiliki nilai ekonomis yang tinggi karena berpotensi sebagai penghasil karaginan. Alga jenis ini banyak mengandung bahan mineral esensial, asam amino, protein, vitamin, gula dan zat antioksidan (Damayanti dkk., 2019; Anasri dkk., 2020). Rumput laut umumnya juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kosmetik, farmasi, dan pangan karena terdapat kandungan senyawa hidrokoloid seperti alginat dan agar (Sanjeewa dkk., 2018). Rumput laut merupakan salah satu komoditas sumber daya pesisir yang mudah

dibudidayakan dan harus didukung oleh parameter lingkungan yang layak (Yulius dkk., 2019). Kualitas produk hasil budidaya rumput laut dipengaruhi beberapa faktor seperti kondisi lokasi budidaya, nutrisi, dan kualitas air. Hal tersebut dapat mempengaruhi tumbuh kembang, kandungan keraginan, dan mutu rumput laut (Pariakan dkk., 2019).

Wilayah pesisir sangat rentan terhadap bahaya pencemaran karena perairan merupakan tempat bermuaranya sungai dan tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai. Aktivitas lainnya seperti penangkapan ikan, transplantasi karang, kawasan pemukiman, pertambakan, industri, wisata pantai dan konservasi. Aktivitas ini dapat menghasilkan limbah yang hasil buangnya dapat terbawa oleh arus dan kembali ke daratan serta terakumulasi di daerah pesisir (Ilham, 2018). Salah satu pencemar yang berpotensi menurunkan dan merusak daya dukung lingkungan adalah logam berat. Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik jika terdapat dalam jumlah yang besar dan mempengaruhi berbagai aspek dalam perairan, baik secara biologis maupun ekologis (Ismarti dkk., 2017).

Pencemaran logam berat saat ini menjadi permasalahan dalam budidaya perikanan, tidak hanya di sedimen dan perairan melainkan hingga pada biota laut. Adanya kandungan logam berat dapat mengancam kesehatan manusia secara tidak langsung karena akan terakumulasi melalui rantai makanan. Karakteristik logam berat akan sulit didegradasi dan sulit larut apabila kondisi perairan minim oksigen atau anoksik. Logam bersifat mudah mengendap di dasar perairan sehingga mudah terakumulasi pada lingkungan (Supriyantini dan Hadi, 2015).

Salah satu organisme yang digunakan untuk memonitoring cemaran logam berat adalah rumput laut. Rumput laut merupakan salah satu biota air yang dapat dijadikan sebagai indikator tingkat pencemaran yang terjadi di dalam perairan karena kemampuannya cukup tinggi dalam mengakumulasi logam berat. Logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd) biasanya ditemukan di rumput laut dan pangan lain yang berasal dari laut (Sudir dkk., 2017). Timbal (Pb) dan kadmium (Cd) merupakan jenis logam berbahaya yang cenderung meningkatkan keracunan dan gangguan pada kesehatan (Widowati dkk., 2008).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nasir (2021), analisis kuantitatif logam Pb dalam air, sedimen dan rumput laut (*Eucheuma spinosum*) di perairan Teluk Laikang, Kabupaten Takalar menunjukkan konsentrasi rata-rata Pb dalam air berkisar antara 4,86-6,44 mg/L, konsentrasi Pb dalam sedimen berkisar antara 68,70-80,69 mg/kg berat sampel dan konsentrasi Pb dalam rumput laut 8,83-18,47 mg/kg berat sampel, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Azis (2021), analisis kuantitatif logam Cd dalam air, sedimen dan rumput laut (*Eucheuma spinosum*) di perairan Teluk Laikang, Kabupaten Takalar menunjukkan konsentrasi rata-rata Cd dalam air 0,3 mg/L, konsentrasi Cd dalam sedimen kisaran sebesar 6-8 mg/kg berat sampel, dan konsentrasi Cd dalam rumput laut 2-3 mg/kg berat sampel.

Berbagai metode analisis dapat dilakukan untuk menentukan kadar logam berat dalam air laut dan rumput laut seperti Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), *Inductively Coupled Plasma* (ICP), dan ekstraksi menggunakan pelarut, namun metode yang paling sering digunakan adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Analisis hasil pengukurannya dapat dilakukan dengan kalibrasi

standar. Metode kalibrasi standar sangat efektif dipakai untuk sampel yang kompleks dan konsentrasi sampel yang rendah. Analisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) mempunyai kelebihan yaitu lebih mudah dilakukan, waktu analisisnya cepat, dan tingkat sensitivitasnya tinggi. Prinsip dasar metode ini berdasarkan pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu tergantung sifat unsurnya (Hasni dan Ulfa, 2016).

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian tentang distribusi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dengan sampel yang akan dianalisis yaitu air dan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) penting untuk dilakukan agar masyarakat dapat mengetahui tingkatan pencemaran logam timbal (Pb) dan kadmium (Cd) di perairan takalar khususnya di daerah budidaya perairan Pantai Pokko.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. berapa kadar logam berat Pb dan Cd yang terkandung dalam sampel air dan rumput laut di sekitar Pantai Pokko Kabupaten Takalar?
2. bagaimana distribusi logam berat Pb dan Cd dalam sampel air dan rumput laut di sekitar Pantai Pokko Kabupaten Takalar?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini yaitu menentukan kadar logam berat Pb dan Cd dalam air dan rumput laut di sekitar Pantai Pokko Kabupaten Takalar menggunakan spektrofotometri serapan atom.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan kadar logam berat Pb dan Cd yang terkandung dalam sampel air dan rumput laut di sekitar Pantai Pokko Kabupaten Takalar,
2. menentukan distribusi logam berat Pb dan Cd dalam sampel air dan rumput laut di sekitar Pantai Pokko Kabupaten Takalar.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu agar dapat memberikan informasi mengenai bahaya logam berat bagi kelangsungan kehidupan serta dapat memberikan informasi mengenai peranan penting tumbuhan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) sebagai penjaga kestabilan kawasan perairan, juga dapat menambah pengetahuan dan pengalaman bagi peneliti dan pembaca.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*)

Rumput laut merupakan tanaman tingkat rendah yang tumbuh pada substrat dasar tertentu sesuai dengan intensitas sinar matahari yang masuk ke dalam perairan tersebut serta pergerakan arus untuk mempengaruhi persebarannya. Ciri-ciri rumput laut yaitu tidak mempunyai akar, batang, dan daun sejati tetapi memiliki thallus yang menyerupai batang. Rumput laut tumbuh di alam dengan melekatkan dirinya pada karang, lumpur, pasir, batu, dan benda keras lainnya. Selain benda mati, rumput laut pun dapat melekat pada tumbuhan lain secara epifitik (Ain dkk., 2014; Prasetyowati, 2008).

Secara umum, bagian-bagian dari rumput laut terdiri dari holdfast dan thallus. Holdfast merupakan bagian dasar rumput laut yang berfungsi untuk menempel pada substrat sedangkan thallus merupakan bentuk-bentuk pertumbuhan rumput laut yang menyerupai percabangan. Rumput laut memperoleh atau menyerap makanannya melalui sel-sel yang terdapat pada thallusnya. Nutrisi terbawa oleh arus air yang menerpa rumput laut akan diserap sehingga rumput laut biasa tumbuh dan berkembang biak, baik itu secara generatif maupun vegetatif (Hamda, 2013).

Rumput laut memiliki kandungan karbohidrat, protein, lemak, dan mineral. Karbohidrat merupakan komponen terbesar terutama sebagai dinding sel dan jaringan intraseluler. Menurut Anggadireja dkk., (2014) kandungan kimiawi rumput laut umumnya yang tertinggi adalah karbohidrat sekitar 60-80%, mineral 10-14%, sedangkan lemak dan proteinnya rendah hanya 1-2% saja.

Selanjutnya dilaporkan juga kandungan vitamin seperti vitamin A, B1, B2, B6, B12, dan C serta mengandung mineral seperti kalium, kalsium posfat, natrium, zat besi, dan iodium (Indriyani dkk., 2021).

Rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu dari lima jenis rumput laut yang digolongkan oleh para ahli. Penggolongan tersebut berdasarkan warna (pigmen) yang terkandung dan terlihat, baik pada saat hidup maupun ketika mati kekeringan seperti *cyanophyta* (alga biru), *chlorophyta* (alga hijau), *chrysophyta* (alga keemasan), *phaeophyta* (alga coklat), dan *rhodophyta* (alga merah). Semua jenis rumput laut tersebut memiliki produk yang tersimpan di dalamnya dan sangat bermanfaat bagi kehidupan. Rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan kelompok alga merah yang memiliki ciri fisik yaitu thallus silindris, permukaan licin, melekat pada substrat dengan alat perekat berupa cakram. Penampakan thallus bervariasi mulai dari bentuk sederhana sampai kompleks. Duri-duri pada thallus runcing agak jarang-jarang dan tidak tersusun melintasi thallus. Percabangan berbagai arah dengan batang-batang utama keluar saling berdekatan ke arah pangkal (Juneidi, 2004).

Menurut Anggadiredja (2014), taksonomi dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisio : Rhodophyta

Kelas : Rhodophyceae

Ordo : Gigartinales

Famili : Solieriaceae

Genus : *Eucheuma*

Spesies : *Eucheuma cottonii* (*Kappaphycus alvarezii*)



Gambar 1. Rumput laut *Eucheuma cottonii* (Azis, 2021)

Eucheuma cottonii atau *Kappaphycus alvarezii* memiliki teknologi produksi relatif murah dan mudah serta penanganan pasca panen relatif mudah dan sederhana. Selain sebagai bahan baku industri, rumput laut jenis ini juga dapat diolah menjadi makanan yang dapat dikonsumsi langsung. Pembudidaya rumput laut dapat menggunakan metode dan teknologi budidaya rumput laut yang baik secara efisien dan efektif berdasarkan rekomendasi dari Direktorat Jenderal Perikanan yang meliputi metode lepas dasar, metode apung (rakit), dan metode *long line* (Wijayanto dkk., 2011).

Kualitas produksi rumput laut sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungannya. Budidaya rumput laut *Eucheuma cottonii* sangat memerlukan biasan intensitas cahaya yang masuk ke dalam air. Agustina (2014) menjelaskan bahwa pertumbuhan rumput laut sangat dipengaruhi oleh salinitas atau kadar garam dan juga pembiasan cahaya yang masuk sehingga mempengaruhi suhu air laut. Lebih lanjut dikatakan bahwa suhu air laut berkisar antara 20 °C sampai 28 °C, bila suhu air terlalu tinggi, pertumbuhan percabangan rumput laut sangat kecil (Surni, 2014).

2.2 Logam Berat

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas lebih besar dari 5 gr/cm^3 . Logam berat merupakan unsur yang terdapat di tabel periodik yang memiliki nomor atom di atas 22, tidak termasuk logam alkali dan alkali tanah. Pada kondisi alami, kadar logam berat dalam air laut sangat rendah yaitu berkisar $10^{-5} - 10^{-3}$ ppm (BPOM, 2010; Nugraha, 2009). Logam berat juga ditemukan dalam rumput laut atau pangan lain yang berasal dari laut (Sudir dkk., 2017). Logam berat dalam suatu lingkungan akan terakumulasi melalui proses fisika, kimiawi, dan biologi. Pada konsentrasi tertentu akan menjadi kelompok bahan pencemar yang sangat berbahaya apabila masuk ke dalam lingkungan perairan (Syaihah dkk., 2017).

Aplikasi yang bervariasi pada industri, domestik, agrikultur, medis dan teknologi mengarah pada distribusi yang sangat luas di lingkungan, sehingga perlu lebih dipikirkan efek potensial yang mungkin terjadi pada kesehatan dan lingkungan. Adapun sifat-sifat logam secara umum antara lain sebagai berikut (Berniyanti, 2018):

1. sulit didegradasi sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan).
2. dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan yang akan membahayakan kesehatan manusia yang mengonsumsinya.
3. mudah terakumulasi di sedimen sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air, akibatnya sedimen dapat menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Logam berat dibagi menjadi dua yakni logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial merupakan logam berat yang dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh tubuh dan dapat bersifat racun jika dikonsumsi secara berlebihan seperti contohnya logam besi (Fe), krom (Cr), nikel (Ni), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Sedangkan logam berat non esensial merupakan logam berat yang belum diketahui manfaatnya bahkan juga bersifat racun seperti contohnya logam arsen (As), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg) (Syaifullah dkk., 2018). Kelompok logam tersebut dapat bersifat toksik bagi kehidupan biota akuatik terutama apabila terjadi peningkatan kadarnya dalam perairan. Kemampuan biota air mengakumulasi logam esensial dan non esensial secara biologis sudah terbentuk dengan baik (Sanusi, 2006).

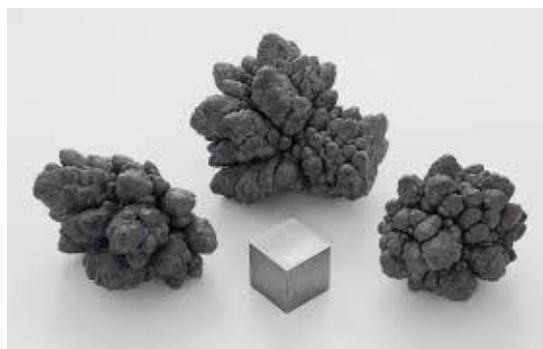
Keberadaan logam di dalam perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan diantaranya adalah suhu, pH, dan salinitas. Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel air sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 2012).

Logam berat pada umumnya memiliki sifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup meskipun diantaranya diperlukan dalam jumlah yang kecil (Suprianto dkk., 2009). Efek gangguan terhadap kesehatan manusia tergantung dari bagian logam yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan yang masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan yaitu: saluran pernapasan, pencernaan, dan penetrasi melalui kulit (Connel dan Miller, 2006). Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga

mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, dan karsinogen terhadap manusia maupun hewan (Widowati dkk., 2008). Sifat toksik logam berat dikelompokkan menjadi 3 yaitu bersifat toksik tinggi, sedang, dan rendah. Logam berat bersifat toksik tinggi terdiri dari merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn), logam berat bersifat toksik sedang terdiri dari krom (Cr), nikel (Ni), dan kobal (Co), sedangkan logam berat bersifat toksis rendah terdiri dari mangan (Mn) dan besi (Fe) (Rangkuti, 2009).

2.2.1 Timbal (Pb)

Timbal atau biasa disebut logam *plumbum* (Pb) dalam keseharian dikenal dengan nama timah hitam. Logam ini memiliki berat jenis $11,3 \text{ g/cm}^3$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), meleleh pada suhu $327 \text{ }^\circ\text{C}$, titik didih $1740 \text{ }^\circ\text{C}$, nomor atom 82 dengan konfigurasi electron $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^1$ dan berat atom $207,20 \text{ g/mol}$ (PT Merck Chemicals and Life Science, 2016). Timbal adalah logam lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat merupakan logam berat yang secara alami terdapat di kerak bumi (Widowati dkk., 2008).



Gambar 2. Logam timbal (Pb) (Riani, 2012)

Logam Pb lebih tersebar luas dibandingkan kebanyakan logam toksik lainnya dan secara ilmiah terdapat pada batu-batuan. Dalam pertambangan, logam ini berbentuk sulfida logam (PbS) yang sering disebut galena (Darmono, 2001).

Logam timbal juga dapat masuk ke dalam perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan baruan air hujan (Khasanah, 2009). Dalam industri *modern*, timbal digunakan sebagai bahan pembuatan cat, baterai, dan campuran bahan bakar tetraetil (Herman, 2006). Salah satu penyebab tingginya kontaminasi timbal dalam lingkungan adalah pemakaian bahan bakar dengan campuran timbal. Pencemaran Pb dari kegiatan transportasi dikarenakan penggunaan tetraetil-Pb dalam bahan bakar berkualitas rendah yang bertujuan untuk menaikkan nilai oktan sebagai *anti-knock* mesin kendaraan. Selain dari emisi gas buangan kendaraan dapat pula berasal dari buangan industri metalurgi, proses korosi *lead bearing alloys*, pembakaran batu bara, dan asap pabrik (Widowati dkk., 2008).

Aktivitas manusia yang berkembang pesat terutama di sektor industri telah mengakibatkan tingkat pencemaran menjadi tinggi, terutama pada perairan dengan pencemaran logam berat seperti timbal yang telah diidentifikasi sebagai bahan berbahaya bagi lingkungan (Sukaryono dan Dewa, 2018; Sidjabat dkk., 2020). Timbal yang terdapat di perairan dapat secara langsung membahayakan kehidupan organisme perairan laut dan secara tidak langsung mengancam kesehatan manusia melalui kontaminasi rantai makanan (Azizah dkk., 2018). Pada perairan, logam timbal ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kadar dan tingkat toksisitas timbal dipengaruhi oleh kesadahan, derajat keasaman, alkalinitas dan kadar oksigen (Effendi, 2003).

Logam berat timbal sangat bersifat toksik, bioakumulatif dalam tubuh organisme air, dan akan terus terakumulasi hingga organisme tersebut tidak mampu lagi mentolerir kandungan logam berat timbal dalam tubuhnya. Konsentrasi logam berat timbal pada air dalam bentuk terlarut cukup rendah,

dalam sedimen semakin meningkat akibat proses-proses fisika, kimia, dan biologi perairan, dan dalam tubuh organisme air meningkat sampai beberapa kali lipat (Sitorus, 2004). Konsentrasi timbal di atas ambang batas dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme di perairan dan juga manusia (Yolanda dkk., 2017).

Logam timbal mudah terpapar pada manusia karena sifatnya yang aktif dan mempunyai titik lebur yang rendah. Pada manusia paparan timbal yang paling utama melalui pencernaan dan pernafasan. Paparan melalui sistem pencernaan terjadi karena manusia tidak mengetahui bahwa makanan dan minuman yang dikonsumsi telah terkontaminasi oleh timbal, sedangkan paparan melalui sistem pernafasan terjadi akibat aktivitas manusia yang tidak sengaja menghirup debu dan aerosol yang terkontaminasi timbal (ASTDR, 2015; ASTDR, 2020).

Konsentrasi timbal yang tinggi dan terakumulasi dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan gejala keracunan timbal seperti iritasi gastrointestinal akut, rasa logam pada mulut, muntah, sakit perut, dan diare (Setiawan, 2014). Dampak kronis dari paparan timbal diawali dengan kelelahan, kelesuhan, iritabilitas. Paparan yang terus-menerus pada sistem syaraf pusat menunjukkan gejala insomnia, bingung atau pikiran kacau, konsentrasi berkurang, dan gangguan ingatan (Naria, 2005). Logam timbal dengan daya racun yang akut dapat menyebabkan masalah perubahan patologis organ seperti penyakit pada otak, sistem reproduksi, saraf sentral, kardiovaskular, ginjal, tulang, hati dan kanker (Soares dan Nascentes, 2013; Achmad, 2004).

2.2.2 Kadmium (Cd)

Kadmium atau disingkat dengan Cd (*cadmium*) dengan nomor atom 48 dan berat atom 112,4 g/mol. Logam ini tergolong ke dalam logam transisi golongan

IIIB periode 5 pada tabel periodik dengan bilangan oksidasi +2, memiliki titik didih 765 °C dan titik leleh 320,9 °C. Kadmium memiliki konfigurasi [Kr] 5s² 4d¹⁰ (Cotton dan Wilkinson, 2013). Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan. Kadmium (Cd) umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau belerang (Cd Sulfit). Kadmium membentuk Cd²⁺ yang bersifat tidak stabil (Widowati dkk., 2008).



Gambar 3. Logam kadmium (Cd) (Riani, 2011)

Kadmium tergolong logam berat dan memiliki afinitas yang tinggi terhadap kelompok sulfhidrid daripada enzim dan meningkatkan kelarutannya dalam lemak. Perairan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Kadmium pada perairan alami membentuk ikatan kompleks dengan ligan baik organik maupun anorganik, seperti: Cd²⁺, Cd(OH)⁺, CdCl⁺, CdSO₄, CdCO₃ dan Cd-organik. Ikatan kompleks tersebut memiliki tingkat kelarutan yang berbeda: Cd²⁺ > CdSO₄ > CdCl⁺ > CdCO₃ > Cd(OH)⁺ (Sanusi 2006).

Kadmium sering digunakan sebagai bahan utama atau sebagai tambahan materi dalam industri seperti industri baterai nikel-kadmium, pigmen, bahan *coating*, bahan *stabilizers* dalam industri plastik dan barang sintetis lainnya

(Setiawati, 2009). Persenyawaan logam kadmium banyak dimanfaatkan untuk aktivitas antropogenik dan digunakan juga dalam bahan produksi pupuk fosfat, deterjen, dan produksi minyak olahan (Rosyid, 2020). Kadmium merupakan hasil sampingan dari pengolahan bijih logam seng yang digunakan sebagai pengganti seng. Unsur ini bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, memiliki titik lebur rendah serta dapat dimanfaatkan untuk pencampur logam lain seperti nikel, perak, tembaga, dan besi (Sarjono, 2009).

Kadmium bersifat esensial namun juga toksik terhadap organisme yang hidup di air (Sood, 2012). Kadmium yang ikut masuk ke dalam tubuh biota laut dan terakumulasi terus menerus bisa melebihi konsentrasi kadmium yang terdapat di air. Kadmium tersebut mengikuti rantai makanan mulai dari fitoplankton sampai ikan predator dan pada akhirnya sampai ke tingkat tertinggi yaitu manusia. Apabila dalam jaringan tubuh organisme laut tersebut mengandung kadmium dengan konsentrasi tinggi, kemudian dijadikan sebagai bahan makanan maka akan berbahaya bagi kesehatan manusia. Toksisitas kadmium meningkat dengan menurunnya kadar oksigen dan kesadahan, serta meningkatnya pH dan suhu. Sedangkan toksisitas kadmium turun pada salinitas dengan kondisi isotonis dengan cairan tubuh hewan bersangkutan (Rifaul, 2013).

Logam kadmium merupakan salah satu jenis logam yang berbahaya dan beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu yang panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal (Ningsi, 2019). Dalam tubuh, kadmium diangkut ke hati oleh darah yang membentuk ikatan dengan protein dan terakumulasi di ginjal sehingga mengakibatkan kontaminasi yang mengganggu fungsi ginjal. Dampak lain yang ditimbulkan seperti diare, sakit perut, keretakan tulang, kegagalan reproduktif bahkan ketidaksuburan/kemandulan karena dapat mematikan sel-sel

sperma pada laki-laki sehingga terjadi impotensi, kerusakan sistem imunitas dan sistem syaraf pusat, respirasi, sirkulasi, urinaria, gangguan psikologis, dan kanker (Suyanto dkk., 2010; Agustina, 2014).

2.3 Bioakumulasi Logam Berat dalam Biota Perairan

Bioakumulasi merupakan suatu fenomena ketika logam berat yang terdapat di perairan mengalami proses pengendapan dan terakumulasi dalam tubuh biota laut dengan konsentrasi yang tinggi melebihi daripada konsentrasi di lingkungan sesuai piramida makanan (Wahyuni dkk., 2012; Ashraf, 2006). Semua biota laut pada dasarnya mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat (Riani dkk., 2017; Qin dkk., 2015; Takarina dkk., 2013). Salah satu pencemaran pada badan air adalah masuknya ion logam berat. Peningkatan kadar logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar logam berat dalam organisme air seperti rumput laut, kerang, dan biota laut lainnya (Marganof, 2003).

Sumber-sumber pencemaran logam di perairan tentu tidak terlepas dari aktivitas yang sering dilakukan di sekitar perairan tersebut. Salah satu faktor utama yang banyak dijumpai dari adanya pencemaran logam berat adalah dari pembuangan sampah-sampah atau limbah ke laut secara berlebihan. Hal ini dapat terjadi melalui tiga cara yaitu: pertama, akibat dari pembuangan sisa industri yang tidak terkontrol sehingga logam berat ini mengalir ke dalam estuaria dan akhirnya masuk ke laut; kedua, berasal dari lumpur minyak yang mengandung logam berat dengan konsentrasi yang tinggi; ketiga, berasal dari pembakaran hidrokarbon di daratan yang melepaskan logam berat ke udara kemudian bercampur dengan air hujan dan akhirnya sampai ke perairan laut (Hutabarat dan Evans, 2005).

Kontaminasi logam berat pada lingkungan merupakan salah satu masalah besar saat ini. Ion-ion logam berat yang mencemari lingkungan sebagian besar terbawa melalui makanan. Proses ini akan lebih cepat bila memasuki tubuh manusia melalui rantai makanan. Apabila suatu logam terakumulasi pada jaringan tumbuhan dan hewan yang kemudian dikonsumsi oleh manusia sebagai rantai makanan tertinggi pada piramida makanan. Logam tersebut akan terakumulasi dalam tubuh manusia yang mengakibatkan terhambatnya proses pertumbuhan dan perkembangan tubuh (Rafly, 2016).

Logam berat seperti timbal, kadmium, arsen anorganik biasanya ditemukan dalam rumput laut dan pangan lain yang berasal dari laut. Tumbuhan air seperti alga memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat dari air sehingga membuat kadar logam di dalam tumbuhan menjadi lebih tinggi daripada yang ada di lingkungannya (Sudir dkk., 2017).

2.4 Spektrofotometri Serapan Atom

Logam yang terdapat pada lingkungan maupun perairan akan dianalisis dengan metode spektrometri. Spektrometri merupakan suatu metode analisis secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau diserap oleh suatu analit. Salah satu bagian dari spektrometri adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) yang merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif dengan pengukuran berdasarkan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh unsur logam dalam keadaan bebas (Skoog, 2000; Anshori, 2005; Neldawati dkk, 2013).

Metode ini bersifat selektif untuk masing-masing logam, karena pada dasarnya elektron-elektron dari ion logam diatomisasi ke orbital yang lebih tinggi

dengan cara menyerap sejumlah energi pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang ini khusus dan spesifik untuk transisi elektron bagi unsur logam tertentu, sehingga setiap panjang gelombang hanya berkaitan dengan satu unsur logam. Jumlah energi pada nyala dapat diukur sehingga energi pada sisi lainnya dapat diketahui. Prinsip ini berdasarkan pada Hukum Lambert-Beer, dan energi yang ditransmisikan menjadi signal yang terdeteksi pada detektor sebanding dengan konsentrasi logam (Lestari dkk., 2010).

Hukum Lambert-Beer merupakan gabungan dari Hukum Lambert dan Hukum Beer. Hukum Lambert menyatakan bahwa “bila suatu sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang dilalui sinar” dan Hukum Beer menyatakan bahwa “intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi unsur yang menyerap sinar tersebut”. Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = - \text{Log } I_t/I_0 = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (1)$$

Keterangan:

A = Absorbansi

I_t = Intensitas sinar yang diteruskan

I_0 = Intensitas sumber sinar

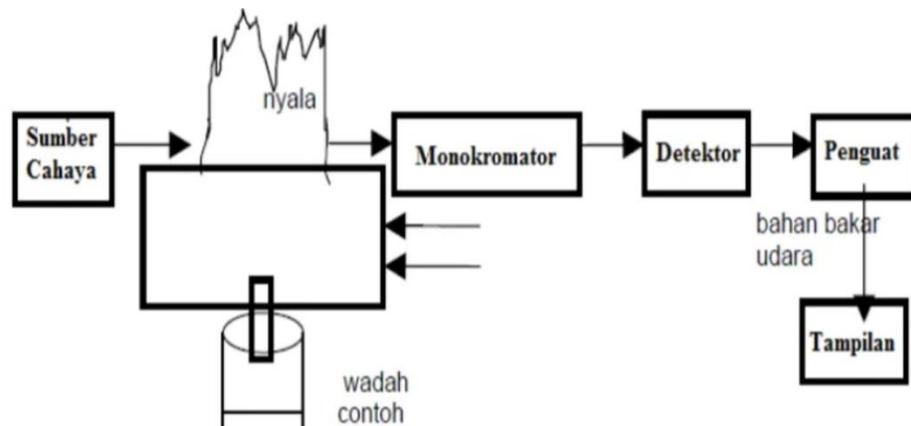
ϵ = Absorptivitas molar

b = Panjang medium

c = Konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

Berdasarkan persamaan (1), dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day dan Underwood, 2012).

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan *metalloid* yang berdasarkan pada penyerapan radiasi oleh atom bebas. Spektrofotometer serapan atom ini juga merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas di berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitivitasnya tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan (Gandjar dan Rohman, 2007). Skema alat spektrofotometer serapan atom dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema umum komponen pada alat SSA (Nasir, 2021)

Setiap bagian peralatan optik dari spektrofotometer serapan atom memegang fungsi tersendiri yang saling berkaitan satu sama lainnya. Berikut merupakan uraian bagian-bagian dari spektrofotometer serapan atom:

1. sumber cahaya

Sumber cahaya dalam spektrofotometer serapan atom digunakan untuk menghasilkan sinar yang dapat diserap oleh atom-atom dari unsur yang diukur sesuai dengan panjang gelombangnya karena setiap atom menyerap cahaya pada panjang gelombang yang sangat spesifik sesuai dengan sifat unsurnya. Contohnya timbal (Pb) penyerap cahaya pada panjang gelombang 283,3 nm dan kadmium

(Cd) menyerap cahaya pada panjang gelombang 228,8 nm. Sumber cahaya yang digunakan secara umum pada spektrofotometer serapan atom adalah *Hollow Cathode Lamp* (HCL) atau lampu katoda berongga (Levinson, 2001). Berdasarkan sumber panas yang digunakan, terdapat dua macam metode atomisasi yang digunakan pada spektrofotometer serapan atom:

a. atomisasi menggunakan nyala (*flame atomization*)

Pada atomisasi nyala, digunakan gas pembakar untuk memperoleh energi kalor yang akan mengubah sampel berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya sehingga didapatkan atom bebas dalam keadaan gas. Suhu yang dapat dicapai oleh nyala ini tergantung gas-gas yang digunakan contohnya gas asetilen-dinitrogen oksida sebesar 2600-2800 °C. Pemilihan oksidan bergantung pada suhu nyala dari komposisi yang diperlukan untuk pembentukan atom bebas (Cantle, 2018).

b. atomisasi tanpa nyala (*flameless atomization*)

Pada atomisasi tanpa nyala, digunakan energi listrik seperti pada atomisasi tungku grafit (*grafit furnace atomization*). Teknik ini digunakan untuk mengatasi kekurangan dari atomisasi dengan nyala seperti sensitivitas yang kurang, jumlah sampel, dan penyiapan sampel. Jumlah sampel yang digunakan pada teknik tanpa nyala lebih sedikit bila dibandingkan dengan teknik nyala dan sampel yang dianalisis dapat langsung berupa padatan sehingga tidak memerlukan tahap destruksi terlebih dahulu. Waktu dan temperatur pemanasan tanpa nyala dilakukan dengan cara terprogram (Cantle, 2018).

2. sel Atom

Instrumen spektrofotometer serapan atom memiliki sel atom yang berfungsi untuk menghasilkan atom-atom bebas dalam wujud gas dengan sistem atomisasi nyala. Prinsip dari sistem atomisasi nyala yaitu larutan sampel yang mengandung

logam dalam bentuk garam akan diubah menjadi aerosol yang halus dari larutan sampel dengan dilewatkan pada *nebulizer* atau proses ini disebut sebagai nebulisasi. Adanya penguapan pelarut, butiran aerosol akan menjadi padatan dan terjadi perubahan bentuk dari padatan menjadi gas. Senyawa yang terdapat di dalam sampel akan berdisosiasi menjadi bentuk atom-atom bebas. Atom tersebut akan mengalami proses eksitasi atom dari tingkat dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi (Cantle, 2018).

3. monokromator

Monokromator merupakan suatu alat yang diletakkan diantara nyala dan detektor pada suatu rangkaian instrumen spektrofotometer serapan atom. Alat ini berfungsi untuk mengisolasi atau memisahkan dan mengontrol suatu berkas radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh suatu sumber yang berkesinambungan dalam hal ini lampu katoda berongga sebagai sumber sinar dengan kemurnian spektral yang tinggi serta panjang gelombang tertentu. Terdapat dua jenis monokromator yang dipakai yaitu monokromator celah dan kisi difraksi (Day dan Underwood, 2012).

4. detektor

Detektor merupakan salah satu bagian alat yang berfungsi mengubah sinyal radiasi yang diterima menjadi sinyal elektronik atau mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendapatkan data, Detektor yang digunakan memiliki beberapa sifat seperti tingkat kepekaan yang tinggi, respon yang linier terhadap daya radiasi, dapat digandakan, waktu yang cepat, kestabilan tinggi atau tingkat noise yang cukup rendah dan mempunyai respon tetap pada daerah panjang gelombang pengamatan (Day dan Underwood, 2012).

5. alat pembaca

Alat pembaca merupakan suatu alat yang telah dikalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi atau absorpsi. Hasil pembacaan dapat berupa angka, gambar maupun bentuk kurva yang menggambarkan nilai serapan atau intensitas emisi (Ganjar dan Rohman, 2007).

Prinsip kerja instrumen spektrofotometer serapan atom pada dasarnya merupakan penyerapan sinar dengan panjang gelombang tertentu oleh atom-atom yang dibebaskan oleh nyala. Secara rinci prosesnya dimulai dari sampel yang akan dianalisis merupakan sampel yang berupa cairan, sampel kemudian diinjeksikan ke dalam ruang pengkabutan (*nebulizer*) untuk diubah menjadi partikel-partikel kecil yang disebut aerosol dengan menggunakan udara beretekan. Partikel kemudian terpecah lagi menggunakan baling-baling (*flow spoiler*) untuk menghasilkan partikel yang lebih kecil dan halus, sedangkan partikel yang ukurannya lebih besar akan dikeluarkan melalui pembuangan. Partikel yang dilewatkan akan dicampur dengan gas pengoksidasi dan bahan bakar yakni gas etilen (Salam dkk., 2013).

Partikel yang telah bercampur kemudian dilewatkan melalui kapiler menuju nyala. Begitu sampai di nyala, partikel tersebut akan dibakar pada tungku pembakaran (*burner*) untuk memecah partikel menjadi atom-atom berbentuk gas. Partikel yang telah dijadikan atom tersebut kemudian akan disinari oleh panjang gelombang tertentu sesuai dengan unsur yang berasal dari lampu katoda berongga. Saat sinar melewati atom, sebagian sinar akan diteruskan dan sebagian lagi akan diserap oleh atom. Elektron akan kembali ke tingkat energi dasar (*ground state*) dan melepaskan energi. Sinar yang diteruskan akan menuju ke monokromator

untuk diseleksi sesuai panjang gelombang unsur pada sampel. Sinar yang keluar dari monokromator akan ditangkap oleh detektor untuk diubah menjadi sinyal listrik kemudian dideteksi oleh perangkat komputer sebagai nilai absorbansi (Salam dkk., 2013).