

DISTRIBUSI KUANTITATIF LOGAM BERAT Cd DAN Ni DALAM AIR LAUT, SEDIMEN, MANGROVE *Avicennia marina* DAN *Rhizophora apiculata* DI SEKITAR KAWASAN HUTAN MANGROVE LANTEBUNG KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR



**NUR INSANA
H031201071**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2024

DISTRIBUSI KUANTITATIF LOGAM BERAT Cd DAN Ni DALAM AIR LAUT, SEDIMEN, MANGROVE *Avicennia marina* DAN *Rhizophora apiculata* DI SEKITAR KAWASAN HUTAN MANGROVE LANTEBUNG KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR

**NUR INSANA
H031201071**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

DISTRIBUSI KUANTITATIF LOGAM BERAT Cd DAN Ni DALAM AIR LAUT, SEDIMEN, MANGROVE *Avicennia marina* DAN *Rhizophora apiculata* DI SEKITAR KAWASAN HUTAN MANGROVE LANTEBUNG KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR

NUR INSANA
H031201071

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi Kimia

Pada

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

SKRIPSI

DISTRIBUSI KUANTITATIF LOGAM BERAT Cd DAN Ni DALAM AIR LAUT, SEDIMEN, MANGROVE *Avicennia marina* DAN *Rhizophora apiculata* DI SEKITAR KAWASAN HUTAN MANGROVE LANTEBUNG KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR

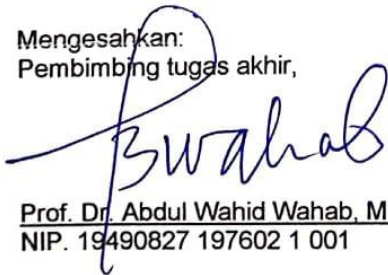
NUR INSANA
H031201071

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Kimia pada 05 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan pada

Program Studi Kimia
Departemen Kimia
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,



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

Mengetahui:
Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Distribusi Kuantitatif Logam Berat Kadmium (Cd) dan Nikel (Ni) dalam Air Laut, Sedimen, Mangrove *Avicennia Marina* dan *Rhizophora Apiculata* di Sekitar Kawasan Hutan Mangrove Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 05 Agustus 2024



NUR INSANA
H031201071

Ucapan Terima Kasih

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat, dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis serta salawat dan salam penulis panjatkan kepada nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Distribusi Kuantitatif Logam Berat Cd dan Ni dalam Air Laut, Sedimen, Mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* di Sekitar Kawasan Hutan Mangrove Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar**” sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Kimia Universitas Hasanuddin.

Penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Abdul Wahid Wahab, M.Sc selaku pembimbing utama yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing, memberi nasehat, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Ibunda Hafisah dan ayahanda Ismail yang telah merawat, mendidik, dan selalu mendoakan, serta selalu memberikan yang terbaik untuk penulis. Terima kasih juga kepada saudara penulis yaitu Akhsanul Khalid yang menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan dan rahmat-Nya serta kesehatan dan umur yang panjang kepada mereka, Aamiin ya rabbal ‘alamin.

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

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Bapak Dr. Eng. Amiruddin beserta jajarannya yang telah memfasilitasi sarana dan prasana 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 ilmu, pengalaman, dan nasehat kepada penulis.
3. Seluruh Analis di Departemen Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin atas segala fasilitas dan bantuan yang telah diberikan terkhusus kepada Kak Fibyanti S.Si, M.Si yang banyak memberikan ilmu, motivasi, dan saran kepada penulis selama penelitian.
4. Teman-teman Kimia 2020 yang telah menemani sejak mahasiswa baru hingga sekarang serta selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa yang terbaik untuk penulis.
5. Teman-teman peneliti analitik, terkhusus kepada patner penelitian yakni Nurtarisha A., Siti Nur Alifah, A. Mudriah, Yurni Milham, Harwan, dan Muh. Qalbi, Septiyana Herlambang, Rachel Adelia, Jummi Palulungan, satrina, Muh.

Ahyar Taqwin, Dea gustina, dan Niksia Tenri Olle yang selalu memberikan semangat dan selalu mengingatkan tentang skripsi.

6. Teman-teman 3in1 yakni Nur Indah Sari dan A. Nurul Inayah yang selalu memberika motivasi, semangat, saran, nasehat, dan selalu menjadi patner diskusi bagi penulis.
7. Semua pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis yang tidak sempat disebutkan namanya.

Penulis sadar akan banyaknya kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan sarannya 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.

Penulis

2024

ABSTRAK

NUR INSANA. Distribusi Kuantitatif Logam Berat Cd dan Ni dalam Air Laut, Sedimen, Mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* di Sekitar Kawasan Hutan Mangrove Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar (dibimbing oleh Abd. Wahid Wahab).

Latar Belakang. Hutan Mangrove yang terdapat di Indonesia tersebar di beberapa Provinsi diantaranya Provinsi Sulawesi Selatan salah satunya berada di di Lantebung Kelurahan Bira, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Ekosistem mangrove ini ditumbuhi tanaman *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* yang memiliki berbagai fungsi dan manfaat. Salah satunya yaitu sebagai biofilter, agen pengikat dan perangkap polutan. Polutan yang menjadi indikator untuk mendeteksi terjadinya pencemaran adalah logam berat. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam berat Cd dan Ni dalam sampel air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* menggunakan instrumen AAS. **Metode.** Metode yang digunakan yaitu destruksi logam berat Cd dan Ni dalam sampel air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dan kemudian dianalisis menggunakan AAS. **Hasil.** Konsentrasi logam Cd pada air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* secara berturut-turut yaitu 0,25-0,32 mg/L; 7,50-7,72 mg/kg berat kering; 15,99-17,01 mg/kg berat kering dan 11,16- 23,76 mg/kg berat kering. Konsentrasi logam Ni pada air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* berturut-turut yaitu 1,93-2,45 mg/L; 69,33-73,63 mg/kg berat kering; 236,31-274,59 mg/kg berat kering dan 349,60-569,29 mg/kg berat kering. Nilai BCF dan TF logam Cd dalam mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apocullata* yaitu BCF<1, TF>1 (fitoekstraksi) dan BCF<1, TF<1 (fitostabilisasi dan fitoekstrasi), untuk logam Ni yaitu BCF>1, TF >1 (rizofiltrasi) dan BCF >1, TF <1 (fitostabilisasi). **Kesimpulan.** Distribusi logam berat Cd dan Ni di sekitar perairan mangrove Lantebung paling banyak terdapat dalam mangrove jenis *Rhizophora apiculata* dan paling sedikit dalam air laut.

Kata kunci: AAS; kadmium; mangrove; nikel; pencemaran

ABSTRACT

NUR INSANA. **Quantitative Distribution of Heavy Metals Cd and Ni in Sea Water, Sediment, *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* Mangroves around Lantebung Mangrove Forest Area, Tamalanrea District, Makassar City** (supervised by Abd. Wahid Wahab).

Background. Mangrove forests in Indonesia are spread across several provinces, including South Sulawesi Province, one of which is in Lantebung, Bira Village, Tamalanrea District, Makassar City. This mangrove ecosystem grows *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* plants which have various functions and benefits. One of them is as a biofilter, binding agent and pollutant trap. The pollutant that is an indicator for detecting pollution is heavy metal contamination in it. **Objective.** This study aims to determine the levels of heavy metals Cd and Ni in seawater, sediment, *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* mangrove samples using the AAS instrument. **Method.** The method used was the destruction of the heavy metals Cd and Ni in seawater, sediment, *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* mangrove samples and then analyzed using AAS. **Results.** The concentration of Cd metal in sea air, sediment, *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* mangroves respectively is 0.25-0.32 mg/L; 7.50-7.72 mg/kg dry weight; 15.99-17.01 mg/kg dry weight and 11.16- 23.76 mg/kg dry weight. The concentration of Ni metal in sea air, sediment, mangroves *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* were respectively 1.93-2.45 mg/L; 69.33-73.63 mg/kg dry weight; 236.31-274.59 mg/kg dry weight and 349.60-569.29 mg/kg dry weight. The BCF and TF values of Cd metal in the *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* mangroves are BCF<1, TF>1 (phytoextraction) and BCF<1, TF<1 (phytostabilization and phytoextraction), for Ni metal, namely BCF>1, TF>1 (rhizofiltration) and BCF>1, TF<1 (phytostabilization). **Conclusion.** The distribution of the heavy metals Cd and Ni around Lantebung mangrove waters is mostly found in *Rhizophora apiculata* mangroves and the least in sea water.

Key words: AAS; cadmium; mangrove; nickel; pollution

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Teori.....	3
1.2.1 Mangrove	3
1.2.2 Logam Berat	5
1.2.3 Bioakumulasi dan Biokonsentrasi Logam Berat.....	7
1.3 Rumusan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II METODE PENELITIAN.....	9
2.1 Bahan Penelitian.....	9
2.2 Alat Penelitian	9
2.3 Waktu dan Tempat Penelitian	9
2.4 Prosedur Penelitian.....	9
2.4.1 Pengambilan Sampel Air.....	9
2.4.2 Pengambilan Sampel Sedimen	9
2.4.3 Pengambilan Sampel Mangrove	9
2.4.4 Penentuan Kadar Air.....	10
2.4.5 Preparasi Sampel	10
2.4.6 Pembuatan Larutan Baku Cd.....	11
2.4.7 Pembuatan Larutan Baku Ni	11
2.4.8 Pembuatan Larutan Blanko.....	12
2.4.9 Analisis Cd dan Ni dengan Spektrofotometer Serapan Atom.....	12
2.4.10 Mekanisme Fitoakumulasi Logam Berat	12

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	14
3.1 Parameter Kualitas Lingkungan Perairan Lantebung.....	14
3.2 Kadar Air pada Sedimen dan Mangrove	16
3.3 Konsentrasi Logam Berat Cd dan Ni dalam Air Laut.....	17
3.4 Konsentrasi Logam Berat Cd dan Ni dalam Sedimen	18
3.5 Konsentrasi Logam Berat dalam Mangrove	19
3.5.1 Konsentrasi Logam Cd dalam Mangrove	19
3.5.2 Konsentrasi Logam Ni dalam Mangrove	21
3.6 Distribusi Logam Cd dan Ni dalam Air Laut, Sedimen, dan Mangrove ..	24
3.7 Analisis BCF dan TF Mangrove	26
BAB IV KESIMPULAN	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

Nomor urut	halaman
1. Hasil pengukuran in-situ di perairan Lantebung.....	14
2. Kadar air pada sedimen, akar, batang, dan daun mangrove	16
3. Konsentrasi logam berat Cd dan Ni dalam air laut.....	17
4. Konsentrasi logam berat Cd dan Ni dalam sedimen	18
5. Konsentrasi logam berat Cd dalam mangrove <i>Avicennia marina</i>	19
6. Konsentrasi logam berat Cd dalam mangrove <i>Rhizophora apiculata</i> ...	19
7. Konsentrasi logam berat Ni dalam mangrove <i>Avicennia marina</i>	21
8. Konsentrasi logam berat Cd dalam mangrove <i>Rhizophora apiculata</i> ...	22
9. Nilai BCF dan TF logam Cd pada mangrove <i>Avicennia Marina</i>	26
10. Nilai BCF dan TF logam Cd pada mangrove <i>Rhizophora apiculata</i>	26
11. Nilai BCF dan TF logam Ni pada mangrove <i>Avicennia Marina</i>	26
12. Nilai BCF dan TF logam Ni pada mangrove <i>Rhizophora apiculata</i>	27

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	halaman
1. Tumbuhan mangrove (<i>Avicennia marina</i>)	4
2. Tumbuhan mangrove (<i>Rhizophora apiculata</i>).....	5
3. Hasil reaksi Cd dengan fitokelatin.....	21
4. Hasil reaksi Ni dengan fitokelatin.....	23
5. Distribusi logam berat Cd dalam air laut, sedimen, mangrove <i>Avicennia marina</i> (AM) dan <i>Rhizophora apiculata</i> (RA)	24
6. Distribusi logam berat Ni dalam air laut, sedimen, mangrove <i>Avicennia marina</i> (AM) dan <i>Rhizophora apiculata</i> (RA)	24

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	halaman
1. Peta lokasi pengambilan sampel	39
2. Skema kerja penelitian.....	40
3. Bagan kerja.....	41
4. Perhitungan	48
5. Dokumentasi penelitian.....	79

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Lambang/Singkatan	Arti dan penjelasan
AM	<i>Avicennia marina</i>
BCF	<i>Bioconcentration Factors</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HSAB	<i>Hard and soft acids and bases</i>
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
ppm	<i>Parts Per Million</i>
RA	<i>Rhizophora apiculata</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
SSA	Spektrofotometri Serapan Atom
TF	<i>Translocation Factors</i>

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia memiliki kawasan pesisir yang sangat luas dengan garis pantai mencapai sepanjang 81.000 km. Wilayah pesisir Indonesia terdiri dari berbagai ekosistem pendukung, salah satunya ekosistem mangrove (Muchtar et al., 2022). Indonesia termasuk salah satu negara di kawasan Asia Tenggara yang memiliki hutan mangrove terluas dengan luas mencapai sekitar 3,5 juta hektar dan tersebar di berbagai wilayah (Nurdin et al., 2021).

Hutan Mangrove yang terdapat di Indonesia tersebar di beberapa Provinsi diantaranya Provinsi Sulawesi Selatan, salah satunya berada di perairan Kota Makassar. Dimana Makassar memiliki potensi mangrove dengan luas 25 ha (Wulandari et al., 2023). Salah satu kawasan hutan mangrove yang terletak di sebelah utara Kota Makassar yaitu Lantebung tepatnya di Kelurahan Bira, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Ekosistem mangrove ini ditumbuhi tanaman *Avicennia marina* (api-api) dan *Rhizophora apiculata* yang memiliki bergagai fungsi dan manfaat (Ummung dan Massiseng, 2019).

Salah satu fungsi yang dimiliki tanaman mangrove yaitu sebagai biofilter, agen pengikat dan perangkap polutan (Dewi et al., 2018). Polutan yang menjadi indikator untuk mendeteksi terjadinya pencemaran adalah cemaran logam berat di dalamnya. Faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar karena adanya sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi (Asmorowati et al., 2020). Mangrove dapat mengurangi konsentrasi bahan pencemar yang terdapat diperairan, selain bagian daun, akar mangrove juga mampu mengakumulasi logam berat (Dewi et al., 2018).

Adanya logam berat di perairan pantai diakibatkan karena masuknya limbah-limbah yang banyak mengandung unsur logam berat ke lingkungan laut (Nurhamiddin dan Ibrahim, 2018). Hal tersebut dikarenakan laut merupakan tempat bermuaranya sungai, baik sungai besar maupun sungai kecil. Dengan demikian, laut akan menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai. Logam berat yang masuk ke lingkungan perairan sungai akan terlarut dalam air yang kemudian terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut. Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan (Setiawan, 2013).

Perairan Kota Makassar sebagai salah satu kawasan pesisir dipenuhi berbagai aktivitas berupa kegiatan industri, perikanan, pelabuhan, perhotelan, pariwisata bahari dan rumah tangga (Fatmayani et al., 2022). Sedangkan di kawasan mangrove Lantebung sendiri telah dijadikan sebagai kawasan ekowisata mangrove (Nurdin et al., 2021). Hal tersebut dapat menyebabkan pencemar lingkungan meningkat dikarenakan sampah yang berasal dari para pengunjung pantai, maupun dari warga yang berada disekitarnya (Wulandari et al., 2023). Sumber logam-logam

berat selain dari kegiatan industri, aktivitas masyarakat juga dapat berasal dari sumber alami seperti pelapukan batuan dan deposisi atmosfer (Patty et al., 2018). Dampak dari semua aktivitas tersebut secara langsung dapat menyebabkan masuknya limbah ke dalam ekosistem perairan yang dapat menyebabkan pencemaran logam berat (Fatmayani et al., 2022).

Diantara logam-logam berat yang masuk ke perairan, salah satunya adalah logam kadmium (Cd) dan nikel (Ni). Biota air yang hidup dalam perairan yang tercemar logam Cd dan Ni dapat mengakumulasi logam berat tersebut ke dalam jaringan tubuhnya. sehingga dapat berdampak pada kerusakan atau menimbulkan perubahan bentuk maupun fungsi jaringan (Dani dan Budiawan, 2015). Dimana dapat mengancam keberlanjutan kehidupan biota air bahkan manusia melalui jalur jaringan makanan (Patty et al., 2018).

Kadmium (Cd) dapat bersifat toksik jika melebihi ambang batas. Cd dapat menyebabkan keracunan kronik pada manusia (Clara et al., 2022). Akumulasi logam Cd dalam air antara lain diakibatkan oleh kegiatan industri dalam elektroplating (pelapisan emas dan perak), pengerjaan bahan-bahan dengan menggunakan pigmen/zat warna lainnya, pembuatan aloi dan baterai alkali (Dani dan Budiawan, 2015). Selain itu aktivitas manusia yang dapat menghasilkan kadmium seperti penggunaan bahan bakar, kebakaran hutan, dan penggunaan pupuk serta pertisida (Syachroni, 2017).

Berbagai logam berat dapat bersifat toksik, salah satunya yaitu logam nikel (Ni), walaupun merupakan logam esensial yang dibutuhkan tetapi keberadaannya dalam jumlah berlebih dapat mempengaruhi organisme hidup. Penyerapan nikel secara berlebih dalam tubuh dapat mengakibatkan gangguan imunologi, neurologis, reproduksi, efek karsinogenik, dan kematian (Aris et al., 2021). Logam Ni pada umumnya digunakan untuk industri pembuatan baterai nikel-kadmium, katalis, dan elektroplating (Dani dan Budiawan, 2015).

Penelitian mengenai konsentrasi dan bioakumulasi logam dalam jaringan pada beberapa jenis mangrove di Indonesia telah dilakukan, salah satunya oleh Khairuddin et al. (2018), yaitu analisis kandungan logam berat kadmium (Cd) pada tumbuhan mangrove *Ryzophora apiculata* di perairan Teluk Bima dimana rata-rata kadar Cd pada bagian daun adalah 0,41 ppm dan pada akarnya sebesar 0,18 ppm yang menandakan mangrove ini telah terkontaminasi oleh logam berat kadmium. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Natsir et al. (2020), pada tumbuhan mangrove di perairan Tulehu Provinsi Maluku menunjukkan Cd di sedimen lebih tinggi daripada di air. Kadmium pada sedimen menunjukkan kisaran rata-rata antara 0,6011-1,2520 mg/kg sedangkan dalam air laut berkisar 0,000656 mg/L-0,002894 mg/L. Sedangkan pada mangrove, Cd tertinggi ditemukan pada batang kemudian akar dan daun (batang > akar > daun). Kandungan logam Cd pada akar (0,15-0,19 mg/kg), batang (0,28-0,59 mg/kg), dan daun (0,09-0,19 mg/kg). Penelitian lain dilakukan oleh Harmesa et al. (2020) pada air laut dan sedimen di perairan Cimanuk, Jawa Barat. Dimana kandungan logam Ni dalam air laut berkisar 0,0020- 0,0052 mg/L, sedangkan pada sedimen berkisar 19,66- 62,85 mg/kg.

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka penelitian tentang kandungan logam berat Cd dan Ni di sekitar perairan kawasan wisata Lantebung perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat Cd dan Ni pada sampel air laut, sedimen, dan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dikarenakan logam berat Cd dan Ni ini dapat terakumulasi pada air, kemudian mengendap pada sedimen dan dapat diserap oleh akar mangrove yang dapat didistribusikan ke jaringan tubuh mangrove.

1.2 Teori

1.2.1 Mangrove

Mangrove merupakan vegetasi endemik yang hidup di antara transisi daerah laut dan daratan di kawasan pesisir (Khairuddin, 2018). Dalam pengelolaan kawasan mangrove, kondisi ekologis habitat yang sesuai dengan jenis tanaman yang ada pada ekosistem perlu diketahui. Dimana ekosistem mangrove yakni ekosistem yang ditumbuhi oleh berbagai vegetasi khas mangrove yang tidak dapat digantikan oleh vegetasi lainnya (Schaduw, 2018). Vegetasi mangrove merupakan elemen yang banyak berperan dalam menyeimbangkan kualitas lingkungan dan penetralisis bahan pencemar di lingkungan (Putra et al., 2022). Kualitas perairan ekosistem mangrove sangat mempengaruhi kondisi tumbuhan mangrove. Mangrove termasuk tumbuhan yang memiliki adaptasi yang tinggi terhadap perubahan salinitas, tetapi rentan terhadap perubahan kualitas airnya seperti suhu, pH, dan DO. Ketidakstabilan parameter kualitas air tersebut dapat mengakibatkan penurunan kualitas bahkan kematian pada mangrove (Schaduw, 2018).

Mangrove termasuk organisme pesisir yang memiliki setidaknya tiga fungsi yaitu fungsi ekologis, fisik dan ekonomis. Secara ekologis, ekosistem mangrove mampu memperbaiki kualitas air, sebagai tempat mencari makan dan berkembang biaknya berbagai jenis ikan, udang, kerang, kepiting, dan biota laut lainnya. Secara fisik mangrove berfungsi menjaga garis pantai dan tebing sungai dari erosi/abrasi, mempercepat perluasan lahan melalui proses sedimentasi, mengendalikan intrusi air laut, melindungi daerah di belakang mangrove dari gelombang pasang. Secara ekonomis mangrove berfungsi sebagai penghasil kayu, penghasil hasil hutan non kayu seperti madu, obat-obatan, makanan, dan lain-lain (Setiawan, 2013). Salah satu bagian mangrove yakni bagian akar yang kokoh dapat menangkap sedimen dan mencegah abrasi (Khairuddin, 2018). Selain itu, sistem perakaran mangrove dapat menyerap logam berat di lingkungan perairan, sehingga polutan di hutan mangrove dapat berkurang (Elfrida et al., 2020).

Terdapat beberapa jenis mangrove yang tumbuh di perairan Indonesia, yakni kurang lebih 38 spesies, diantaranya marga *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Avicennia*, *Sonneratia*, *Xylocarpus*, *Barringtonia*, *Lumnitzera*, *Ceriops*, dan marga *Nypa* (Rahman et al., 2017). Salah satu spesies mangrove dari marga *Rhizophora* yakni *Rhizophora apiculata*. Sedangkan spesies mangrove dari marga *Avicennia* salah satunya yaitu *Avicennia marina*.

Mangrove *Avicennia marina*. *Avicennia marina* atau biasa dikenal dengan api-api, memiliki pohon berukuran sedang hingga besar yang tumbuh kira-kira setinggi 30 m dengan batang berwarna abu-abu. Memiliki sistem akar lateral yang luas membentang tepat di bawah permukaan tanah dengan akar pernapasan seperti pensil, juga dikenal sebagai pneumatofor yang dapat tumbuh hingga 15-20 cm, mencuat secara vertikal dari tanah berlumpur untuk mengambil oksigen. Daun elips atau lonjong dengan ujung bulat, permukaan bawah berwarna hijau pucat, permukaan atas ditutupi dengan titik-titik kelenjar. Buah berwarna hijau muda, berbentuk bulat. Banyak ditemukan di tepian sungai, muara sungai, laguna, pantai berbatu dan daerah pasang surut rendah (Mariano et al., 2019).



Gambar 1. Tumbuhan mangrove (*Avicennia marina*) (Sidik et al., 2018)

Menurut Rosyid (2020), klasifikasi tumbuhan mangrove *Avicennia marina* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (dikotil)
Ordo	: Lamiales
Famili	: Acanthaceae
Genus	: <i>Avicennia</i>
Spesies	: <i>Avicennia marina</i>

Mangrove *Rhizophora apiculata*. *Rhizophora apiculata* atau yang biasanya disebut tanaman bakau memiliki karakteristik yaitu bagian pohon memiliki ketinggian mencapai 30 m dengan diameter batang mencapai 50 cm dengan bagian kulit kayu berwarna abu-abu tua. Memiliki ciri khas pada bagian akar yang bisa mencapai ketinggian 5 m dengan bentuk akar yang muncul ke udara dari cabang akarnya. Bagian daun berbentuk elips dengan ujung daun menyempit dan runcing, berwarna hijau tua dengan gradasi hijau muda pada bagian tengahnya dan kemerahan di bagian bawah. Bagian bunga berwarna kuning kecoklatan berbentuk melengkung terletak di ketiak daun. Buah pada *Rhizophora apiculata* berbentuk bulat memanjang seperti bentuk buah pir dan berwarna coklat (Shinta et al., 2022). *Rhizophora apiculata* mempunyai jenis bibit vivipara, salah satu ciri khas dari

Rhizophora apiculata yang berbeda dari jenis bakau lainnya ialah daunnya yang cenderung lebih kecil (Azhari et al., 2022).



Gambar 2. Tumbuhan Mangrove (*Rhizophora Apiculata*) (Azhari et al., 2022)

Menurut Azhari et al. (2022), klasifikasi tumbuhan mangrove *rhizophora apiculata* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnolopsida
Ordo	: Myrtales
Family	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Spesies	: <i>Rhizophora apiculata</i>

1.2.2 Logam Berat

Logam berat adalah kelompok unsur logam yang memiliki massa jenis lebih dari 5 gr/cm³. Pada jumlah tertentu dapat berubah menjadi racun bagi lingkungan. Pencemaran logam berat memiliki berbagai jenis dan sifat sesuai yang dimiliki oleh ion logam yang bersangkutan (Juharna et al., 2022). Logam berat termasuk polutan lingkungan yang terkenal karena toksisitas, ketahanan terhadap lingkungan, dan sifat bioakumulatifnya. Adanya logam berat di lingkungan laut disebabkan oleh dua sumber utama kontaminasi yakni endapan alami dan aktivitas antropogenik. Kontaminasi dari endapan alami seperti letusan gunung berapi dan pelapukan batuan. Kontaminasi dari aktivitas antropogenik seperti aktivitas domestik, industri, dan pertanian (Nangbes, 2023). Kelarutan logam berat dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah tergantung pada kondisi lingkungan perairan, seperti salinitas, pH, dan suhu (Dani dan Budiawan, 2015).

Logam berat diklasifikasikan menjadi logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam berat yang dibutuhkan oleh organisme dalam jumlah sedikit untuk mendukung fungsi fisiologis dan biokimia, misalnya Fe, Mn, Cu, Zn, dan Ni. Logam berat non-esensial adalah logam berat yang tidak dibutuhkan oleh organisme hidup untuk mendukung fungsi fisiologis dan biokimia, misalnya Cd, Pb, As, Hg, dan Cr (Handayanto et al., 2017).

Logam berat di lingkungan perairan adalah suatu ancaman bagi ekosistem yang ada disekitarnya karena sifat toksisitasnya tidak dapat diuraikan secara alamiah, serta dapat terakumulasi pada rantai makanan (Robi et al., 2021). Sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan menjadi tiga. Pertama yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri atas unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn. Kedua bersifat toksik sedang terdiri dari unsur Cr, Ni, dan Co. Terakhir bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe (Nurhamiddin dan Ibrahim, 2018).

Logam kadmium. Kadmium (Cd) adalah unsur kimia dengan nomor atom 48 yang terletak pada golongan dua dengan massa 112,41 g/mol dan berat jenis 8,62 g/cm³ (Iriranti, 2017). Kadmium berwarna putih perak dan mempunyai fase padat. Kadmium mempunyai titik lebur 320,9 °C dan titik didihnya 765 °C (Wulandari et al., 2021). Kadmium digunakan sebagai bahan baku baterai, pigmen plastik, keramik, gelas, pelapis baja dan logam, stabilisator *polyvinyl chloride* (PVC), serta konstituen pupuk (Putri et al., 2022). Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya ketika dibuang ke lingkungan, khususnya perairan. Kadmium di perairan dapat bersumber dari sampah, limbah cair, pupuk pestisida, detergen bahan pembersih (Elfrida et al., 2020). Selain itu dapat bersumber dari pabrik besi dan kimia, industri pertambangan, metalurgi, stabilitas plastik dan pembuatan baterai. Sumber Cd di perairan secara alamiah terjadi akibat pelapukan batuan yang melepaskan Cd ke tanah dan masuk ke perairan (Rahmadani dan Diniariwisani, 2023).

Logam Cd yang terakumulasi dalam tubuh berpengaruh terhadap fungsi ginjal, tulang, serta mengakibatkan penyakit kardiovaskular, diabetes tipe 2, dan kanker. Toksisitas logam Cd juga menyebabkan gangguan sistem kerangka karena demineralisasi tulang. Akumulasi logam Cd berpotensi menyebabkan penyakit kanker seperti kanker ginjal, kanker prostat, kanker payudara dan kanker endometrial karena bersifat karsinogenik (Putri et al., 2022).

Logam nikel. Nikel memiliki lambang Ni dengan nomor atom 28 dan bobot atom 58,71. Nikel ditemukan oleh Axel Fredrik Cronstedt pada tahun 1751 dalam mineral kupfernickel (nikolit). Nikel merupakan logam padat yang berwarna perak putih dengan konduktivitas termal dan listrik yang tinggi. Nikel tahan terhadap korosi udara, air, alkali, tetapi mudah larut pada pH < 6,5 dalam asam pengoksidasi encer (Wulandari et al., 2021). Nikel memiliki beberapa sifat yaitu berwarna putih keperak-perakan, mudah ditempa, merupakan konduktor yang agak baik terhadap panas dan listrik, tahan karat. Dalam keadaan murni, nikel bersifat lembek, akan tetapi jika dipadukan dengan besi, krom, dan logam lainnya dapat membentuk baja tahan karat yang keras, mempunyai titik lebur tinggi dan aliran rendah (Berniyanti, 2018).

Nikel merupakan unsur logam yang terbentuk secara alami dan paling sering ditemukan pada kerak bumi. Komoditas nikel sangat dibutuhkan oleh banyak industri, seperti industri baja tahan karat (*stainless steel*), baterai, logam paduan, dan pelapisan logam. *Stainless steel* banyak digunakan di berbagai bidang industri hilir, mulai dari peralatan rumah tangga, transportasi, hingga konstruksi (Radhica dan Wibisana, 2023). Penyerapan nikel dapat melalui inhalasi, oral, dan dermal. Gangguan kesehatan yang timbul dapat berupa gangguan sistemik,

gangguan imunologi, gangguan saraf, gangguan reproduksi, gangguan perkembangan, karsinogenik. efek, dan kematian (Damayanty et al., 2023). Efek toksik yang ditimbulkan akibat adanya paparan logam berat seperti nikel diantaranya yaitu gagal ginjal dan kanker (Wulandari et al., 2021).

1.2.3 Bioakumulasi dan Biokonsentrasi Logam Berat

Lingkungan laut, khususnya wilayah pesisir telah mengalami ancaman dari aktivitas manusia secara langsung dan tidak langsung berupa masalah pencemaran terutama logam berat (Khairuddin et al., 2018). Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar toksik yang dapat mengakibatkan terganggunya pertumbuhan dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik bahkan kematian. Dampak yang ditimbulkan dari adanya logam berat dalam perairan tergantung dari keberadaan logam dalam air dan sedimen, daya toksik dan konsentrasinya dalam lingkungan. Logam berat jika masuk dalam tubuh makhluk hidup akan mengalami biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi (Hidayah et al., 2014).

Biokonsentrasi yaitu masuknya bahan pencemar secara langsung dari air oleh makhluk hidup melalui jaringan. Sedangkan bioakumulasi yaitu masuknya bahan pencemar oleh makhluk hidup dari lingkungan melalui suatu mekanisme atau lintasan. Sementara biomagnifikasi yakni 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 telah terkontaminasi (Hidayah et al., 2014).

Logam berat yang masuk keperairan dalam bentuk terlarut, akan terakumulasi pada organisme perairan seperti mikroalga serta pada tumbuhan mangrove (Kawung et al., 2018). Mangrove memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dalam habitatnya sehingga dapat bertahan hidup dengan kondisi yang tercemar (Elfrida et al., 2020). Proses akumulasi logam di mangrove dapat berlangsung dalam tiga tahap, yaitu penyerapan oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain dan lokalisasi logam pada vakuola sel (Hastuti et al., 2023). Selain itu juga mengalami penguraian dalam sistem respirasi tumbuhan dengan melepaskan logam ke atmosfer (Kawung et al., 2018).

1.3 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. berapa kadar logam berat Cd dan Ni dalam sampel air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* di sekitar perairan kawasan hutan mangrove Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar?
2. bagaimana distribusi logam berat Cd dan Ni dalam sampel air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* di sekitar perairan kawasan hutan mangrove Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan kadar logam berat Cd dan Ni dalam sampel air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* di sekitar perairan kawasan hutan mangrove Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar menggunakan instrumen spektrofotometer serapan atom (AAS).
2. menentukan distribusi logam berat Cd dan Ni dalam sampel air laut, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* di sekitar perairan kawasan hutan mangrove Lantebung Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai bahaya logam berat dan hubungannya dengan biota laut salah satunya tumbuhan mangrove yang ada di sekitar perairan.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air laut, sedimen, mangrove *Rhizophora apiculata* dan *Avicennia marina*, HNO₃ p.a, H₂O₂ 30%, HCl, larutan standar NiSO₄·6H₂O, Cd(NO₃)₂·4H₂O, kertas saring *Whatman* no.42, akuabides, kertas label dan *tissue*.

2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat potong, *water sampler*, *Eckmen grab*, *Global Positioning System* (GPS), *cool box*, pH meter, botol polietilen (PE), plastik sampel, oven, desikator, neraca analitik, *hot plate*, bulb, buret mikro, cawan petri, labu semprot, sendok tanduk, lumpang dan alu, ayakan 150 *mesh*, Spektrofotometer Serapan Atom *Buck Scientific* 205 dan alat-alat gelas yang umum digunakan di laboratorium.

2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret - Mei 2024. Sampel diambil di sekitar perairan Kawasan Hutan Mangrove Lantebung, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pengambilan Sampel Air (SNI 8995:2021)

Sampel air diambil menggunakan *water sampler* pada kedalaman kurang lebih 1 m dari permukaan laut dan dimasukkan ke dalam botol polietilen (PE) sebanyak 1 L tiap stasiun. Sampel air untuk analisis logam diawetkan menggunakan larutan HNO₃ pekat sampai pH ≤ 2, selanjutnya botol sampel dimasukkan ke dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium.

2.4.2 Pengambilan Sampel Sedimen (Pratiwi et al., 2022)

Sampel sedimen diambil sebanyak 700 gram menggunakan alat *Eckmen grab*. Sampel sedimen kemudian disimpan pada plastik sampel dan diberi label, selanjutnya dimasukkan ke dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium.

2.4.3 Pengambilan Sampel Mangrove (Jaya et al., 2021)

Sampel yang diambil pada jaringan mangrove yaitu akar, batang, dan daun. Pengambilan sampel dilakukan secara langsung dengan alat potong, masing-

masing sampel diambil kurang lebih 100 gram dan dimasukkan ke dalam plastik, setelah itu sampel dimasukkan ke dalam *cool box* dan dibawa ke laboratorium.

2.4.4 Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air pada sedimen (SNI 8910:2021). Penentuan kadar air dalam sampel sedimen dilakukan dengan membuang benda-benda asing seperti potongan plastik, daun atau benda lainnya yang bukan contoh uji, lalu dikering-anginkan. Sampel sedimen ditimbang dengan teliti sebanyak 5 g menggunakan cawan petri yang telah diketahui bobot kosongnya. Sampel sedimen dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Sampel sedimen kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang hingga bobot konstan untuk mengetahui jumlah air yang hilang.

Penentuan kadar air pada mangrove (Rachmawati et al., 2018). Penentuan kadar air pada sampel mangrove dilakukan dengan cara membilas akar, batang, dan daun mangrove dengan akuabides dan dikering-anginkan, kemudian dipotong kecil-kecil. Selanjutnya sampel ditimbang dengan teliti sebanyak 5 gram menggunakan cawan petri yang sebelumnya telah diketahui bobot kosongnya. Sampel kemudian dimasukkan dalam oven pada suhu 80 °C selama 24 jam, kemudian didinginkan di dalam desikator lalu ditimbang hingga bobot konstan untuk mengetahui jumlah air yang hilang.

Kadar air pada sampel dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

W_0 = bobot cawan petri kosong (g)

W_1 = bobot cawan petri + sampel sebelum pemanasan (g)

W_2 = bobot cawan petri + sampel setelah pemanasan (g)

2.4.5 Preparasi Sampel

Preparasi sampel air (SNI 8995:2021). Preparasi sampel dimulai dengan memipet sampel sebanyak 100 mL ke dalam gelas kimia 250 mL, ditambahkan 5 mL HNO_3 65% dan dipanaskan perlahan-lahan hingga volumenya 15-20 mL kemudian didinginkan. Sampel yang sudah dingin disaring menggunakan kertas saring *whatman* no. 42 ke dalam labu ukur 50 mL, sampel air diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan NaOH/HNO_3 , kemudian diencerkan dan dihomogenkan dengan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan. Larutan sampel air siap dianalisis menggunakan SSA.

Preparasi sampel sedimen (SNI 8910:2021). Preparasi sampel sedimen dilakukan dengan menggerus sampel sedimen yang telah kering kemudian diayak menggunakan ayakan 150 *mesh*. Sampel sedimen ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL, kemudian ditambahkan HNO_3 1:1 sebanyak 10 mL, dihomogenkan, dan dipanaskan pada suhu 95 °C selama 10-15

menit (tanpa mendidih), kemudian didinginkan. Setelah dingin, sampel sedimen ditambahkan 5 mL HNO_3 p.a kemudian sampel dipanaskan kembali pada suhu 95 °C selama 30 menit. Jika asap coklat dan larutan masih keruh maka ditambahkan kembali 5 mL HNO_3 p.a dan diulangi pemanasan hingga larutan jernih atau asap coklat hilang. Sampel dibiarkan menguap hingga volume 5 mL tanpa mendidih atau dapat dipanaskan kembali pada suhu 95 °C. Setelah itu sampel didinginkan, kemudian ditambahkan akuabides sebanyak 2 mL dan H_2O_2 30 % sebanyak 3 mL. Sampel kemudian dipanaskan kembali pada suhu 95 °C hingga volume sampel \pm 5 mL. Sampel selanjutnya ditambahkan 10 mL HCl pekat, kemudian dipanaskan pada suhu 95 °C hingga volume larutan mencapai 5 mL (tanpa mendidih) dan didinginkan. Setelah dingin, sampel disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* no.42 ke dalam labu ukur 100 mL. Larutan sampel diencerkan dan dihimpitkan dengan akuabides hingga tanda batas kemudian dihomogenkan. Larutan sampel sedimen siap dianalisis menggunakan SSA.

Preparasi sampel mangrove (Rachmawati et al., 2018). Preparasi sampel mangrove dilakukan dengan cara menggerus akar, batang, dan daun mangrove hingga halus kemudian diayak dengan ayakan 150 *mesh*. Sampel akar, batang, dan daun yang telah halus masing-masing ditimbang dengan teliti sebanyak 1 gram, kemudian ditambahkan HNO_3 6 M sebanyak 5 mL dan H_2O_2 30% sebanyak 5 mL. Sampel dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 110 °C sampai larut, kemudian didinginkan. Sampel selanjutnya disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* no.42 ke dalam labu ukur 50 mL. Sampel diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO_3 . Sampel kemudian diencerkan dan dihimpitkan dengan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan. Larutan sampel mangrove siap dianalisis dengan menggunakan SSA.

2.4.6 Pembuatan Larutan Baku Cd

Pembuatan larutan baku induk Cd 100 mg/L. Padatan kadmium nitrat tetrahidrat $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ditimbang dengan teliti sebanyak 0,0275 g ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian dilarutkan dengan akuabides dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dan dihimpitkan menggunakan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan. Larutan induk ini setara dengan 100 mg/L.

Pembuatan larutan baku intermediet Cd 10 mg/L. Larutan baku intermediet Cd 10 mg/L, dibuat dengan cara memipet 10 mL larutan baku Cd 100 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dan dihimpitkan hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

Pembuatan larutan baku kerja. Larutan baku kerja Cd pada variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; dan 3,2 mg/L dibuat dengan memipet masing-masing 0,5 mL; 1 mL; 2 mL, 4 mL, 8 mL; dan 16 mL, larutan baku Cd 10 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan NaOH/HNO_3 . Diencerkan dan dihimpitkan menggunakan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan.

2.4.7 Pembuatan Larutan Baku Ni

Pembuatan larutan baku induk Ni 100 mg/L. Padatan kadmium nitrat heksahidrat $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditimbang dengan teliti sebanyak 0,0446 g ke dalam gelas kimia 50 mL, kemudian dilarutkan dengan akuabides dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Diencerkan dan dihomipitkan menggunakan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan. Larutan induk ini setara dengan 100 mg/L.

Pembuatan larutan baku intermediet Ni 10 mg/L. Larutan baku intermediet Ni 10 mg/L, dibuat dengan cara memipet 10 mL larutan baku Ni 100 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dan dihomipitkan hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

Pembuatan larutan baku kerja. Larutan baku kerja Ni pada variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; dan 3,2 mg/L dibuat dengan memipet masing-masing 0,5 mL; 1 mL; 2 mL, 4 mL, 8 mL; dan 16 mL, larutan baku Ni 10 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan NaOH/HNO_3 . Diencerkan dan dihomipitkan menggunakan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan.

2.4.8 Pembuatan Larutan Blanko

Larutan HNO_3 0,5 M sebanyak 2 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian larutan dihomipitkan dengan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan.

2.4.9 Analisis Cd dan Ni dengan Spektrofotometer Serapan Atom

Analisis logam berat pada sampel berdasarkan prosedur SNI 6989.84:2019 dan SNI 8910:2021 dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), di mana lampu katoda sebagai sumber radiasi. Analisis logam berat Cd dan Ni menggunakan campuran udara dan asetilena sebagai bahan bakar, dengan panjang gelombang Cd adalah 228,8 nm dan Ni 232,0 nm.

Sampel dan deret standar diukur serapannya dengan menggunakan SSA. Penentuan konsentrasi logam dalam sampel dapat ditentukan menggunakan teknik kurva kalibrasi yang berupa garis linier sehingga diperoleh hubungan antara konsentrasi logam dari absorbansi yang terukur. Konsentrasi yang sebenarnya dari logam dalam sampel dapat ditentukan melalui perhitungan;

$$C = \frac{c \text{ (mg/L)} \times V \text{ (L)}}{g \text{ (kg)}} \quad (2)$$

Keterangan:

C = konsentrasi sebenarnya (mg/kg)

c = konsentrasi dari hasil analisis SSA (mg/L)

V = volume sampel (L)

g = massa sampel (kg)

2.4.10 Mekanisme Fitoakumulasi Logam Berat (Nafie et al., 2019)

Data berupa konsentrasi dari analisis sampel kemudian diolah dengan rumus penentuan nilai *Bioconcentration Factors* (BCF) dan *Translocation Factors* (TF). Menurut (Nafie et al., 2019), BCF dan TF dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$BCF = \frac{[M] \text{ rata-rata dalam jaringan tumbuhan } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right)}{[M] \text{ rata-rata dalam sedimen } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right)} \quad (3)$$

$$TF = \frac{[M] \text{ dalam daun } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right)}{[M] \text{ dalam akar } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right)} \quad (4)$$

Nilai BCF dan TF selanjutnya digunakan untuk menentukan mekanisme penyerapan logam oleh tumbuhan. Menurut Liong et al. (2010) jika nilai $BCF > 1$ dan $TF < 1$ mekanisme adalah fitostabilisasi, $BCF < 1$ dan $TF > 1$ mekanismenya adalah fitoekstraksi, $BCF < 1$ dan $TF < 1$ mekanismenya adalah fitostabilisasi dan fitoekstraksi, dan jika $BCF > 1$ dan $TF > 1$ mekanismenya adalah rizofiltrasi.