

4.2.1 Konsentrasi Pb dalam Air Laut .....	25
4.2.2 Konsentrasi Cd dalam Air Laut .....	26
4.3 Konsentrasi Logam Berat dalam Sedimen .....	27
4.3.1 Konsentrasi Pb dalam Sedimen .....	27
4.3.2 Konsentrasi Cd dalam Sedimen .....	29
4.4 Konsentrasi Logam Berat dalam Mangrove .....	30
4.4.1 Konsentrasi Pb dalam Mangrove .....	30
4.4.2 Konsentrasi Cd dalam Mangrove .....	31
4.5 Distribusi Logam Berat Pb dan Cd .....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	37
5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	38
LAMPIRAN .....	44

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Data Hasil Pengukuran Kadar Pb pada Sedimen di Perairan Biringkassi	11
2. Data Pencemaran Logam Cd di Beberapa Perairan Indonesia .....	13
3. Hasil Pengukuran <i>In Situ</i> .....	24
4. Konsentrasi Pb dalam Air Laut .....	25
5. Konsentrasi Cd dalam Air Laut .....	26
6. Konsentrasi Pb dalam Sedimen.....	27
7. Konsentrasi Cd dalam Sedimen .....	29
8. Konsentrasi Pb dalam Mangrove .....	30
9. Konsentrasi Cd dalam Mangrove.....	32

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Reaksi Fitokelatin dengan Logam Pb .....	31
2. Reaksi Fitokelatin dengan Logam Cd.....	33
3. Distribusi Logam Berat Pb pada Air, Sedimen dan Mangrove.....	34
4. Distribusi Logam Berat Cd pada Air, Sedimen dan Mangrove .....	34
5. Peta Lokasi Pengambilan Sampel .....	52
6. Peta Desa Bulu Cindea.....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Skema kerja penelitian.....	44
2. Bagan kerja .....	45
3. Gambar .....	52
4. Perhitungan.....	53
5. Dokumentasi.....	79

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pencemaran lingkungan hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, dan energi hingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya, demikian pula dengan lingkungan air yang dapat tercemar karena masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup atau zat yang membahayakan bagi kesehatan. Pencemar kawasan perairan pada umumnya berupa sampah, minyak, dan limbah, dari sekian banyak limbah yang ada di laut, logam berat adalah salah satu penyebab kerusakan ekosistem perairan paling besar. Logam berat merupakan limbah yang paling berbahaya karena menimbulkan efek racun bagi manusia (Boran dan Altinok, 2010).

Logam dalam bentuk partikel akan berasosiasi dengan partikel tersuspensi di kolom air atau akan terakumulasi di sedimen dasar dalam perairan. Perpindahan logam berat yang terlarut dari badan air ke dalam sedimen akan terjadi apabila terdapat material organik pada permukaan sedimen yang akan mengikat logam tersebut (Qu dan Kroeze, 2012). Logam berat yang masuk ke lingkungan perairan akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut (Wulan dkk., 2013). Logam berat juga dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan.

Logam berat yang ada pada perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan mempengaruhi kelangsungan hidup organisme di dalamnya. Hal ini juga membahayakan bagi masyarakat yang bertempat tinggal di sekitarnya dan utamanya masyarakat yang mengkonsumsi hasil laut yang telah terkontaminasi logam berat. Salah satu jenis logam berat yang memasuki perairan dan bersifat toksik adalah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) (Yalcin dkk., 2008).

Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik. Pencemaran yang diakibatkan oleh limbah industri maupun limbah domestik yang harus dapat dikendalikan karena apabila tidak dikendalikan akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun biota di sekitarnya. Salah satu cara pengendalian logam berat adalah dengan menggunakan vegetasi perairan yang dapat menerima dampak langsung dan dapat menanggulangi pencemaran logam berat, dan juga mampu hidup dan berkembang dengan baik di kawasan penyebaran logam berat tersebut. Jenis vegetasi tersebut adalah mangrove (Utami dkk., 2018)

Mangrove merupakan tumbuhan yang dapat berfungsi sebagai agen bioremediasi alami karena secara alami mangrove dapat menyerap kandungan logam berat di alam (Khairuddin dkk., 2018). Ekosistem mangrove memegang peranan penting sebagai penangkap polutan untuk berbagai jenis unsur logam dan

nutrien yang berasal dari darat maupun laut (Ulqodry, 2001). Keberadaan ekosistem mangrove di kawasan perairan pesisir menjadi sangat penting karena mangrove mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dan membantu mengurangi tingkat konsentrasi bahan pencemar di dalam air (Setiawan, 2013). Ekosistem mangrove juga terdapat di daerah pesisir daratan utama Kabupaten Pangkep yang merupakan bagian dari hutan mangrove yang tumbuh secara alami atau ditanam oleh masyarakat di sekitar permukiman pesisir. Kawasan pesisir ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk melakukan aktivitas seperti transportasi laut, industri, pariwisata, pemukiman, pertanian, lahan tambak dan lain-lain. Aktivitas - aktivitas yang dilakukan ini dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan laut (Sulfiani dan Alam, 2020).

Usman dkk. (2015) telah melakukan penelitian mengenai kandungan logam berat Pb dan Cd pada sedimen serta kualitas air di perairan Biringkassi, Bungoro, Pangkep. Hasil penelitian pada beberapa stasiun diperoleh kandungan logam berat Pb dan Cd telah melewati ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan.

Berdasarkan uraian sebelumnya, penelitian mengenai kandungan logam berat Pb dan Cd di perairan Biringkassi kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan perlu dilakukan karena lokasi perairan Biringkassi memiliki potensi tercemar logam berat akibat dari kegiatan dermaga, pelabuhan, industri, dan limbah rumah tangga dari warga sekitar. Oleh karena itu, untuk mengetahui distribusi pencemaran logam berat Pb dan Cd di perairan Biringkassi Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan, penelitian perlu dilakukan pada sampel air, sedimen dan tumbuhan mangrove (*Rhizophora stylosa*).

## **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, sedimen, dan tumbuhan mangrove di sekitar pelabuhan Biringkassi kabupaten Pangkep?
2. bagaimana distribusi logam berat Pb dan Cd dalam sampel air, sedimen, dan tumbuhan mangrove di sekitar pelabuhan Biringkassi kabupaten Pangkep?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud penelitian ini yaitu menentukan kadar logam berat Pb dan Cd dalam air, sedimen dan tumbuhan mangrove di sekitar pelabuhan Biringkassi menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan kadar logam berat Pb dan Cd yang terkandung pada air, sedimen dan tumbuhan mangrove di sekitar pelabuhan Biringkassi menggunakan SSA,
2. menentukan distribusi logam berat Pb dan Cd dalam sampel air, sedimen dan tumbuhan mangrove di sekitar pelabuhan Biringkassi kabupaten Pangkep

## **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 mangrove (*Rhizophora stylosa*) sebagai penjaga kestabilan kawasan perairan, juga dapat menambah pengetahuan dan pengalaman bagi peneliti dan pembaca.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1 Gambaran Umum Desa Bulu Cindea, Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan.**

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan sebelumnya bernama Pangkajene Kepulauan atau sering disingkat Pangkep adalah salah satu kabupaten di provinsi Sulawesi Selatan Indonesia dengan ibu kota Pangkajene. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 12.362,73 km<sup>2</sup> dengan luas wilayah daratan 898,29 km<sup>2</sup> dan wilayah laut 11.464,44 km<sup>2</sup> dan panjang garis pantai di kabupaten Pangkajene dan Kepulauan yaitu 250 Km membentang dari barat ke timur. Berdasarkan letak astronomis kabupaten Pangkajene dan Kepulauan terletak diantara 04° 40' - 08° 00' Lintang Selatan (LS) dan 110° Bujur Timur (BT) (Usman, 2015).

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan memiliki ciri khas wilayahnya dengan perairan yang lebih luas dibandingkan daratannya. Kondisi pesisir daratan kecamatan Pangkajene adalah kawasan pertambakan dan di bagian pantai ditumbuhi oleh hutan mangrove. Daerah pemukiman penduduk yang berada di tepi pantai di jumpai di bagian selatan yaitu di sekitar muara sungai yang merupakan perbatasan kabupaten Pangkep dengan Kabupaten Maros. Sementara itu di bagian utara berbatasan dengan kecamatan Bungoro yang merupakan lokasi pelabuhan Biringkassi (Jalil dkk., 2020).

Pantai Biringkassi yang berada di desa Bulu Cindea kecamatan Bungoro kabupaten Pangkep merupakan daerah pantai semi tertutup. Kondisi fisik dan geomorfologi pantai menunjukkan bahwa daerah ini didominasi oleh batuan

sedimen vulkanik yang berasal dari erosi sungai dan abrasi pantai. Secara geografis pantai Biringkassi terletak pada  $04^{\circ} 50' 059''$  –  $04^{\circ} 48' 03''$  LS dan  $119^{\circ} 29' 98''$  –  $119^{\circ} 29' 596''$  BT (Amran dkk., 2009).

Perairan Biringkassi memiliki peranan penting bagi masyarakat di sekitarnya karena sangat mendukung kegiatan perekonomian masyarakat, sehingga tercipta kesejahteraan bagi masyarakat itu sendiri. Pentingnya perairan Biringkassi maka sangat penting pula untuk tetap menjaga kualitas perairan tersebut. Perkembangan wilayah perairan Biringkassi cukup pesat dengan berbagai macam aktivitas di sekitar perairan baik berupa jasa kelautan seperti pelabuhan untuk pelayaran dan perikanan maupun kegiatan-kegiatan di sekitar pantai seperti pemukiman, industri, usaha dan pertambangan (Arbit, 2013).

Aktivitas - aktivasi ini memberikan andil semakin tingginya konsentrasi logam Pb karena logam Pb digunakan untuk aktivitas docking kapal, seperti perbaikan kapal pengisian bahan bakar (tetra etil timbal) dan pengecatan badan kapal. Aktivitas penurunan muatan hasil tangkapan dari kapal nelayan yang menggunakan bahan bakar minyak (solar) dengan campuran tetra etil timbal berpotensi tumpah dan tercecer saat merapat ke pelabuhan atau perkampungan nelayan tempat pelelangan ikan, sedangkan kegiatan manufaktur atau industri berpotensi menghasilkan limbah logam baik dalam bentuk cair, lumpur ataupun dalam bentuk gas. Adapun untuk pencemaran logam Cd berasal dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pupuk yang mengandung logam Kadmium (Cd) sebagai penyeimbang (stabilizer), sehingga Cd yang tidak terambil oleh tanaman di lahan pertanian dapat terbawa ke perairan. Kadmium juga dapat berasal dari endapan sampah, limbah dari penggunaan batu bara dan minyak (Sarul dkk., 2009).

## 2.2 Logam Berat

Logam berat termasuk ke dalam golongan logam dengan sifat-sifat yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan apabila logam berat ini masuk atau diberikan ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat adalah unsur logam yang memiliki massa jenis melebihi 5 gr/cm<sup>3</sup> yang termasuk zat pencemar dan berbahaya karena akan terakumulasi di dalam perairan, sedimen, organisme dan tidak dapat terdegradasi secara alami. Logam berat yang masuk ke dalam perairan biasanya berasal dari kegiatan manusia. Kandungan logam berat dalam suatu perairan menjadi salah satu standar untuk menentukan status mutu kualitas suatu perairan (Alisa dkk., 2020).

Logam berat merupakan zat pencemar karena memiliki sifat yang stabil dan tidak mudah terurai sehingga bersifat racun dan berbahaya bagi makhluk hidup apabila telah melebihi standar baku mutu, selain itu toksisitas dari limbah tersebut yang menjadi pemicu terjadinya pencemaran lingkungan sekitarnya (Sulfiani dan Alam, 2020). Kontaminasi logam berat dalam ekosistem perairan telah menjadi masalah lingkungan selama beberapa tahun terakhir. Kontaminasi logam berat dalam ekosistem perairan secara langsung berhubungan dengan pelepasan logam berat oleh limbah industri dan aktivitas manusia. Kontaminasi logam berat ini dapat menyebabkan kematian terhadap organisme laut serta menyebabkan ketidakseimbangan ekologis (Akbar dkk., 2014).

Kontaminasi logam berat yang ada pada biota laut juga dapat merusak sistem biokimia yang ada pada tubuh hewan (Khan dkk., 2009). Logam berat yang memiliki sifat berbahaya yang sering dijumpai menjadi bahan pencemar lingkungan yaitu merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan

nikel. Logam berat tersebut dapat terakumulasi di dalam tubuh mikroorganisme dan dapat tinggal dalam kurun waktu yang lama sebagai racun (Murniasih dan Sukirno, 2012).

Logam berat menjadi salah satu polutan berbahaya dan beracun yang dapat menyebabkan kematian (lethal), dan non-kematian (sublethal) seperti gangguan pertumbuhan, perilaku dan karakteristik morfologi pada organisme akuatik (Effendi dkk, 2012). Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui insang, permukaan tubuh, dan saluran pencernaan (Azaman dkk., 2015). Ketika logam berat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup akan diabsorpsi. Penyerapan logam dapat terjadi diseluruh saluran pencernaan, dan lambung adalah tempat penyerapan yang utama. Logam yang telah diserap akan diedarkan keseluruh tubuh dengan cepat. Setelah diedarkan, logam dapat terakumulasi di tubuh organisme air, jika manusia mengkonsumsi organisme air yang mengandung logam berat tersebut maka akan memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia. Beberapa dampak negatif bagi kesehatan seperti radang tenggorokan, nyeri kepala, dermatitis, alergi, anemia, gagal ginjal, pneumonia, dan lain sebagainya (Effendi dkk., 2012).

### **2.2.1 Logam Timbal dan Aspek Pencemarannya**

Timbal atau biasa disebut sebagai logam Pb di dalam susunan unsur merupakan logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi dan tersebar di alam dalam jumlah kecil melalui proses alami seperti letusan gunung berapi dan proses geokimia namun timbal juga dapat berasal dari aktivitas manusia bahkan mampu mencapai jumlah 300 kali lebih banyak dibandingkan timbal alami (Palar, 2004).

Perkembangan yang terjadi pada sektor industri telah mengakibatkan tingkat pencemaran lingkungan menjadi tinggi, terutama pada air sungai dan laut dengan pencemaran logam berat yang telah diidentifikasi sebagai bahan berbahaya bagi lingkungan yang dapat membahayakan organisme laut dan manusia. Salah satu logam berat yang sering ditemukan sebagai pencemar area perairan akibat aktivitas manusia adalah timbal (Pb) (Sidjabat dkk., 2020). Pada perairan logam timbal ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kadar dan tingkat toksisitas timbal dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas dan kadar oksigen (Effendi, 2003). Penggunaan cat yang mengandung timbal, pengelasan kapal dan bahan bakar yang mengalami kebocoran dari kapal-kapal ikan merupakan penyebab utama peningkatan kadar timbal di perairan (Rizkiana dkk., 2017).

Pb bersifat akumulatif sehingga pembuangan limbah yang mengandung Pb secara terus menerus dapat meningkatkan konsentrasi Pb di perairan, dan lama kelamaan akan tersedimentasi. Timbal merupakan salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan pada makhluk hidup. Toksisitas logam timbal ini bersifat kumulatif di mana sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup (Fardiaz, 2010).

Logam berat akan terakumulasi pada sedimen di bawah perairan dan menjadi sumber kontaminan yang juga akan merusak keseimbangan ekologis lingkungan perairan di atasnya akibatnya akumulasi dapat terjadi pada rantai makanan hingga sampai pada manusia (Amirah dkk., 2013). Pada manusia dewasa dapat mengabsorpsi timbal sebesar 5-15 % dari keseluruhan timbal yang dicerna, sedangkan anak-anak mengabsorpsi timbal lebih besar 41,5 %. Pada tubuh manusia,

timbal bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin dan sebagian kecil timbal dieksresikan lewat urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak dan rambut (Widowati, dkk., 2008).

**Tabel 1.** Data Hasil Pengukuran Kadar Pb pada Sedimen di Perairan Biringkassi

<b>Sampel</b>	<b>Konsentrasi (mg/kg)</b>
SB1	30,85
SB2	41,86
SB3	53,60
SB4	60, 21
SB5	50,12
SB6	31,08
SB7	31,34
SB8	22,26

Sumber: Fitriani dkk., 2014.

Keterangan:

SB1 = ± 1 km dari muara Sungai Bulu-bulu. Titik ini merupakan titik pengambilan sampel yang mewakili lokasi tempat pembuangan limbah domestik masyarakat sebelum sampai ke laut.

SB2 = ± 250 m dari muara Sungai Pangkajene.

SB3 = ± 250 m dari muara Sungai Bulu-bulu dan ± 750 m dari lokasi 2.

SB4 = ± 250 m dari muara Sungai Jollo dan ± 1,5 km dari lokasi 3.

SB5 = ± 250 m dari muara Sungai Padang-padangan dan ± 1 km dari lokasi 4.

SC6 = ± 7 km dari titik 5 berlokasi di perairan Pulau Camba-cambayya

SC7 = ± 20 m dari titik 6

SC8 = ± 20 m dari titik 7

Konsentrasi timbal di atas ambang batas dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme di perairan dan juga manusia (Yolanda dkk, 2017). Jika logam timbal (Pb) terakumulasi di dalam tubuh dengan konsentrasi paparan yang cukup tinggi, maka logam timbal (Pb) dapat mengakibatkan masalah kesehatan yang serius seperti keracunan akut dan kronis serta perubahan patologis organ. Hal ini dapat menyebabkan penyakit pada sistem kardiovaskular, ginjal, tulang dan hati bahkan dapat menyebabkan kanker apabila timbal (Pb) terakumulasi secara

berlebihan di dalam tubuh manusia (Soares dan Nascentes, 2013). Timbal (Pb) di dalam tubuh terakumulasi pada tulang, karena timbal (Pb) dalam bentuk  $Pb^{2+}$  (ion timbal) dapat menggantikan keberadaan  $Ca^{2+}$  (ion kalsium) dalam jaringan tulang serta tingkat toksisitas timbal (Pb) memiliki tingkat konsekuensi berdasarkan organ yang dipengaruhinya (Arifiyana, 2018).

### **2.2.2 Logam Kadmium dan Aspek Pencemarannya**

Logam kadmium tersebar cukup luas di alam. Berdasarkan sifat – sifat fisiknya kadmium merupakan logam yang lunak. Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan (Widowati dkk., 2008). Kadmium (Cd) 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).

Kadmium termasuk ke dalam kategori bahan beracun dan berbahaya atau B3. Konsentrasi kadmium yang diizinkan dalam air adalah 0,01 mg/l (PP No 82 Tahun 2001 Mengenai Kualitas Air). Kadmium dapat memasuki perairan melalui berbagai aktivitas manusia seperti kegiatan industri, pertanian dan rumah tangga. Tingkat toksisitas kadmium akan lebih tinggi pada salinitas rendah di perairan. Hal ini disebabkan apabila salinitas rendah maka akan menyebabkan peningkatan konsentrasi kation Cd bebas sehingga menurunkan pembentukan molekul kompleks anorganik maupun organik. Kation Cd bebas akan masuk ke dalam tubuh makhluk hidup sehingga dapat meningkatkan toksisitas. Terjadinya kenaikan toksisitas ini juga dapat disebabkan karena adanya perubahan kemampuan osmotik dan regulasi ionik pada salinitas rendah (Baloch dkk., 2020).

**Tabel 2.** Data Pencemaran Logam Cd di Beberapa Perairan Indonesia

Konsentrasi Pencemaran logam Cd di Perairan (mg/L)	Kabupaten/Kota	Referensi
0,002 - 0,062	Banyuasin	Barus, 2017
0,020 0,034	Balikpapan	Dewi dkk., 2018
0,028-0,054	Semarang	Wardani dkk., 2018
0,028-0,054	Gresik	Eshmat dkk., 20214
12,67 – 32,51	Makassar	Mustawa, 2018

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 trofik 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 (Rifaul, 2013). Kadmium berpengaruh terhadap tubuh manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal (Palar, 2004).

### **2.3 Tumbuhan Mangrove**

Ekosistem mangrove atau biasa disebut tanaman bakau adalah ekosistem yang banyak dijumpai di daerah tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga daerah tersebut selalu tergenang air (Supriharyono, 2009). Ekosistem mangrove menjadi pendukung berbagai jenis ekosistem di sepanjang garis pantai di kawasan tropis (Donato dkk., 2012). Mangrove mempunyai peranan yang sangat

penting dalam menopang kehidupan masyarakat pesisir. Terdapat tiga fungsi mangrove yaitu fungsi ekologis, fungsi fisik dan fungsi ekonomis. Fungsi ekologis ekosistem mangrove yaitu mampu menciptakan iklim mikro yang baik, memperbaiki kualitas air, sebagai tempat mencari makan organisme akuatik, tempat berkembang biak berbagai jenis ikan, udang, kerang dan biota laut lainnya. Secara fisik mangrove memiliki fungsi dapat menjaga garis pantai dan tebing sungai dari erosi/abrasi, mempercepat perluasan lahan melalui proses sedimentasi, mengendalikan intrusi air laut, melindungi daerah di belakang ekosistem mangrove dari hempasan gelombang, angin kencang dan mengurangi resiko dari bahaya tsunami serta dapat menjadi penetralisir pencemaran perairan pada batas tertentu. Secara ekonomis mangrove dapat digunakan sebagai penghasil kayu, serat sintetis dan produk komersial lainnya serta dapat berfungsi sebagai sarana ekowisata, sebagai tempat pertambakan, sumber benih dan lain-lain (Setiawan, 2013).

Mangrove adalah vegetasi hutan yang tumbuh dan berkembang diantara garis pasang surut, sehingga hutan mangrove disebut juga hutan pasang. Hutan mangrove dapat tumbuh pada pantai karang, yaitu pada karang koral mati yang di atasnya ditumbuhi selapis tipis pasir, ditumbuhi lumpur atau pada pantai berlumpur. Hutan mangrove terdapat didaerah pantai yang terus menerus terendam dalam air laut dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut lalu tanahnya terdiri atas lumpur dan pasir (Saparinto, 2007). Walaupun habitat hutan mangrove bersifat khusus, tetapi masing masing jenis mangrove memiliki ciri khas ekologi masing-masing, sehingga kondisi ini menyebabkan terbentuknya berbagai macam komunitas dan zonasi. Terbentuknya zonasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tipe tanah, keterbukaan areal mangrove dari hempasan ombak, tingkat salinitas dan pengaruh

pasang- surut air laut. Contoh pengaruh tipe tanah dapat dilihat pada jenis *Rhizophora*, misalnya pada tanah lumpur yang cukup dalam dan lembek akan tumbuh dan didominasi oleh *Rhizophora mucronata* yang biasanya tumbuh berdampingan dengan *Avicennia marina*, lalu untuk *Rhizophora stylosa* lebih banyak tumbuh pada pantai yang memiliki tanah pasir atau pecahan terumbu karang dan biasanya berasosiasi dengan jenis *Sonnerafia alba*, sedangkan untuk jenis *Rhizophora apiculata* hidup pada daerah transisi (Karimah, 2017). Berikut ini taksonomi dari *Rhizophora stylosa* ;

Regnum	:	Plantae
Divisio	:	Magnoliophyta
Classis	:	Magnoliopsida
Ordo	:	Malpighiales
Familia	:	Rhizophoraceae
Genus	:	<i>Rhizophora</i>
Spesies	:	<i>Rhizophora stylosa</i>

Tumbuhan mangrove banyak tumbuh pada daerah muara dan tepi pantai yang menjadi tempat penumpukan sedimen yang berasal dari sungai. Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terbawa di dalam sedimen sebagai sumber hara yang dibutuhkan untuk melakukan proses -proses metabolisme. Banyaknya serapan logam berat yang diserap oleh setiap tumbuhan berbeda-beda. Jaringan tumbuhan yang menentukan banyak sedikitnya (Erari dkk., 2011).

Parvaresh dkk. (2010) menyebutkan bahwa selain dapat terakumulasi dalam sedimen, logam berat juga dapat terakumulasi dalam struktur mangrove. Komunitas

mangrove mendapat suplai bahan polutan seperti logam berat yang berasal dari limbah industri, rumah tangga dan pertanian. Tumbuhan mangrove termasuk jenis tumbuhan air yang mempunyai kemampuan sangat tinggi untuk mengakumulasi logam berat yang berada pada wilayah perairan. Tumbuhan mangrove mempunyai fungsi ekologis yaitu dapat menyerap, mengangkut dan menimbun materi yang bersifat toksik yang berasal dari sekitar lingkungan tempat tumbuhnya, salah satunya adalah logam berat.

Natsir dkk. (2019) dalam penelitiannya mengenai kandungan logam berat timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada air, sedimen dan organ mangrove mendapatkan hasil pengukuran konsentrasi timbal dalam air laut pada 3 titik sampling berkisar antara 0,001942 mg/L – 0,08918 mg/L dengan rata-rata 0,05314 mg/L dan Konsentrasi Cd dalam air laut pada 3 titik sampling berkisar antara 0,000656 mg/L – 0,002894 mg/L dengan rata-rata 0,001725 mg/L. Rata-rata kandungan timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang diperoleh telah melebihi batas toleransi yang ditetapkan. Tingginya konsentrasi logam timbal dan kadmium berasal dari limbah buangan kapal di lokasi pemberhentian kapal sementara oleh nelayan, mengganti bahan bakar, dan sedimentasi lumpur akibat pembuangan limbah cair dari aktivitas pelayaran, antropogenik dan limbah rumah tangga di sekitar perairan yang dibuang ke laut.

Heru Setiawan (2013) menyimpulkan dalam penelitiannya di empat stasiun penelitian, yaitu Perairan Teluk Bone, Teluk Pare-Pare, Pantai Tanjung Bunga Makassar dan Muara Sungai Tallo Makassar. Didapatkan hasil dari akumulasi logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan mangrove secara berturut-turut

yaitu 31,6 mg/Kg; 35,4 mg/Kg; 9,1 mg/Kg; dan 36,1 mg/Kg. Hasil akumulasi dari logam berat Cd secara berturut-turut yaitu 11,6 mg/Kg; 0,04 mg/Kg; 8,8 mg/Kg; dan 29,3 mg/Kg. Berdasarkan nilai akumulasi logam berat Pb dan Cd pada tumbuhan mangrove di stasiun muara Sungai Tallo memiliki kandungan logam Pb dan Cd tertinggi yang disebabkan oleh limbah yang berasal dari Kawasan Industri Makassar (KIMA), serta limbah dari industri kapal dan limbah rumah tangga.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air laut, sedimen, mangrove (*Rhizophora stylosa*), HNO<sub>3</sub> 65%, HClO<sub>4</sub> p.a, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%, larutan standar Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O p.a dan Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> p.a, kertas saring *Whatman* no.42, akuabides, dan *tissue*.

#### **3.2 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat potong, *water sampler*, *Eckmen grab*, pH meter, YSI pro 2030, *cool box*, botol polietilen (PE), plastik sampel, oven, desikator, neraca analitik, *hot plate*, bulb, buret mikro, cawan petri, kertas label, labu semprot, spatula, lumpang dan alu, ayakan 150 mesh, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Buck Scientific 205 dan alat-alat gelas umum yang digunakan di laboratorium analitik.

#### **3.3 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Maret - Mei 2022. Sampel diambil di pelabuhan Biringkassi Desa Bulu Cindea Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

#### **3.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel**

Penentuan stasiun berdasarkan lokasi hidup dari mangrove dan berdasarkan tempat yang dianggap representatif dengan adanya akumulasi logam berat yang

berasal dari kegiatan industri maupun domestik di pelabuhan Biringkassi desa Bulu Cindea kabupaten Pangkajene dan Kepulauan.

### **3.5 Prosedur Penelitian**

#### **3.5.1 Pengambilan Sampel**

##### **3.5.1.1 Pengambilan Sampel Air (Alimah dkk., 2014)**

Sampel air diambil menggunakan *water sampler* pada 4 titik sampling. Sampel dimasukkan ke dalam botol polietilen (PE) sebanyak 1 L. Sampel air untuk analisis logam diawetkan menggunakan larutan HNO<sub>3</sub> 65% sampai pH ≤ 2, kemudian botol sampel dimasukkan ke dalam *coolbox* dan dibawa ke laboratorium.

##### **3.5.1.2 Pengambilan Sampel Sedimen (Priyanto dkk., 2008)**

Sampel sedimen diambil pada titik yang sama dengan pengambilan sampel air sebanyak 500 g menggunakan *Eckmen grab*. Sampel sedimen kemudian disimpan pada plastik sampel, selanjutnya dimasukkan pada *coolbox* untuk dianalisis di laboratorium.

##### **3.5.1.3 Pengambilan Sampel Mangrove (Ulqodri, 2001)**

Sampel tumbuhan mangrove diambil pada titik yang sama dengan pengambilan sampel air dan sedimen. Sampel mangrove diambil pada jaringan-jaringan mangrove yaitu akar, batang dan daun yang tumbuh pada daerah pasang surut air laut, kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel dan dibawa ke laboratorium.

#### **3.5.2 Preparasi Sampel**

##### **3.5.2.1 Preparasi Sampel Air (SNI 6989-16:2009 dan SNI 6989-8:2009)**

Preparasi sampel dimulai dengan memipet sampel sebanyak 100 mL ke dalam gelas kimia 250 mL, ditambahkan 5 mL HNO<sub>3</sub> 65% untuk memutus ikatan

logam dan senyawa organik lalu 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 HNO<sub>3</sub>, kemudian ditambahkan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan. Larutan sampel air siap dianalisis menggunakan SSA.

### **3.5.2.2 Preparasi Sampel Sedimen (SNI 06-6992.3:2004 dan SNI 06.6992.4:2004)**

Preparasi sampel sedimen dilakukan dengan membuang benda-benda asing seperti potongan plastik, daun atau benda lainnya yang bukan contoh uji. Sampel sedimen ditimbang dengan teliti menggunakan cawan petri yang telah diketahui bobot kosongnya. Sampel sedimen dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 6 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator lalu ditimbang hingga bobot konstan untuk mengetahui jumlah air yang hilang. Sampel sedimen yang telah kering digerus lalu diayak menggunakan ayakan 150 mesh. Sampel sedimen ditimbang sebanyak 2 g, lalu dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL, kemudian ditambahkan HNO<sub>3</sub> pekat sebanyak 20 mL dan dipanaskan hingga sampel menjadi 10 mL setelah itu ditunggu sampai dingin. Setelah dingin, sampel sedimen ditambahkan 5 mL HNO<sub>3</sub> pekat dan 4 mL HClO<sub>4</sub> p.a, kemudian dipanaskan kembali hingga muncul uap putih setelah itu sampel disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* no.42 ke dalam labu ukur 50 mL. Sampel diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO<sub>3</sub>, kemudian ditambahkan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan. Larutan sampel sedimen siap dianalisis menggunakan SSA.

### **3.5.2.3 Preparasi Sampel Mangrove (Rachmawati dkk., 2018)**

Sampel akar, batang dan daun masing-masing dibilas dengan akubides

kemudian dipotong kecil-kecil. Sampel ditimbang dengan teliti menggunakan cawan petri yang telah diketahui bobot kosongnya. Sampel kemudian dimasukkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam, kemudian didinginkan di dalam desikator lalu ditimbang bagian-bagian mangrove hingga bobot konstan untuk mengetahui jumlah air yang hilang. Sampel mangrove kemudian digerus hingga halus dan diayak dengan ayakan 150 mesh. Sampel akar, kulit batang dan daun yang telah halus masing-masing ditimbang dengan teliti sebanyak 1 g, kemudian ditambahkan HNO<sub>3</sub> 6 M sebanyak 5 mL dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% sebanyak 5 mL. Sampel dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 110°C sampai larut kemudian didinginkan, setelah itu sampel disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* no.42 ke dalam labu ukur 50 mL. Sampel diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO<sub>3</sub>. Sampel kemudian ditambahkan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan. Larutan sampel mangrove siap dianalisis dengan menggunakan SSA.

### **3.5.3 Pembuatan Larutan Baku Pb**

#### **3.5.3.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Pb 1000 mg/L**

Timbal (II) Nitrat ditimbang sebanyak 0,3996 g ditimbang dengan teliti lalu dilarutkan dengan akuabides, selanjutnya dimasukkan dalam labu ukur 250 mL, kemudian diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> dan dihomogenkan menggunakan akuabides. Larutan induk ini setara dengan 1000 mg/L.

#### **3.5.3.2 Pembuatan Larutan Baku Intermediat Pb 50 mg/L**

Larutan baku intermediat Pb 50 mg/L, dibuat dengan cara memipet 5 mL larutan baku Pb 1000 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian dihomogenkan dengan akuabides.

### **3.5.3.3 Pembuatan Larutan Kerja**

Larutan baku intermediat Pb 50 mg/L dipipet masing-masing 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL, 0,8 mL, 1,6 mL, dan 3,2 mL. ke dalam labu ukur 50 mL, diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> lalu diencerkan hingga tanda batas menggunakan akuabides untuk variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; dan 3,2 mg/L.

### **3.5.4 Pembuatan Larutan Baku Cd**

#### **3.5.4.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Cd 1000 mg/L**

Kadmium Nitrat dihidrat Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O sebanyak 0,6080 g ditimbang dengan teliti lalu dilarutkan dengan akuabides, selanjutnya dimasukkan dalam labu ukur 250 mL, kemudian diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO<sub>3</sub> dan dihipitkan menggunakan akuabides. Larutan induk ini setara dengan 1000 mg/L.

#### **3.5.4.2 Pembuatan larutan baku intermediat Cd 50 mg/L**

Larutan baku intermediat Cd 50 mg/L, dibuat dengan cara memipet 5 mL larutan baku Cd 1000 mg/L, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian dihipitkan hingga tanda batas menggunakan akuabides.

#### **3.5.4.3 Pembuatan Larutan Kerja**

Larutan baku intermediat Cd 50 mg/L dipipet masing-masing 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,8 mL dan 1,6 mL ke dalam labu ukur 50 mL, diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO<sub>3</sub>. Kemudian sampel diencerkan hingga tanda batas menggunakan akuabides untuk variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 dan 1,6 mg/L.

### **3.5.5 Analisis Pb dan Cd dengan Spektroskopi Serapan Atom**

Analisis logam berat pada sampel dilakukan menggunakan metode spektrofotometri berdasarkan prosedur SNI 2354.5:2011 untuk logam Pb dan Cd dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom, di mana lampu katoda sebagai sumber radiasi. Analisis logam berat Pb dan Cd menggunakan campuran udara dan asetilena sebagai bahan bakar, dengan panjang gelombang Pb adalah 283,31 nm dan Cd 228,0 nm

Sampel dan deret standar diukur serapannya dengan menggunakan SSA. Data nilai absorban dan konsentrasi larutan baku kemudian dibuat grafik (kurva baku). Serapan larutan contoh kemudian diplotkan ke kurva larutan baku sehingga diperoleh konsentrasi logam yang dianalisis.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kondisi Lingkungan Perairan Pelabuhan Biringkassi

Kondisi lingkungan yang diamati di perairan Pelabuhan Biringkassi mencakup beberapa parameter yaitu suhu, pH, dan salinitas di titik-titik pengambilan sampel di mana titik I terletak di dekat Pelabuhan bongkar muat abut bara dengan koordinat LS: 4° 81' 3,72" dan BT: 119° 49' 7,48". Titik II terletak di sekitar dermaga nelayan, titik koordinat LS: 4° 81' 2,84" dan BT: 119° 49' 7,55". Titik III berada di sekitar daerah pemukiman, titik koordinat LS: 4° 81' 1,76" dan BT: 119° 49' 7,67". Titik IV berada di kawasan wisata mangrove, titik koordinat LS: 4° 81' 0,23" dan BT: 119° 49' 7,94".

Suhu yang diperoleh yaitu berkisar antara 30-31,5 °C. Suhu menjadi salah satu parameter kualitas air yang penting karena dapat mempengaruhi parameter fisika dan kimia lainnya. Perubahan suhu air akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia dan proses pengendapan zat-zat padat. Selain itu, suhu juga merupakan faktor penting dalam proses fisiologis tumbuhan seperti fotosintesis dan respirasi (Effendi, 2003).

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran *In Situ*

Stasiun/Parameter	St.I	St.II	St.III	St. IV	Standar
Suhu (°C)	31,5	30,2	30	31	28°-32°C (PP no. 22:2021)
pH	7,4	7,5	7	7,4	6,5 – 8,5 (PP no. 22:2021)
Salinitas (‰)	33	33	31	30	33-34 (PP no. 22:2021)

Hasil pengukuran pH di lapangan dengan menggunakan pH meter diperoleh nilai pH berkisar antara 7-7,5. Hasil tersebut termasuk dalam kategori sesuai untuk pertumbuhan biota perairan berdasar pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 yakni 6,5-8,5. Nilai pH suatu perairan penting untuk diketahui karena banyak reaksi kimia dan biokimia terjadi pada tingkat pH tertentu. Nilai pH tidak boleh terlalu asam atau basa karena dapat mengakibatkan kelarutan meningkat termasuk pelarutan logam berat.

Pengukuran salinitas diperoleh hasil berkisar antara 31-33 ‰. Nilai ini masih tergolong baik untuk kondisi perairan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021. Sebaran salinitas air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Sudarwin, 2008).

## **4.2 Konsentrasi Logam Berat dalam Air Laut**

### **4.2.1 Konsentrasi Logam Pb dalam Air Laut**

Hasil analisis kandungan logam berat Pb dalam air laut dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Konsentrasi logam Pb dalam air laut

<b>Lokasi</b>	<b>Konsentrasi (mg/L)</b>
Stasiun 1	1,79
Stasiun 2	0,77
Stasiun 3	0,55
Stasiun 4	0,60

Tabel 4 menunjukkan kadar logam Pb dalam air laut di Pelabuhan Biringkassi. Konsentrasi logam Pb pada stasiun 1, 2, 3, dan 4 berturut-turut yaitu 1,79 mg/L, 0,77 mg/L, 0,55 mg/L, dan 0,60 mg/L.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 nilai ambang batas yang ditetapkan untuk kadar logam Pb di perairan Pelabuhan yaitu 0,05 mg/L dan untuk biota laut yaitu 0,008 mg/L. Hasil analisis yang diperoleh bahwa semua stasiun telah melewati nilai ambang batas. Kadar logam Pb tertinggi terdapat pada stasiun 1 dibandingkan dengan stasiun lainnya karena pada stasiun 1 merupakan wilayah dekat dengan Pelabuhan Biringkassi yang menjadi tempat bersandar kapal pengangkut batu bara dan aktivitas bongkar-muat batu bara. Batu bara mengandung sejumlah logam berat seperti Pb dan Cd yang apabila masuk ke perairan akan terlarut dalam air dan menjadi sumber pencemar adanya kandungan Pb dalam perairan.

#### 4.2.2 Konsentrasi Logam Cd dalam Air Laut

Hasil analisis konsentrasi logam Cd di 4 stasiun diperoleh konsentrasi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan logam Pb. Hasil analisis logam Cd dalam air di sekitar Pelabuhan Biringkassi ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Konsentrasi logam Pb dalam air laut

<b>Lokasi</b>	<b>Konsentrasi (mg/L)</b>
Stasiun 1	0,17
Stasiun 2	0,16
Stasiun 3	0,14
Stasiun 4	0,15

Tabel 5 menunjukkan kadar logam Cd dalam air laut di sekitar Pelabuhan Biringkassi pada stasiun 1, 2, 3, dan 4 berturut-turut yaitu 0,17 mg/L, 0,16 mg/L, 0,14 mg/L, dan 0,15 mg/L. Konsentrasi tertinggi diperoleh pada stasiun 1 dengan konsentrasi 0,17 mg/L, berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 22 tahun 2021 nilai ambang batas yang ditetapkan untuk kadar logam Cd di perairan pelabuhan yaitu 0,01 mg/L dan untuk biota laut yaitu 0,001 mg/L. Hal ini menandakan bahwa semua stasiun telah melewati ambang batas untuk konsentrasi Cd di perairan. Pada Tabel 2 data dari hasil analisis logam Cd di beberapa perairan di Indonesia, konsentrasi logam Cd di perairan sekitar Pelabuhan Biringkassi ini relatif tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi logam Cd di perairan lain di Indonesia.

Kehadiran logam berat Cd di perairan berasal dari limbah industri, limbah rumah tangga (Syahminan, 2015) dan pestisida yang digunakan dalam kegiatan pertanian yang masuk melalui aliran permukaan (Pandey dan Singh 2017). Adanya logam Cd di lahan-lahan pertanian berasal dari penggunaan pupuk dan kotoran ternak yang mengandung Cd (Bolan dkk., 2013). Kandungan logam kadmium akan dapat dijumpai di daerah-daerah penimbunan sampah dan aliran air hujan, aliran air hujan ini akan berakhir di perairan laut. Hal ini yang menyebabkan kandungan logam Cd terakumulasi di perairan.

### **4.3 Konsentrasi Logam Berat dalam Sedimen**

#### **4.3.1 Konsentrasi Logam Pb dalam Sedimen**

Hasil analisis kandungan logam berat Pb dalam sedimen dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Konsentrasi Pb dalam sedimen

<b>Lokasi</b>	<b>Konsentrasi (mg/kg berat kering)</b>
Stasiun 1	36,52
Stasiun 2	28,76
Stasiun 3	33,88
Stasiun 4	36,18

Tabel 6 menunjukkan kadar logam Pb dalam sedimen di perairan sekitar Pelabuhan Biringkassi dengan konsentrasi berkisar antara 28,76-36,52 mg/kg. Konsentrasi logam Pb dalam sedimen secara berturut-turut dari stasiun 1, 2, 3, dan 4 yaitu 36,52 mg/kg, 28,76 mg/kg, 33,88 mg/kg, dan 36,18 mg/kg. Konsentrasi tertinggi logam Pb berada pada stasiun 1 dan 4, dimana stasiun 1 merupakan wilayah dekat dengan Pelabuhan Biringkassi yang menjadi tempat aktivitas bongkar-muat batubara dan wilayah industri. Konsentrasi Pb yang cukup tinggi juga berada pada stasiun 4, hal ini disebabkan pada stasiun ini merupakan wilayah wisata mangrove dan juga cukup dekat dengan muara sungai. Data yang diperoleh pada Tabel 1 juga menunjukkan tingginya akumulasi logam Pb pada sedimen di perairan Biringkassi yang diduga berasal dari buangan kapal nelayan berbahan bakar bensin, limbah solar, oli serta limbah domestik seperti sisa pembakaran (misalnya baterai, kertas mengkilap, kaleng) (Baird dan Cann, 2012). Logam Pb bersifat akumulatif sehingga pembuangan limbah yang mengandung Pb secara terus menerus dapat meningkatkan konsentrasi Pb di perairan dan lama kelamaan akan tersedimentasi.

Konsentrasi terendah terdapat pada stasiun 2, hal ini disebabkan oleh jenis sedimen pada stasiun 2 yang berpasir. Jenis sedimen juga dapat mempengaruhi

akumulasi logam berat dalam sedimen. Tipe sedimen dapat mempengaruhi kandungan logam berat dengan kategori sedimen yang berlumpur lebih besar kandungan logam beratnya dibandingkan dengan tipe sedimen berpasir. Semakin halus sedimen maka semakin meningkat pula konsentrasi logam beratnya. Konsentrasi logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan pasir murni (Erlangga, 2007). Hal ini juga sesuai dengan hasil yang diperoleh pada stasiun 1 dan 4 dengan konsentrasi Pb lebih tinggi karena termasuk tipe sedimen berlumpur.

Mengacu pada nilai ambang batas logam Pb dalam sedimen yang ditetapkan menurut *Recommended Sediment Quality Guideline Values* oleh *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC)* yaitu 50 mg/kg. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi logam Pb dalam sedimen pada semua stasiun belum melewati ambang batas yang ditetapkan.

#### 4.3.2 Konsentrasi Logam Cd dalam Sedimen

Hasil analisis kandungan logam berat Pb dalam sedimen dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Konsentrasi Cd dalam sedimen

<b>Lokasi</b>	<b>Konsentrasi (mg/kg berat kering)</b>
Stasiun 1	3,40
Stasiun 2	1,82
Stasiun 3	2,46
Stasiun 4	2,47

Tabel 7 menunjukkan kadar logam Cd dalam sedimen di perairan sekitar Pelabuhan Biringkassi secara berturut-turut dari stasiun 1, 2, 3, dan 4 yaitu 3,40 mg/kg, 1,82 mg/kg, 2,46 mg/kg, dan 2,47 mg/kg. Konsentrasi tertinggi diperoleh pada stasiun 1 yaitu 3,40 mg/kg, hal ini disebabkan oleh lokasi stasiun 1 yang dekat dengan wilayah industri. Faktor lain penyebab tingginya konsentrasi Cd dalam sedimen yaitu adanya pembuangan limbah industri dan domestik, endapan sampah plastik serta aktivitas nelayan disekitar lokasi penelitian.

Berdasarkan pada nilai ambang batas logam Cd dalam sedimen yang ditetapkan menurut *Recommended Sediment Quality Guideline Values* oleh *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council (ANZECC)* yaitu 1,5 mg/kg. Pada semua stasiun diperoleh konsentrasi yang telah melebihi ambang batas yang ditetapkan.

#### 4.4 Konsentrasi Logam Berat dalam Mangrove (*Rhizophora stylosa*)

##### 4.4.1 Konsentrasi Logam Pb dalam Mangrove (*Rhizophora stylosa*)

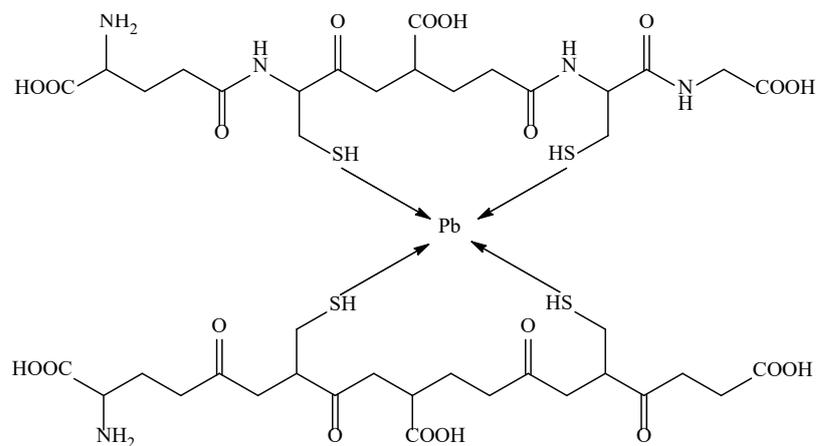
Hasil analisis kandungan logam berat Pb dalam bagian tumbuhan mangrove dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Konsentrasi Logam Pb dalam Tumbuhan Mangrove (*Rhizophora stylosa*)

Lokasi	Konsentrasi (mg/kg berat kering)			Total
	Akar	Batang	Daun	
Stasiun 1	6,84	18,55	26,33	51,73
Stasiun 2	12,60	20,40	29,11	62,12
Stasiun 3	53,59	34,24	35,11	122,95
Stasiun 4	44,56	2,93	26,13	73,62

Pada Tabel 8 menunjukkan konsentrasi logam Pb dalam tumbuhan Mangrove yang cukup beragam. Akumulasi Pb pada stasiun 1 dan 2 lebih banyak terakumulasi pada daun. Daun mangrove di stasiun ini dimungkinkan menyimpan translokasi penyerapan kontaminan logam berat Pb yang telah terserap oleh akar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Setiawan (2013) bahwa banyaknya akumulasi logam pada bagian daun merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan melalui mekanisme aliran xilem atau melalui stomata. Lokalisasi menjadi cara untuk penanggulangan ion-ion toksik dalam tanaman yaitu dengan cara mendistribusikan logam-logam toksik seperti Pb di dalam tanaman secara merata ke seluruh bagian tanaman.

Pada stasiun 3 dan 4 diperoleh konsentrasi logam Pb lebih besar terdapat di akar. Pola akumulasi yang berbeda ini disebabkan oleh perbedaan fisiologis pada setiap tumbuhan. Tingginya konsentrasi logam Pb di akar karena akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar. Logam Pb yang terakumulasi di akar diikat oleh fitokelatin membentuk senyawan kompleks lalu ditranslokasikan ke bagian tumbuhan (Hirata dkk., 2005).



**Gambar 1.** Hasil Reaksi Pb dengan Fitokelatin

#### 4.4.2 Konsentrasi Logam Cd dalam Mangrove (*Rhizophora stylosa*)

Hasil analisis kandungan logam berat Cd dalam bagian tumbuhan mangrove dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Konsentrasi Logam Cd dalam Tumbuhan Mangrove (*Rhizophora stylosa*)

Lokasi	Konsentrasi (mg/kg berat kering)			Total
	Akar	Batang	Daun	
Stasiun 1	0,72	1,13	1,21	3,07
Stasiun 2	1,21	1,47	2,93	5,62
Stasiun 3	0,92	1,25	1,48	3,67
Stasiun 4	0,86	1,73	2,27	4,86

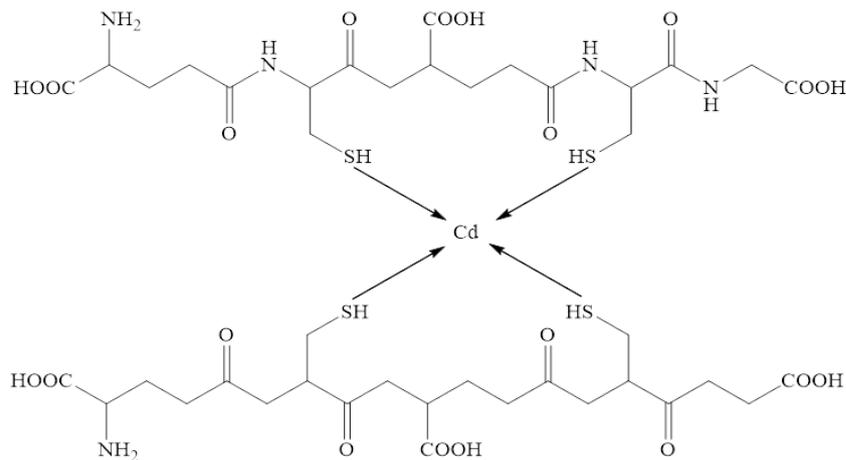
Hasil analisis logam Cd pada bagian tumbuhan mangrove (*Rhizophora stylosa*) menunjukkan bahwa tumbuhan ini dapat menyerap Cd melalui akar sekitar 0,7220 - 1,2140 mg/kg dan dapat melakukan translokasi logam Cd ke batang sekitar 1,255 – 1,7324 mg/kg dan pada daun sekitar 1,2189 – 2,9359 mg/kg.

Translokasi Cd ke jaringan-jaringan tumbuhan mangrove pada semua stasiun paling banyak terakumulasi pada daun, lalu batang, kemudian akar. Hal ini disebabkan karena tingkat mobilitasi logam berat yang tinggi dan jaringan daun sebagai tempat penimbunan logam berat sebelum dilepas ke lingkungan. Selain penyerapan logam berat melalui akar, logam berat juga dapat masuk ke dalam jaringan tumbuhan melalui stomata.

Masuknya partikel logam ke dalam jaringan daun, yaitu melalui stomata daun yang berukuran besar dan ukuran partikel logam lebih kecil, sehingga logam dengan mudah masuk ke dalam jaringan daun melalui proses penjerapan pasif. Partikel logam yang menempel pada permukaan daun berasal dari tiga proses yaitu, sedimentasi akibat gaya gravitasi, tumbukan akibat turbulensi angin dan

pengendapan yang berhubungan dengan hujan. Celah stomata mempunyai panjang sekitar 10  $\mu\text{m}$  dan lebar antara 2–7  $\mu\text{m}$ , oleh karena ukuran logam yang berukuran kecil maka partikel logam tidak larut dalam air dan senyawa terperangkap dalam rongga antar sel sekitar stomata (Deri dkk., 2013).

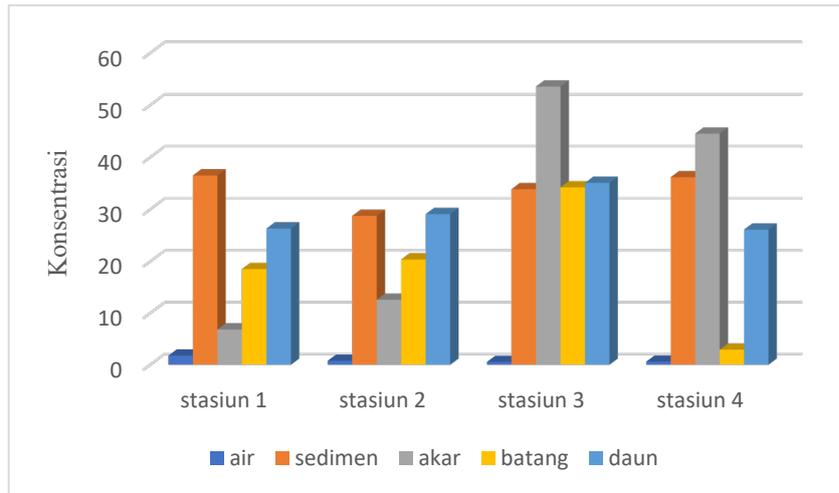
Penelitian ini dilakukan pada musim kemarau, sehingga tumbuhan akan melakukan proses transpirasi, yang dilakukan dengan tujuan untuk menyerap air dan zat hara yang berguna untuk mempertahankan atau mengatur suhu pada daun dan juga mengatur proses fotosintesis yang dilakukan tumbuhan (Simanjuntak, 2013). Menurut Rodrigo dkk., (2013), logam yang terserap ke dalam akar akan terikat dengan zat pengkelat fitokelatin dengan logam Cd ketika proses transpirasi terjadi.



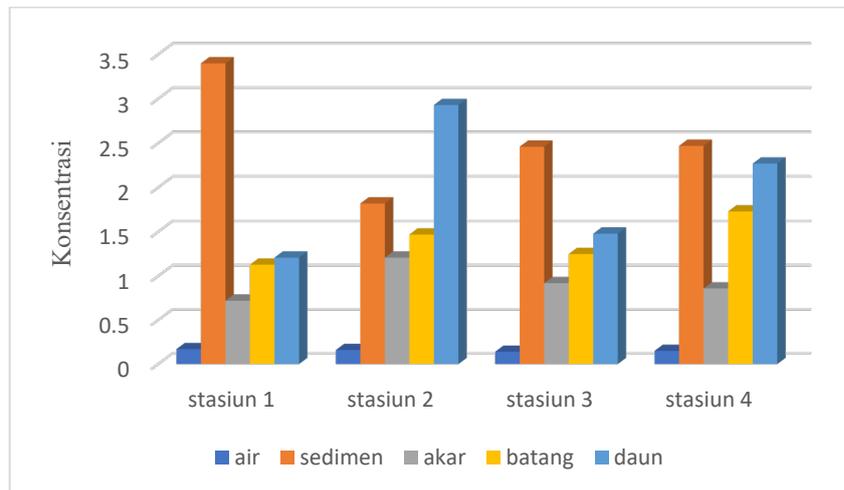
**Gambar 2.** Hasil Reaksi Cd dengan Fitokelatin

#### 4.5 Distribusi Logam Berat Pb dan Cd dalam Air, Sedimen dan Mangrove

Logam berat yang terdapat di perairan bergantung pada distribusinya terhadap air, sedimen, dan biota yang hidup di sekitar perairan tersebut. Distribusi logam Pb dan Cd di sekitar pelabuhan Biringkassi dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



**Gambar 3.** Distribusi Logam Berat Pb pada Air, Sedimen dan Mangrove



**Gambar 4.** Distribusi Logam Berat Cd pada Air, Sedimen dan Mangrove

Pada Gambar 3 dan 4 menunjukkan distribusi logam berat Pb dan Cd pada air laut, sedimen, dan mangrove. Kandungan logam Pb dan Cd pada air laut di sekitar pelabuhan Biringkassi di semua stasiun telah melewati ambang batas yang ditetapkan. Kandungan logam Pb dan Cd pada sedimen di semua stasiun cukup tinggi. Usman dkk., (2015) telah melakukan analisis kandungan logam berat Pb dan Cd di perairan Biringkassi Pangkep dengan hasil pada sedimen kandungan logam berat Pb dan Cd telah melewati ambang batas yang telah ditetapkan. Sumber pencemaran ini diduga berasal dari aktivitas manusia, pelabuhan, kapal nelayan,

pertanian, wisata, serta industri yang dekat dengan lokasi pengambilan sampel sehingga rentan terkontaminasi logam berat Pb dan Cd.

Pada Gambar 3 distribusi logam Pb pada 3 titik terakumulasi cukup tinggi pada tumbuhan mangrove. Tingginya akumulasi logam Pb pada tumbuhan mangrove ini membuktikan bahwa tumbuhan mangrove dapat menyerap logam berat yang ada di perairan dan membantu mengurangi konsentrasi logam berat di sekitar perairan. Selain diserap melalui akar tumbuhan logam Pb juga masuk melalui stomata daun mangrove. Hal ini mengindikasikan bahwa logam Pb juga terdapat di udara bebas. Logam Pb juga terakumulasi dalam sedimen dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Hal ini karena kelarutan  $PbCl_2$  di dalam air rendah sehingga akan mengendap di dasar perairan.

Adanya akumulasi logam berat dalam sedimen dapat menimbulkan akumulasi logam dalam tubuh biota yang hidup dan tumbuhan. Khairuddin dkk., (2018) menyatakan bahwa spesies mangrove memiliki kemampuan menyerap logam berat. Senyawa yang larut dalam air serta logam yang tertumpuk dalam sedimen yang mengendap di bawah permukaan air akan diserap oleh akar.

Pada Gambar 4 distribusi logam Cd terakumulasi cukup tinggi pada sedimen hal ini dikarenakan logam Cd akan mengikat partikel lain dan bahan organik kemudian mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen lainnya. Hal ini menyebabkan konsentrasi logam berat di dalam sedimen lebih tinggi daripada di perairan. Pada stasiun 2 konsentrasi sedimen lebih rendah daripada stasiun lain hal ini disebabkan oleh jenis sedimen pada stasiun 2 yang berpasir. Jenis sedimen juga dapat mempengaruhi akumulasi logam berat dalam sedimen. Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat disebabkan oleh jumlah

masuk limbah logam berat ke perairan. Semakin besar limbah yang masuk ke dalam suatu perairan maka semakin besar konsentrasi logam berat tersebut di suatu perairan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Hasil analisis yang diperoleh dalam penelitian ini disimpulkan bahwa di sekitar Pelabuhan Biringkassi telah terkontaminasi logam berat Pb dalam air laut, sedimen dan mangrove (*Rhizophora stylosa*) dengan rata-rata secara berturut-turut adalah 0,55-1,79 mg/L, 28,76-36,52 dan 2,93-53,59 mg/kg; sedangkan logam Cd dalam air laut, sedimen, dan mangrove (*Rhizophora stylosa*) masing-masing adalah 0,14-0,17 mg/L, 1,82-3,40 dan 0,72-2,93 mg/kg. Distribusi logam berat Pb di sekitar pelabuhan Biringkassi paling banyak terdapat dalam tumbuhan mangrove (*Rhizophora stylosa*), sedimen kemudian dalam air laut. Distribusi logam Cd di sekitar pelabuhan Biringkassi paling banyak terdapat pada sedimen, mangrove lalu dalam air laut.

#### 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengambil stasiun pengamatan yang lebih banyak agar data yang diperoleh semakin representatif, dilakukan analisis pada logam yang berbeda, biota yang berbeda, dapat pula digunakan variasi waktu pengambilan sampel yang berbeda musim untuk melihat perbedaannya serta terus dilakukan pemantauan pencemaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A.W., Daud, A., dan Mallongi, A., 2014, *Analisis Resiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Sedimen Air Laut di Wilayah Pesisir Kota Makassar*, Bagian Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Alimah, Siregar, Y.I., dan Amin, B., 2014, Analisis Logam Ni, Mn, dan Cr pada Air dan Sedimen Di Perairan Pantai Pulau Singkep Kepulauan Riau, *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 116-123.
- Alisa, C., A, Albirqi, M., dan P, Faizal, I., 2020, Kandungan Timbal Dan Kadmium Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pulau Untung Jawa, *Jurnal Akuatika Indonesia*, **5**(1); 2-3.
- Amirah, M. N, 2013, Human Health Risk Assessment of Metal Contamination through Consumption of Fish, *Journal of Environment Pollution and Human Health*, **1**(1); 1-5.
- Amran, S., Ambo, T., Wasir, S, 2009, Model Mitigasi Akibat Pengaruh Sedimentasi Pantai Biringkassi Kabupaten Pangkep, *Jurnal sains dan teknologi*, **9**(2); 107.
- Arbit, N., I., S, 2013, *Status Kualitas Lingkungan Perairan Biringkassi Kabupaten Pangkep dan Strategi Pengelolaannya*, Skripsi tidak diterbitkan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar
- Arifin, Z., T. Susana, P. Purwati, R. Muchsin., Dkk., 2003. Ekosistem Teluk Jakarta dan produktivitasnya. Laporan riset Kompetitif Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Penelitian Osanografi LIPI, 128.
- Arifiyana, D, 2018, Identifikasi Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Lipstik yang Beredar di Pasar Darmo Trade Center (DTC) Surabaya dengan Reagen Sederhana. *Journal of Pharmacy and Science*, **3**; 13-16.
- Azaman, A., Juahir, H., Yunus, K., Azida, A., Kamarudin, M.K.A., Toriman, M. E., et.al, 2015, Heavy Metal In Fish: Analysis And Human Health. *Jurnal Teknologi*, **77**(1), 61-69.
- Baird C., and Cann M., 2012, *Environmental Chemistry*. Edisi kelima. New York: WH Freeman and Co.
- Baloch, S., Kazi, T. G., Baig, J. A., Afridi, H. I., Arain, M. B, 2020, Occupational Exposure Of Lead And Cadmium On Adolescent And Adult Workers Of Battery Recycling And Welding Workshops: Adverse Impact On Health, *Science of The Total Environment*, **72**; 20-21.

- Bolan NS, Makino T, Kunhikrishnan A, Ishikawa S, Murakami M, Naidu R, Kirkham MB, 2013, Chapter Four - Cadmium Contamination and Its Risk Management in Rice Ecosystems, *Journal Elsevier: Advances in Agronomy*, **119**(1):183- 273.
- Boran, M. and Altinok, I., 2010, A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **10**; 565-572.
- Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, *Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: Lead*. In: *Canadian environmental quality guidelines*, Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment.
- Deri, Emiyarti dan L. O. A. Afu, 2013, Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan FPI, Universitas Haluoleo Kampus Hijau Bumi Tridharma, Kendari.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. dan Kanninen, M, 2012, Mangrove Salah Satu Hutan Terkaya Karbon di Daerah Tropis. *Brief CIFOR*, **12**:1- 12.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Erari, S.S., Mangimbulude, J., dan Lewerissa, K., 2011, Pelestarian Hutan Mangrove Solusi Pencegahan Pencemaran Logam Berat di Perairan Indonesia, *Biologi Sains Lingkungan, dan Pembelajarannya Menuju Pembangunan Karakter*, **8**(1), 182-186
- Erlangga, 2007. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Propinsi Riau Terhadap Ikan Baung (*Hemobagrus hemurus*)*. Tesis tidak diterbitkan. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor.
- Fardiaz, 2010, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius: Yogyakarta.
- Fitriani, A., Sulfikar., dan Iwan., D., 2014, Analisis Kandungan Logam Timbal (Pb) pada Sedimen dan Udang Windu (*Panaeus monodon*) di Pantai Biringkassi Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep, *Jurnal Sainsmat*, **3**(2): 191-202.
- Heriyanto, N., dan Subiandono, E., 2011, Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb, dan Cu) oleh Jenis-Jenis Mangrove, *Jurnal Hutan dan Konservasi Alam*, **8**(2): 177-188.
- Heru, S. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, **7**(1): 12- 24.

- Hirata, K., Tsuji, N., and Miyamoto, K., 2005, Biosynthetic Regulation of Phytochelatins, Heavy Metal-Binding Peptides, *Journal of Science and Bioengineering*, **100** (6): 593-599.
- Jalil, A., R, Samawi, M., F, Azis, H., Y, et.al, 2020, Dinamika Kondisi Oseanografi di Perairan Spermonde pada Musim Timur, *Prosiding Simposium Nasional VII Kelautan dan Perikanan*, Hal 3-4.
- Karimah, 2017, Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut, *Jurnal Biologi Tropis*, **17**(2); 5-6.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang *Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut*. Berita Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Khairuddin, M. Yamin dan A. Syukur, 2018. Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove Sebagai Bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*, **18** (1); 2-10.
- Khan S, Farooq R, Shahbaz S, Khan MA & Sadique M, 2009, Health Risk Assessment of Heavy Metals for Population via Consumption of Vegetables. *World Applied Sciences Journal*, **6** (12); 1602-1606.
- Mariani, R., U., Emiyarti, dan La Ode, M., 2020, Kandungan Logam Berat Pb Pada Sedimen Dan Kerang (*Polymesoda Erosa*) Di Perairan Koeono, Kecamatan Palangga Selatan, Kabupaten Konawe Selatan, *Jurnal Sapa Laut*, **5**(4); 317-325.
- Murniasih, S., dan Sukirno, 2012, Kajian Kandungan Logam B3 dalam Limbah Rumah Sakit dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah*, 1: 197-204.
- Natsir, N., A, Hanike, Y., et.al, 2019, Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air, Sedimen Dan Organ Mangrove Di Perairan Tulehu, *Jurnal Biology Science & Education*, **8**(2); 150-152.
- Palar, H., 2004, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Parvaresh, H., Z. Abedi, P. Farshchi, M. Karami, N. Khorasani and A. Karbassi. 2010, Bioavailability and Concentration of Heavy Metals in the Sediments and Leaves of Grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran. *Journal Biological Trace Element*, **10**; 2-5.
- Priyanto, N., Dwiwitno, Ariyani, F., 2008, Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada Ikan, Air, dan Sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat, *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, **3**(1): 69-78.

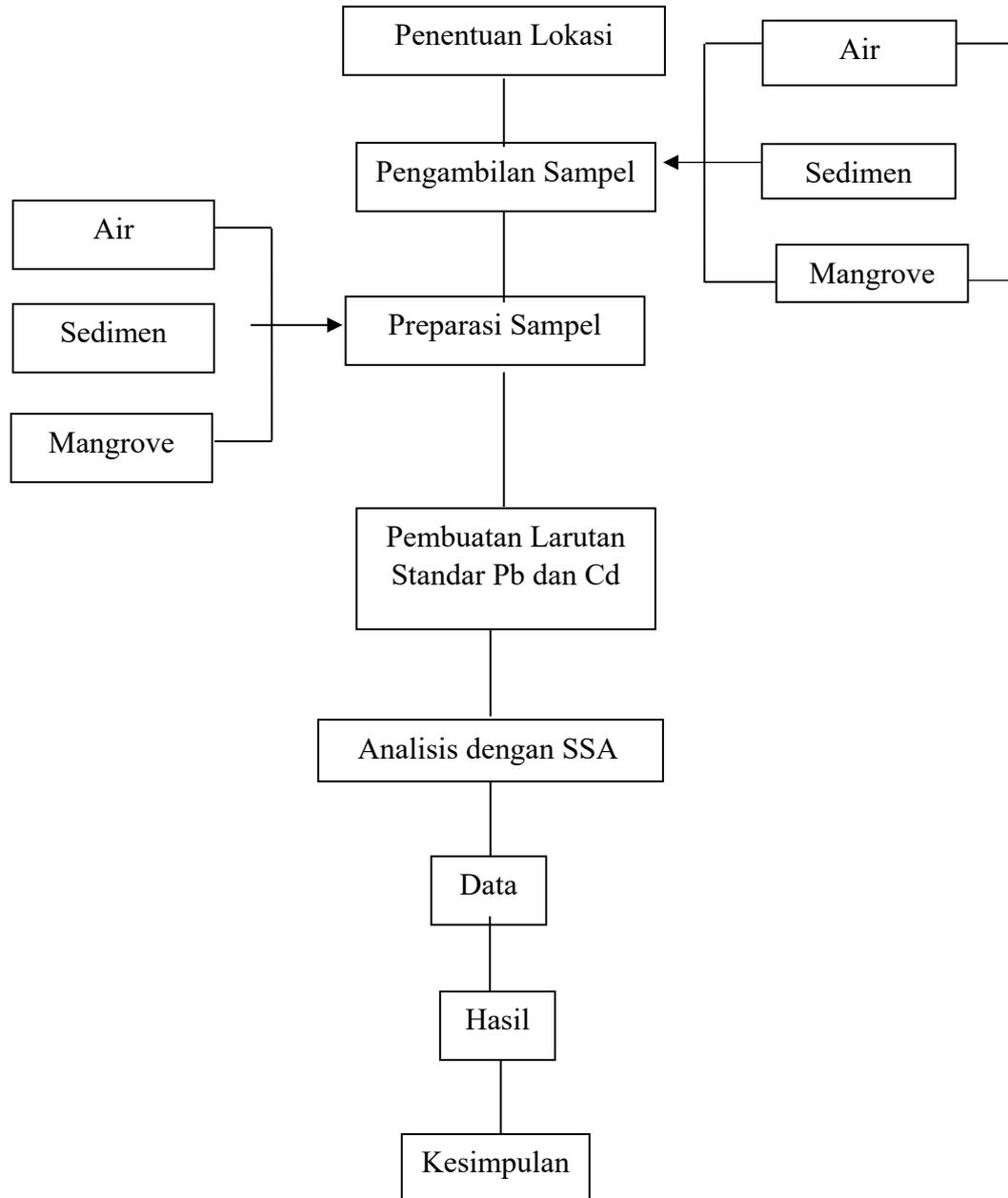
- Qu, H.J., Kroeze, C., 2012, Nutrient Export by Rivers to the Coastal Waters of China: Management Strategies and Future Trends, *Reg. Environ. Change.*, **12**(1), 153-167.
- Rifaul, Q., 2013, Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air Balas Kapal Barang dan Penumpang serta Kualitas Air Laut di Wilayah Pelabuhan Tanjung Emas, Skripsi Tidak Diterbitkan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rijal, M. 2010, *Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Lamun (Enhalus Acroides) Di Perairan Waai dan Galala Ambon Sebagai Sumber Belajar Ekologi Pencemaran*, Tesis tidak diterbitkan, Pascasarjana UM, Malang.
- Rizkiana, L., Karina, S., & Nurfadillah, 2017, Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, **2**(1); 89-96.
- Rodrigo, M.A.M., Cernei, N., Kominkova, M., Zitka, O., Beklova, M., Zehnalek, J., Kizek, R., and Adam, V., 2013, Ion Exchange Chromatography and Mass Spectrometric Methods for Analysis of Cadmium-Phytochelatin (II) Complexes, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **10** (4): 1304-1311.
- Saparinto, C., 2007, *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. Penerbit Dahara Prize Semarang.
- Sarul, A., Tuwol, A., Dan Samad, W., 2009, Model Mitigasi Bencana Akibat Pengaruh Sedimentasi Pantai Biringkassi Kabupaten Pangkep, *Jurnal Sains & Teknologi*, **9**(2); 106 – 114.
- Setiawan, H., 2013, Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, **1**(7); 1-10.
- Setiawati, M., D, 2009, *Uji Toksisitas Kadmium dan Timbal pada Mikroalga Chaetoceros gracilis*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sidjabat, N., Alwi, V., Mahmudi, dan Puspitasari, Y., 2020, *Pengukuran Timbal Pada Air Sungai Dan Bioindikator Lokal Di Sungai Brantas Kota Kediri Provinsi Jawa Timur*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata, Kediri.
- Simanjuntak, E.T., 2013, *Alat Pengukur Laju Transpirasi Pada Daun Berbasis Mikrokontroler*, Skripsi Diterbitkan, Fakultas Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga

- Siregar, Y. I., & Edward, J., 2010, Faktor konsentrasi Pb, Cd, Cu, Ni, Zn dalam sedimen perairan pesisir Kota Dumai. *Maspari Journal*, **1**(2010), 1-10.
- SNI 6989.16:2009 Cara Uji Kadmium (Cd) Secara Spektrofotometri Serapan Atom
- SNI 6989.8:2009 Cara Uji Timbal (Pb) Secara Spektrofotometri Serapan Atom
- Soares, A. R. & Nascentes, C. C, 2013, Development of a Simple Method for the Determination of Lead in Lipstick Using Alkaline Solubilization and Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. *Talanta*, **105**; 272-277.
- Sood, A., Uniyal, P. L., Prasanna, R., & Ahluwalia, A. S, 2012, Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, *Azolla*, *AMBIO*, **41**(2); 122–137.
- Sudarwin, 2008, *Analisis spasial pencemaran logam berat (Pb dan Cd) pada sedimen aliran sungai dari tempat pembuangan akhir (TPA) sampah jatibarang semarang*, Program Pascasarjana Unioversitas Diponegoro. Hal 40-41.
- Sulfiani dan Alam, S., 2020, *The Analysis Of Lead Content (Pb) In Crabs (Portunus Pelagicus) In The Coastal Waters Of Ma'rang Sub-District Of Pangkep District*, Skripsi tidak diterbitkan, Universitas Megarezky, Makassar.
- Supriharyono, 2009. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Ulqodry TZ, 2001, *Kandungan Logam Berat dalam Jaringan Mangrove Sonneratia alba dan Avicennia marina di Pulau Ajkwa dan Pulau Kamora, Kabupaten Timika, Papua*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Usman, A.,F., Budimawan, dan Budi, P., 2015, Kandungan Logam Berat Pb-Cd dan Kualitas Air di Perairan Biringkassi, Bungoro, Pangkep, *Agrokompleks*, **4** (9); 103-107.
- Utami, Rizki., Rismawati, W., dan Sapanli, K., 2018, Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat Di Perairan, *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia*, 142-151.
- Wawakhi, S., 2015, *Kajian Mangrove Sebagai Agen Fitoremidiasi Upaya Mengurangi Konsentrasi Logam Berat Pb di Ekosistem Mangrove Wonorejo, Surabaya*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
- Widowati, W., Sastiono, A., Rumampuk, R.J., 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*, CV. Andi Offset, Yogyakarta.
- Wulan SP, Thamrin & Amin B, 2013, *Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak*

*Sekitar Dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang Provinsi Riau.* Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Riau.

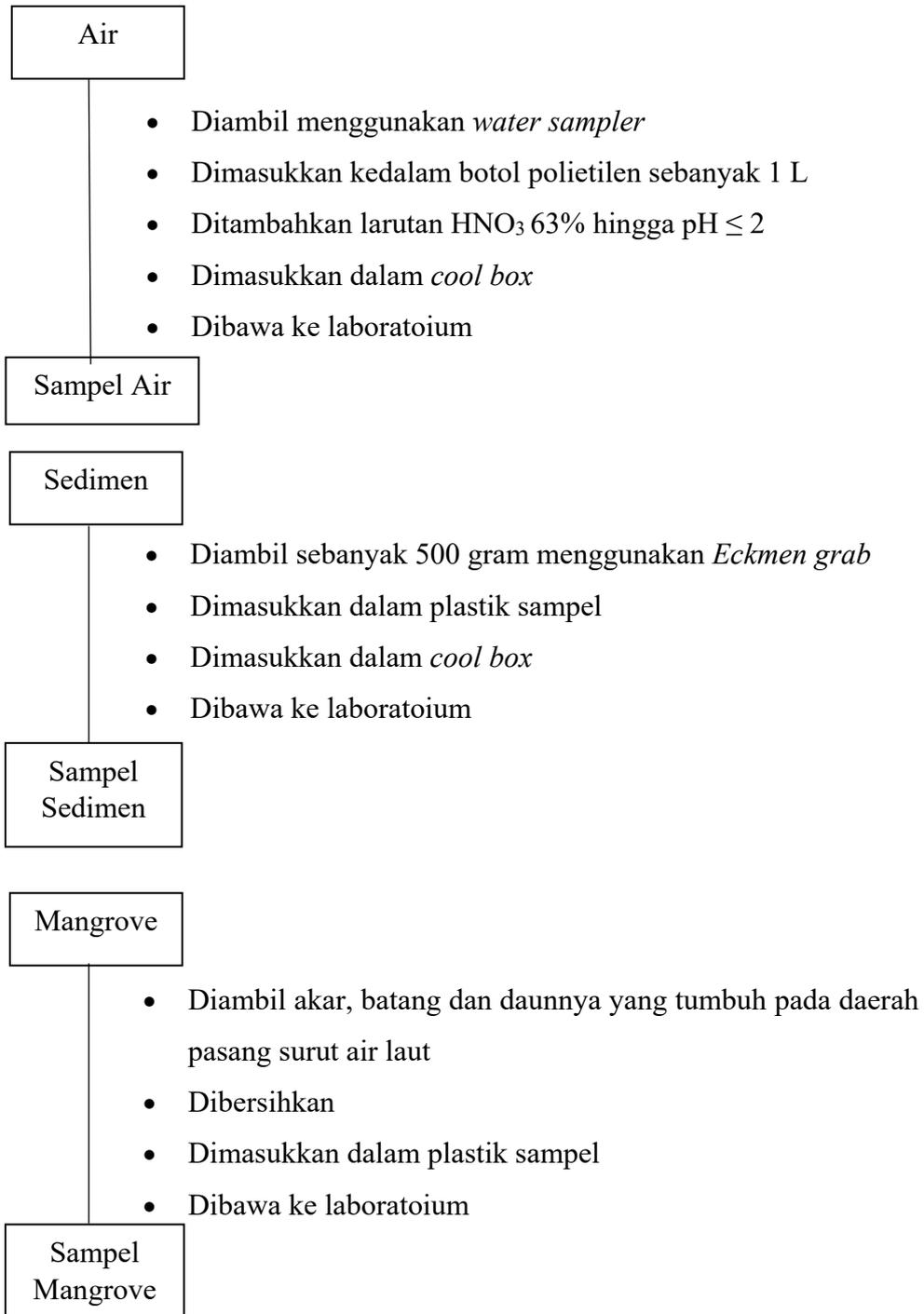
- Yalcin G, Narin I, & Soylak M, 2008, Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments From Gumusler Creek, Nigde, Turkey, *Environmental Geology*, **54** : 1155-1163.
- Yolanda, S., Rosmaidar, Nazaruddin, Armansyah, T., Balqis, U., and Fahrma, Y, 2017, Pengaruh Paparan Timbal (Pb) Terhadap Histopatologis Insang Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*), *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, **1**(4); 736-741.

**Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian**



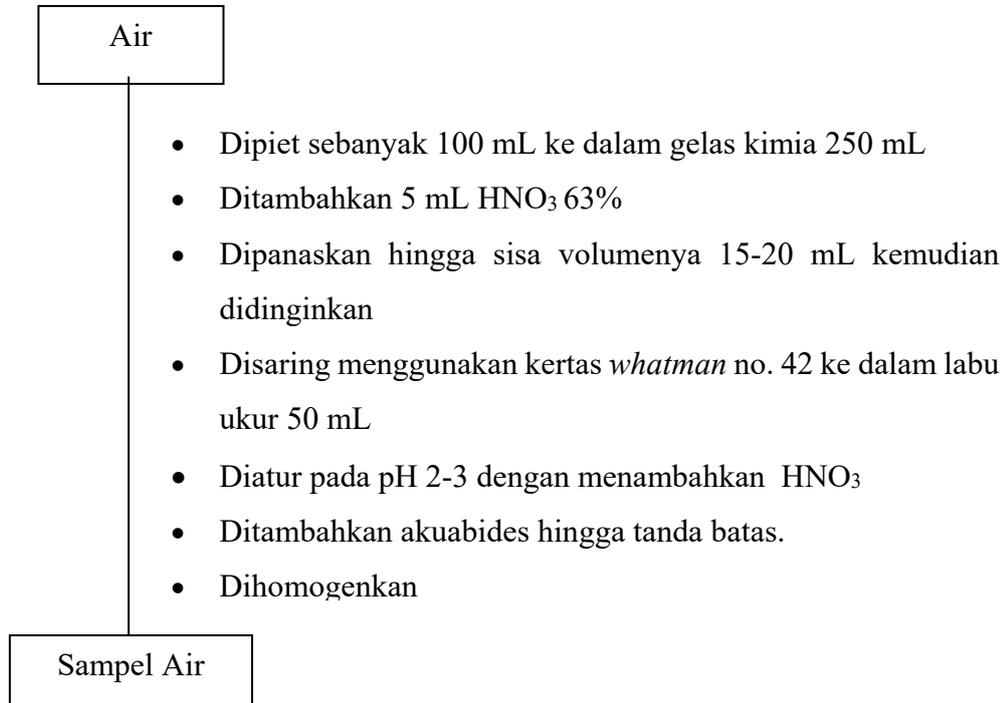
## Lampiran 2. Bagan Kerja

### 1. Pengambilan Sampel

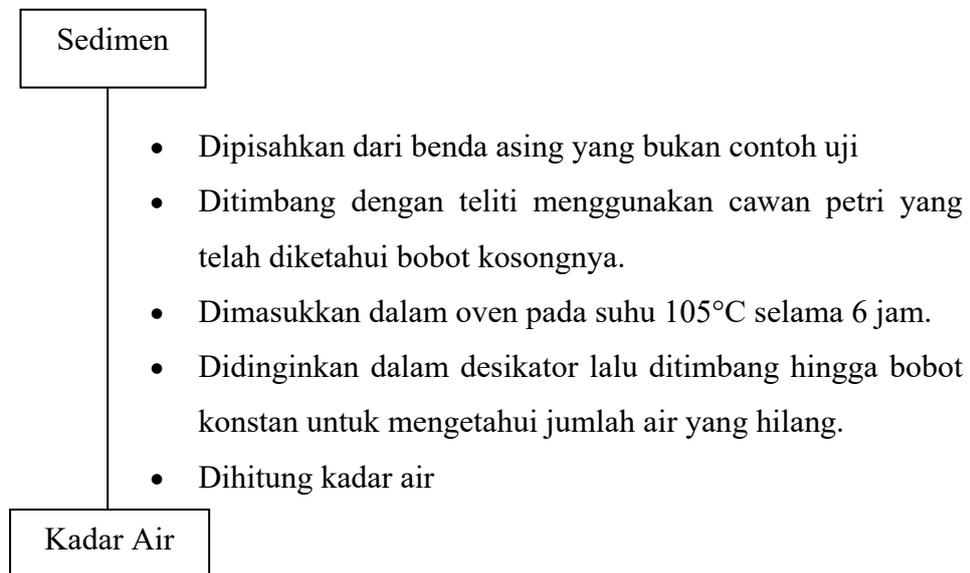


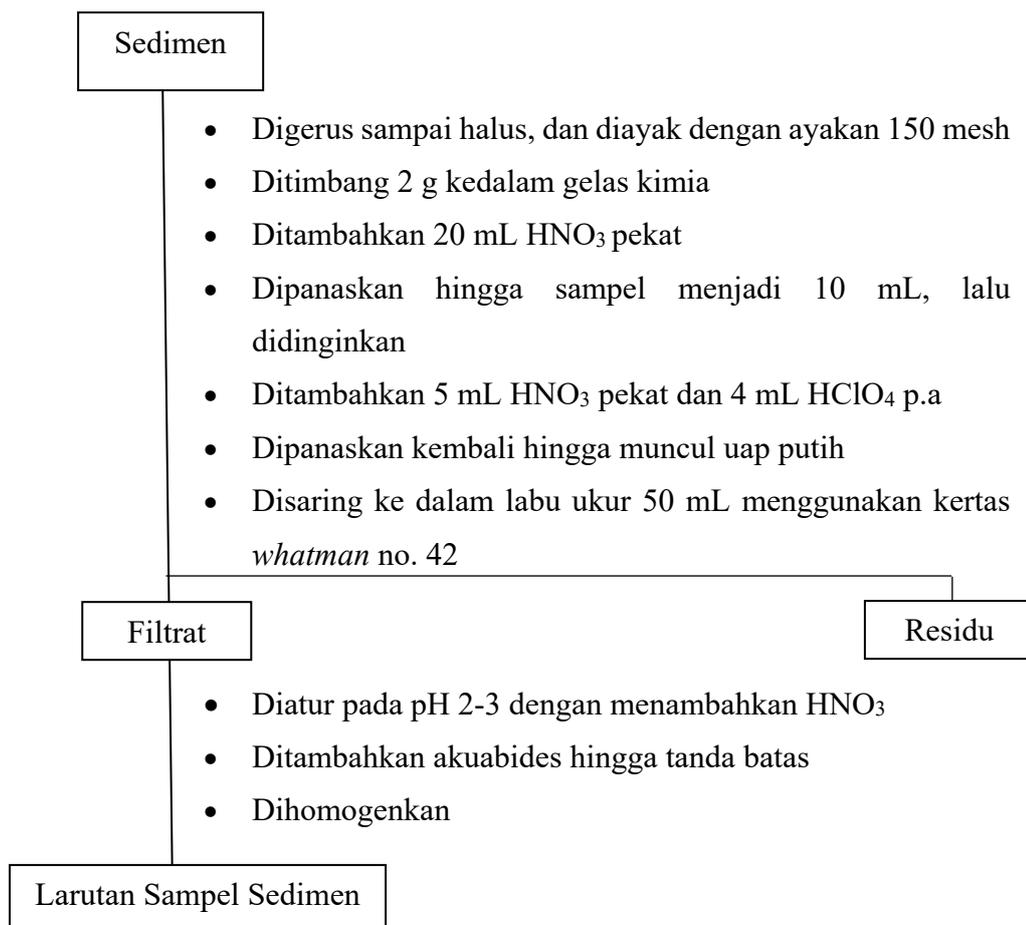
## 2. Preparasi Sampel

### 2.1 Preparasi Sampel Air (SNI 6989-16:2009 dan SNI 6989-8:2009)

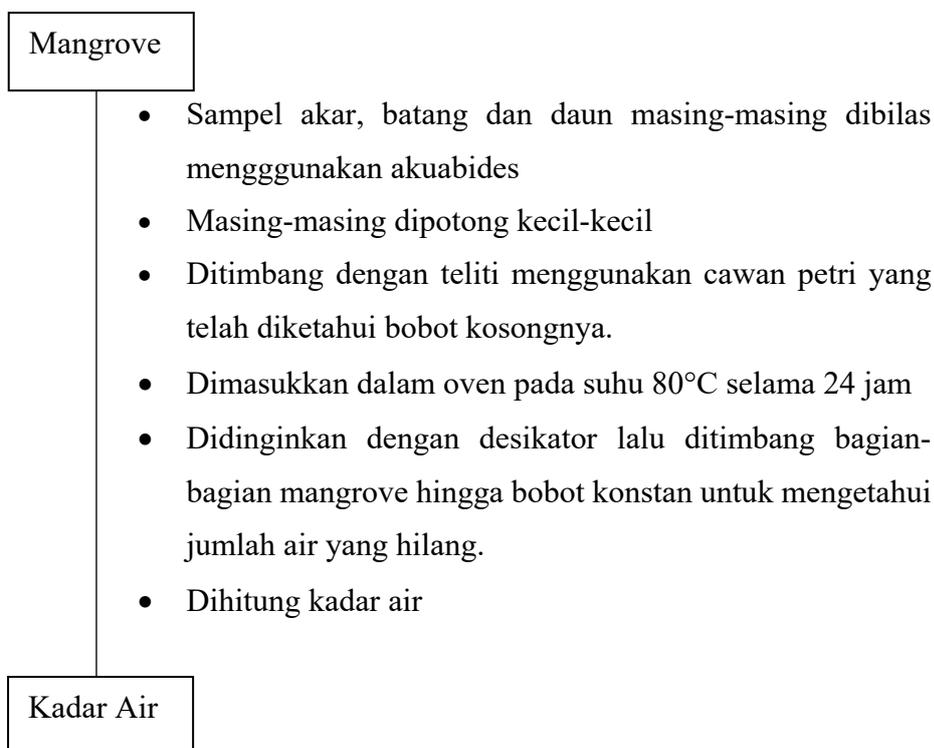


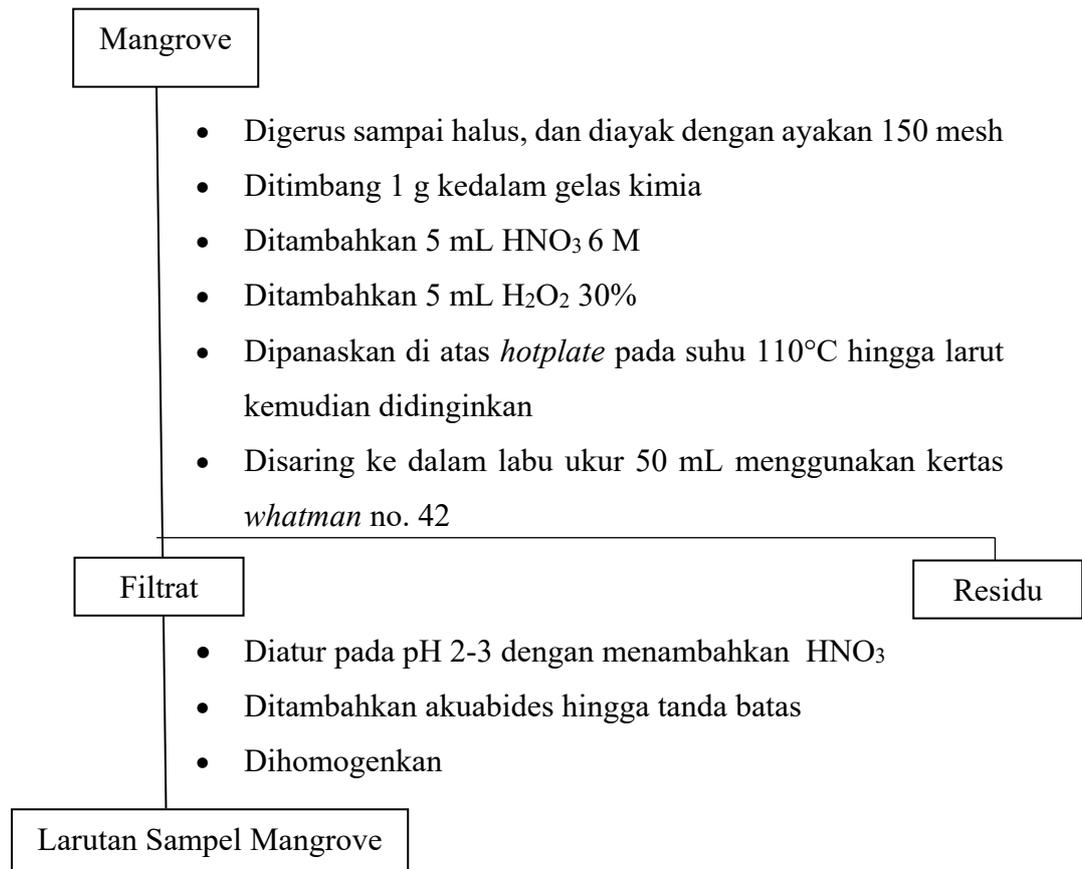
### 2.2 Preparasi Sampel Sedimen (SNI 06-6992.3:2004 dan SNI 06.6992.4:2004)





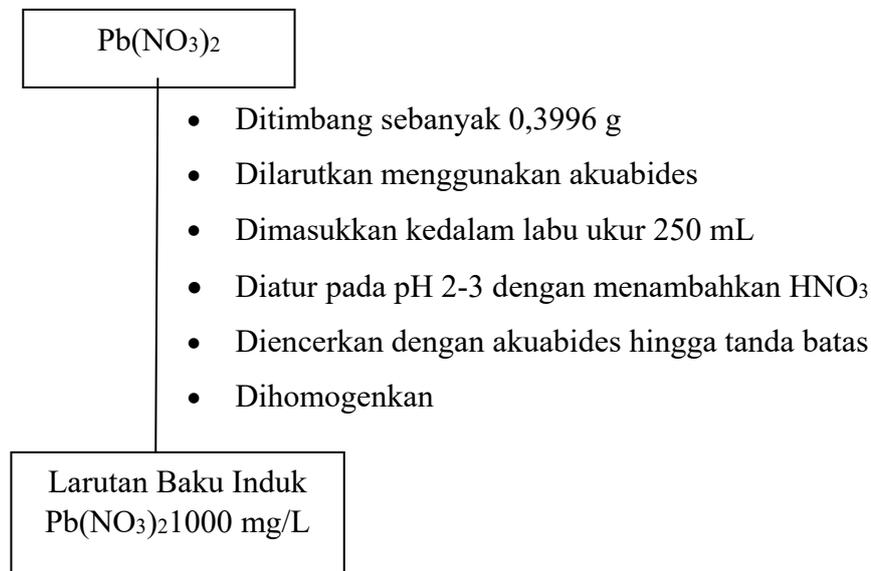
### 2.3 Preparasi Sampel Mangrove (Rachmawati dkk., 2018)



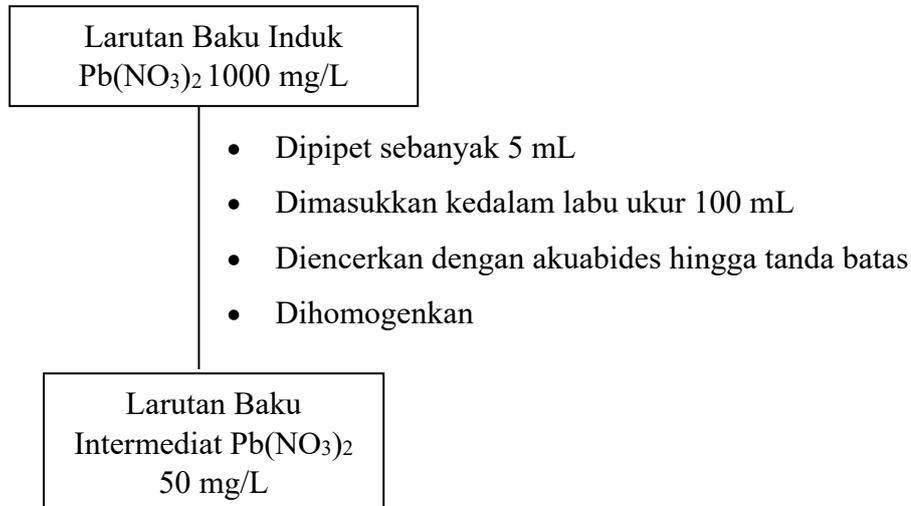


### 3. Pembuatan Larutan Baku Pb

#### 3.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Pb 1000 mg/L

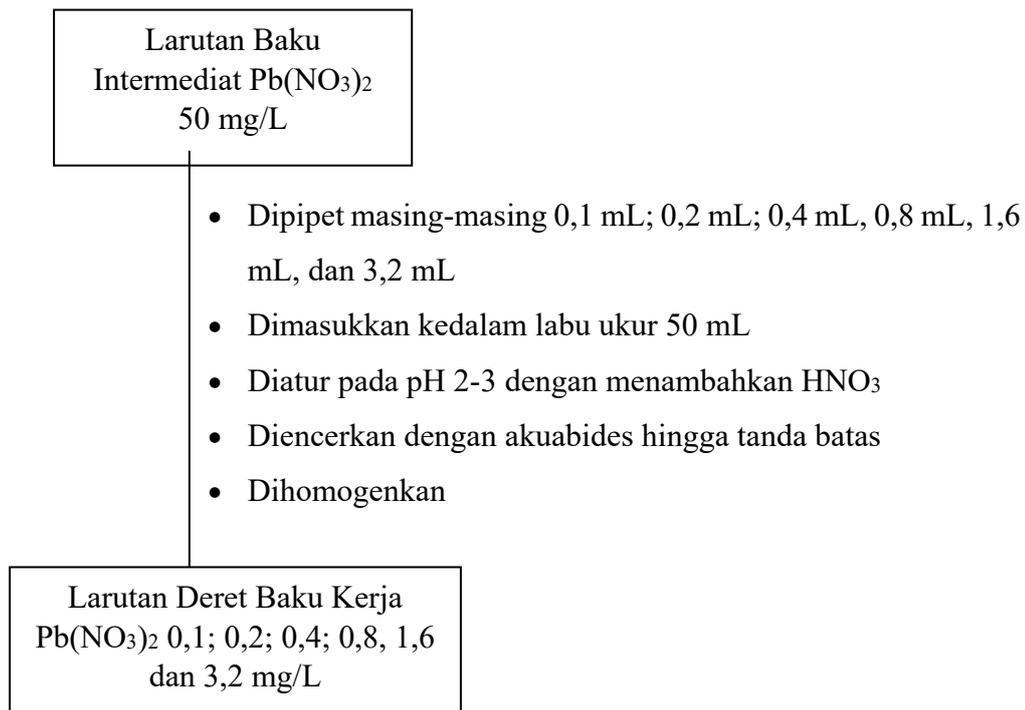


### 3.2 Pembuatan Larutan Baku Intermediat Pb 50 mg/L



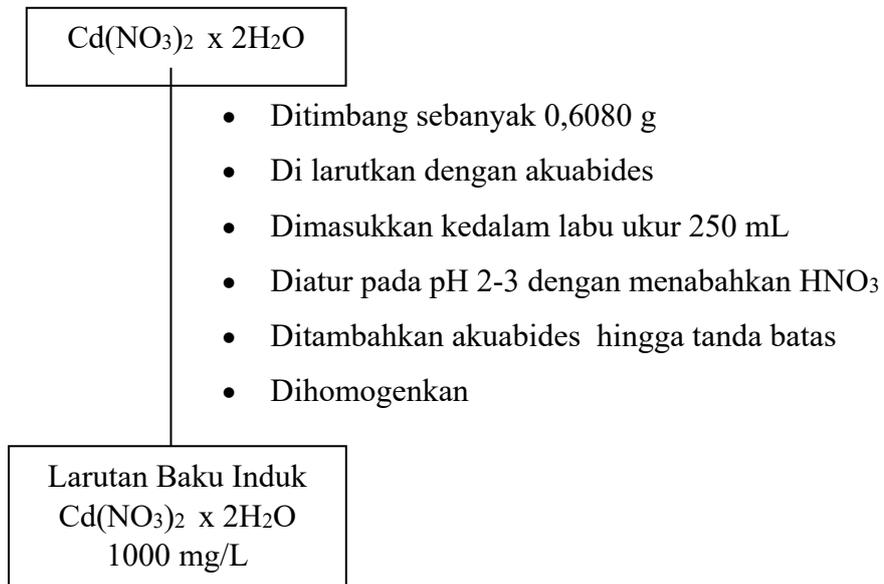
### 3.3 Pembuatan Larutan Kerja

#### 3.3.1 Larutan Deret Baku Kerja

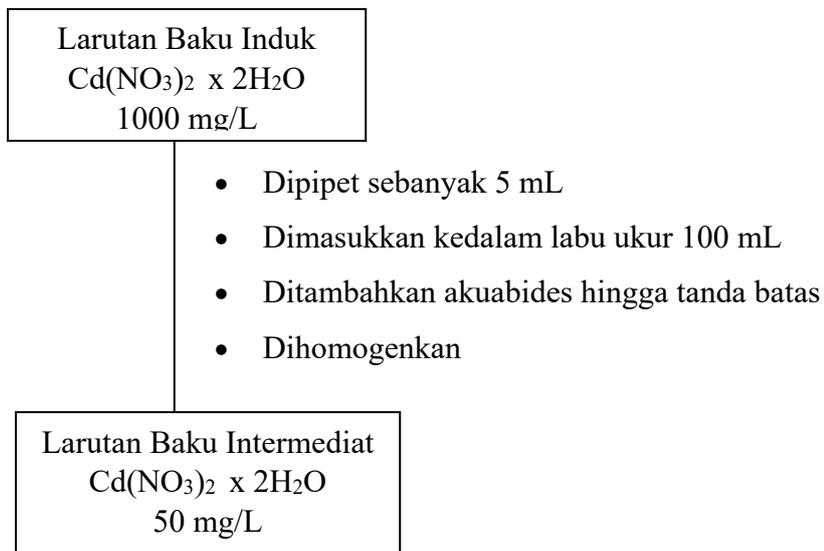


#### 4. Pembuatan Larutan Baku Cd

##### 4.1 Pembuatan Larutan Induk Cd 1000 mg/L

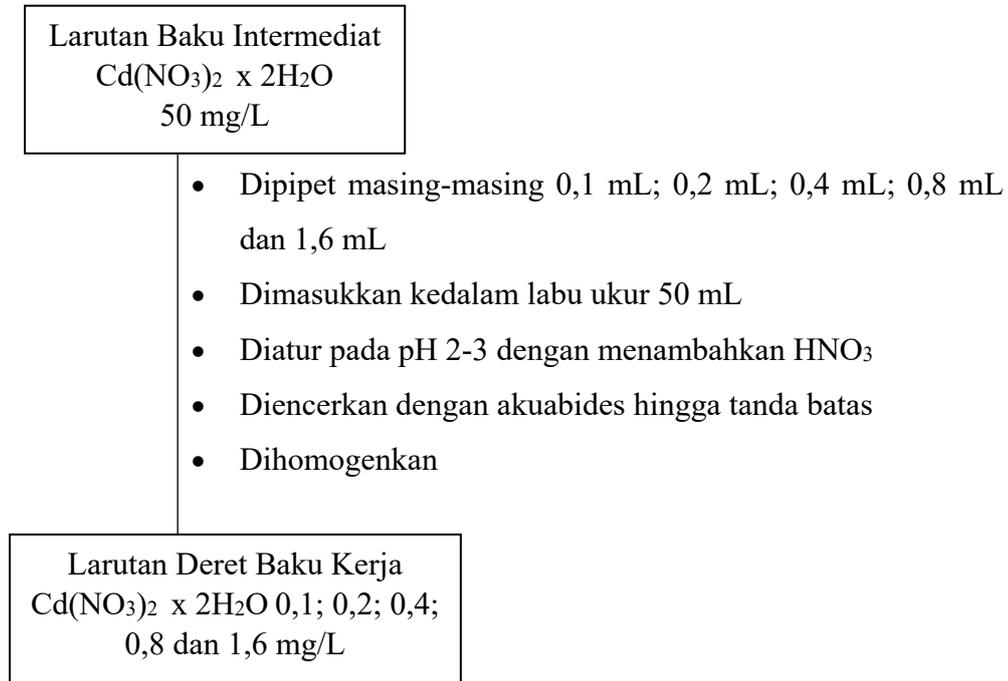


##### 4.2 Pembuatan Larutan Baku Intermediat Cd 50 mg/L

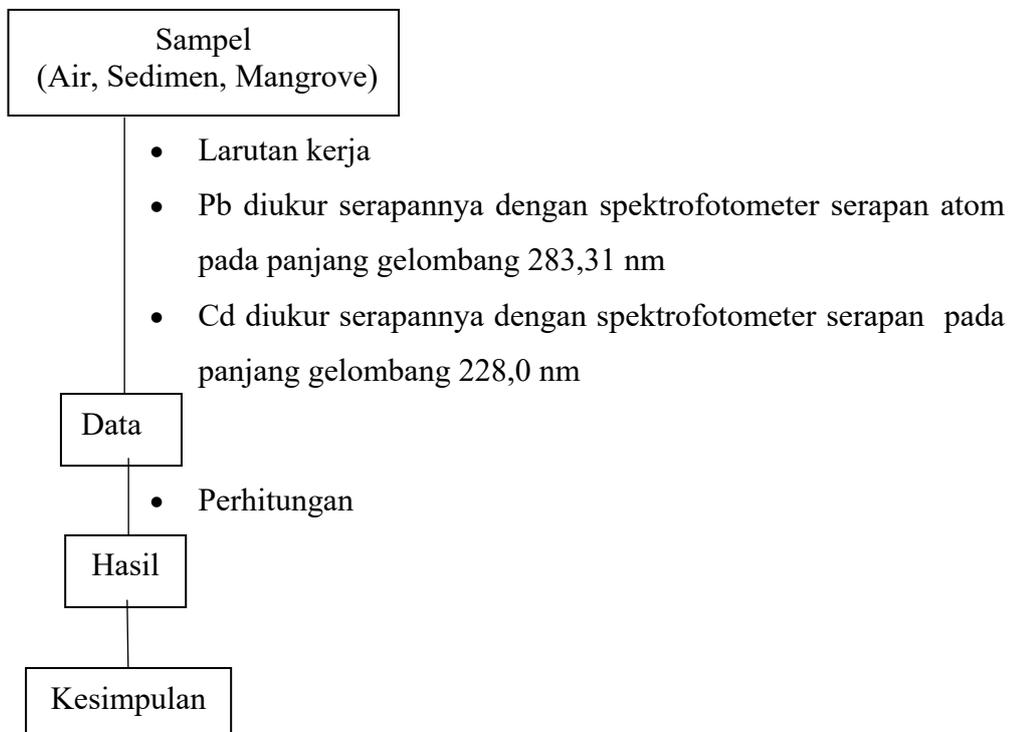


### 4.3 Pembuatan Larutan Kerja

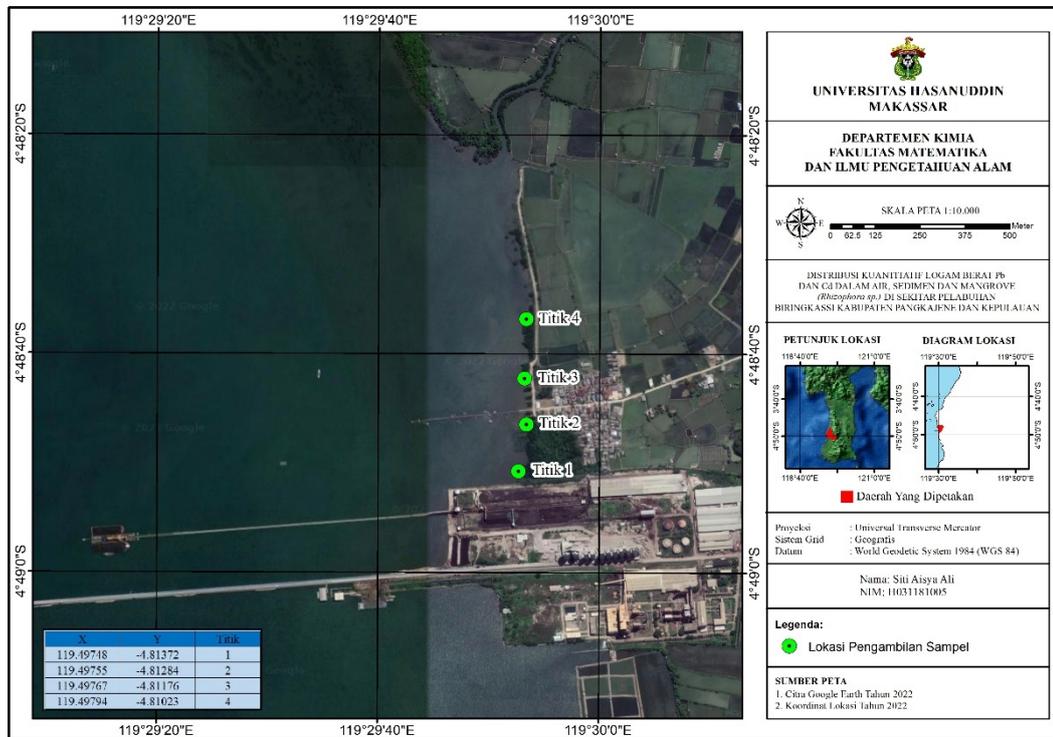
#### 4.3.1 Larutan Deret Baku Kerja



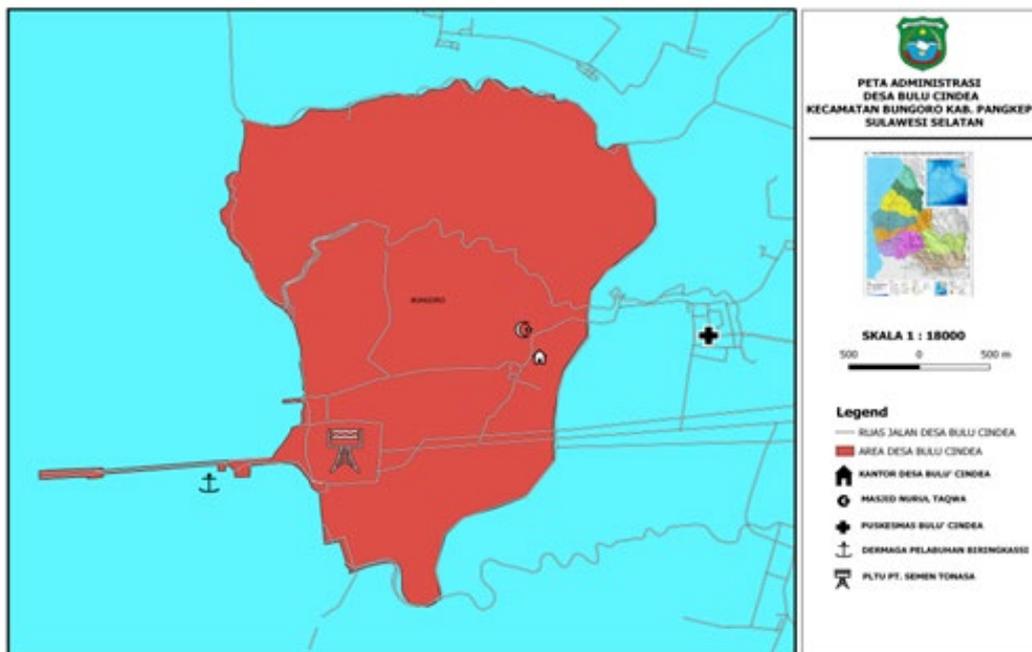
### 5. Analisis Pb dan Cd dengan Spektrofotometri Serapat Atom



Lampiran 3. Gambar



Gambar 5. Peta Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 6. Peta Desa Bulu Cindea

## Lampiran 4. Perhitungan

### a. Perhitungan Kadar Air pada Sedimen dan Mangrove

- **Perhitungan Kadar Air pada Sedimen**

$$\%KA = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

- **Stasiun 1**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(49,7056 - 49,4229) \text{ g}}{(49,7056 - 44,7036) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 5,65\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 2**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(53,6628 - 53,5556) \text{ g}}{(53,6628 - 48,6618) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 2,14\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 3**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(54,9792 - 54,7489) \text{ g}}{(54,9792 - 49,9792) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 4,60\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 4**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(52,6953 - 52,3224) \text{ g}}{(52,6953 - 47,6903) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 7,45\%\end{aligned}$$

• **Perhitungan Kadar Air pada Mangrove**

- **Stasiun 1**

**Akar**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(52,6786 - 50,5155) \text{ g}}{(52,6786 - 47,6676) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 43,16\%\end{aligned}$$

**Batang**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(42,3353 - 40,6076) \text{ g}}{(42,3353 - 37,3333) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 34,54\%\end{aligned}$$

**Daun**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(48,5408 - 45,8376) \text{ g}}{(48,5408 - 43,5328) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 53,97\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 2**

**Akar**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(57,6525 - 55,0102) \text{ g}}{(57,6225 - 52,6285) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 52,59\%\end{aligned}$$

**Batang**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(54,1527 - 52,3521) \text{ g}}{(54,1527 - 49,1497) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 35,99\%\end{aligned}$$

**Daun**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(52,4885 - 49,4377) \text{ g}}{(52,4885 - 47,4835) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 60,95\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 3**

**Akar**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(40,9156 - 38,0192) \text{ g}}{(40,9156 - 35,8946) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 57,68\%\end{aligned}$$

### **Batang**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(52,3583 - 50,1378) \text{ g}}{(52,3583 - 47,3563) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 44,39\%\end{aligned}$$

### **Daun**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(40,4338 - 37,2438) \text{ g}}{(40,4338 - 35,4328) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 63,78\%\end{aligned}$$

## **- Stasiun 4**

### **Akar**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(52,9144 - 49,9482) \text{ g}}{(52,9144 - 47,8904) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 59,04\%\end{aligned}$$

### **Batang**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(40,4815 - 38,3987) \text{ g}}{(40,4815 - 35,4795) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 41,63\%\end{aligned}$$

## Daun

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(55,195 - 51,4008) \text{ g}}{(55,195 - 50,1920) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 75,83\%\end{aligned}$$

### b. Perhitungan Pembuatan Deret Standar Pb dan Cd

- **Pembuatan Larutan Induk Pb 1000 ppm**

$$\text{ppm} = \frac{\text{Ar Pb}}{\text{Mr Pb(NO}_3)_2} \times \frac{\text{massa}}{\text{L}}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{207,2 \text{ g/mol}}{331,2 \text{ g/mol}} \times \frac{\text{massa}}{0,25 \text{ L}}$$

$$\text{massa} = \frac{82800 \text{ mg}}{207,2}$$

$$\text{massa} = 399,6 \text{ mg}$$

$$\text{massa} = 0,3996 \text{ g}$$

- **Pembuatan Larutan Induk Cd 1000 ppm**

$$\text{ppm} = \frac{\text{Ar Cd}}{\text{Mr Cd(NO}_3)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{massa}}{\text{L}}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{112 \text{ g/mol}}{272,42 \text{ g/mol}} \times \frac{\text{massa}}{0,25 \text{ L}}$$

$$\text{massa} = \frac{68105 \text{ mg}}{112}$$

$$\text{massa} = 608,080 \text{ mg}$$

$$\text{massa} = 0,6080 \text{ g}$$

- **Pembuatan Larutan Baku Intermediet Pb dan Cd 50 ppm**

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 \cdot 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 50 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

- **Pembuatan Deret Standar Pb dan Cd**

- Pb 0,1 mg/L

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 \cdot 50 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \cdot 0,1 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 0,1 \text{ mL}$$

- Pb 0,2 mg/L

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 \cdot 50 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ mL}$$

- Pb 0,4 mg/L

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 \cdot 50 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \cdot 0,4 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 0,4 \text{ mL}$$

- Pb 0,8 mg/L

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 \cdot 50 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \cdot 0,8 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 0,8 \text{ mL}$$

- Pb 1,6 mg/L

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 \cdot 50 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \cdot 1,6 \text{ mg/L}$$

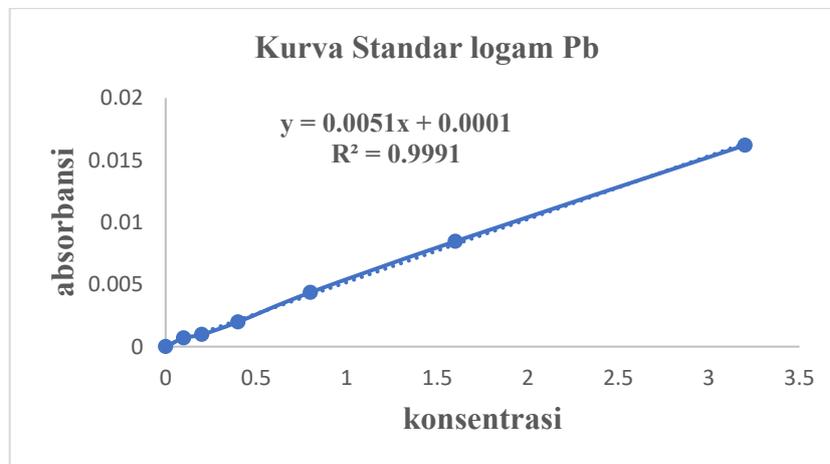
$$V_1 = 1,6 \text{ mL}$$

\* Diulangi pembuatan deret standar Cd dengan menggunakan jumlah takaran volume di atas.

c. Perhitungan Konsentrasi Logam Pb dan Cd pada Air Laut

- Perhitungan Konsentrasi Logam Pb

No.	Volume Standar (mL)	Absorbansi
1	0	0,000000
2	0,1	0,000697
3	0,2	0,000976
4	0,4	0,001988
5	0,8	0,004363
6	1,6	0,008470
7	3,2	0,016204



- Stasiun 1

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0368 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0367}{0,0051}$$

$$x = 7,1960 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{flask}}}{V_{\text{contoh}}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{7,1960 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 1,79 \text{ mg/L}$$

- **Stasiun 2**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0159 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0158}{0,0051}$$

$$x = 3,0980 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{flask}}}{V_{\text{contoh}}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{3,0980 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 0,77 \text{ mg/L}$$

- **Stasiun 3**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0114 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0113}{0,0051}$$

$$x = 2,2156 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{flask}}}{V_{\text{contoh}}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{2,2156 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 0,55 \text{ mg/L}$$

- **Stasiun 4**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0124 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0123}{0,0051}$$

$$x = 2,4117 \text{ mg/L}$$

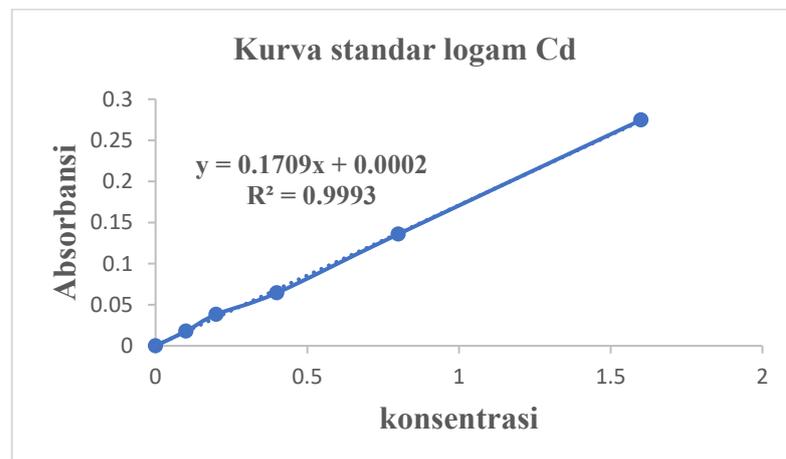
$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{flask}}}{V_{\text{contoh}}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{2,4117 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 0,60 \text{ mg/L}$$

- **Perhitungan Konsentrasi Logam Cd**

No.	Volume Standar (mL)	Absorbansi
1	0	0,000000
2	0,1	0,017773
3	0,2	0,038241
4	0,4	0,064428
5	0,8	0,135852
6	1,6	0,274665



- **Stasiun 1**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,1165 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,1163}{0,1709}$$

$$x = 0,6805 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{flask}}{V_{contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,6805 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{Cd} = 0,17 \text{ mg/L}$$

**- Stasiun 2**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,1104 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,1102}{0,1709}$$

$$x = 0,6448 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{flask}}{V_{contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,6448 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{Cd} = 0,16 \text{ mg/L}$$

**- Stasiun 3**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0965 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0963}{0,1709}$$

$$x = 0,5634 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{flask}}{V_{contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,5634 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{Cd} = 0,14 \text{ mg/L}$$

**- Stasiun 4**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,1085 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,1083}{0,1709}$$

$$x = 0,6337 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{flask}}{V_{contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,6337 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{Cd} = 0,15 \text{ mg/L}$$

**d. Perhitungan Konsentrasi Logam Pb dan Cd pada Sedimen**

**• Perhitungan Konsentrasi Pb**

**- Stasiun 1**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0076 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0075}{0,0051}$$

$$x = 1,4705 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{1,4705 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,013 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 36,52 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 2**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0060 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0059}{0,0051}$$

$$x = 1,1568 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{1,1568 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,011 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 28,76 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 3**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0071 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0070}{0,0051}$$

$$x = 1,3725 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{1,3725 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,025 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 33,88 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 4**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0075 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0074}{0,0051}$$

$$x = 1,4509 \text{ mg/L}$$

$$C \text{ Pb} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C \text{ Pb} = \frac{1,4509 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,005 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C \text{ Pb} = 36,18 \text{ mg/kg}$$

• **Perhitungan Konsentrasi Cd**

- **Stasiun 1**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0235 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0233}{0,1709}$$

$$x = 0,1363 \text{ mg/L}$$

$$C \text{ Cd} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C \text{ Cd} = \frac{0,1363 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,002 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C \text{ Cd} = 3,40 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 2**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0127 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0125}{0,1709}$$

$$x = 0,0731 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0731 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,004 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,82 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 3**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0171 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0169}{0,1709}$$

$$x = 0,0988 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0988 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,001 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 2,46 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 4**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0171 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0169}{0,1709}$$

$$x = 0,0988 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Cd}} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{\text{Cd}} = \frac{0,0988 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cd}} = 2,47 \text{ mg/kg}$$

#### e. Perhitungan Konsentrasi Logam Pb dan Cd pada Akar, Batang dan Daun

- **Perhitungan Konsentrasi Logam Pb**

- **Stasiun 1**

**Akar**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0008 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0007}{0,0051}$$

$$x = 0,1372 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{0,1372 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,002 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 6,8463 \text{ mg/kg}$$

**Batang**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0020 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0019}{0,0051}$$

$$x = 0,3725 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{0,3725 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,004 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 18,5507 \text{ mg/kg}$$

### **Daun**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0028 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0027}{0,0051}$$

$$x = 0,5294 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{0,5294 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,005 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 26,3383 \text{ mg/kg}$$

### **- Stasiun 2**

#### **Akar**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0014 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0.0013}{0.0051}$$

$$x = 0.2549 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{0.2549 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1.011 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 12.6063 \text{ mg/kg}$$

### **Batang**

$$y = 0.0051x + 0.0001$$

$$0.0022 = 0.0051x + 0.0001$$

$$x = \frac{0.0021}{0.0051}$$

$$x = 0.4117 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{\text{Pb}} = \frac{0.4117 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1.009 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Pb}} = 20.4013 \text{ mg/kg}$$

### **Daun**

$$y = 0.0051x + 0.0001$$

$$0.0031 = 0.0051x + 0.0001$$

$$x = \frac{0.0030}{0.0051}$$

$$x = 0.5882 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{0,5882 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,010 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 29,1188 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 3**

**Akar**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0056 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0055}{0,0051}$$

$$x = 1,0784 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{1,0784 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,006 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 53,5984 \text{ mg/kg}$$

**Batang**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0036 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0035}{0,0051}$$

$$x = 0,6862 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{0,6862 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,002 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 34,2415 \text{ mg/kg}$$

**Daun**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0037 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0036}{0,0051}$$

$$x = 0,7058 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{0,7058 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,005 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 35,1144 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 4**

**Akar**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0047 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0046}{0,0051}$$

$$x = 0,9019 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{\text{total}}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{0,9019 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,012 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 44,5602 \text{ mg/kg}$$

### **Batang**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0004 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0003}{0,0051}$$

$$x = 0,0588 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{0,0588 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,003 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 2,9312 \text{ mg/kg}$$

### **Daun**

$$y = 0,0051x + 0,0001$$

$$0,0028 = 0,0051x + 0,0001$$

$$x = \frac{0,0027}{0,0051}$$

$$x = 0,5294 \text{ mg/L}$$

$$C_{Pb} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Pb} = \frac{0,5294 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,013 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Pb} = 26,1303 \text{ mg/kg}$$

- **Perhitungan Konsentrasi Logam Cd**

- **Stasiun 1**

**Akar**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0027 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0025}{0,1709}$$

$$x = 0,0146 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0146 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,011 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 0,7220 \text{ mg/kg}$$

**Batang**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0041 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0039}{0,1709}$$

$$x = 0,0228 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0228 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,008 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,1309 \text{ mg/kg}$$

**Daun**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0044 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0042}{0,1709}$$

$$x = 0,0245 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0245 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,005 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,2189 \text{ mg/kg}$$

## - Stasiun 2

### Akar

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0044 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0042}{0,1709}$$

$$x = 0,0245 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0245 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,009 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,2140 \text{ mg/kg}$$

### Batang

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0053 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0051}{0,1709}$$

$$x = 0,0298 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0298 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,012 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,4723 \text{ mg/kg}$$

### **Daun**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0104 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0102}{0,1709}$$

$$x = 0,0596 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0596 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,015 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 2,9359 \text{ mg/kg}$$

### **- Stasiun 3**

#### **Akar**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0034 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0032}{0,1709}$$

$$x = 0,0187 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0187 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,006 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 0,9294 \text{ mg/kg}$$

### **Batang**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0045 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0043}{0,1709}$$

$$x = 0,0251 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0251 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,255 \text{ mg/kg}$$

### **Daun**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0053 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0051}{0,1709}$$

$$x = 0,0298 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0298 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,002 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,4870 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 4**

**Akar**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0032 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0031}{0,1709}$$

$$x = 0,0175 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0175 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,016 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 0,8612 \text{ mg/kg}$$

**Batang**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0062 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0060}{0,1709}$$

$$x = 0,0351 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0351 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL} \times 10^{-3} \text{ L}}{1,013 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 1,7324 \text{ mg/kg}$$

**Daun**

$$y = 0,1709x + 0,0002$$

$$0,0080 = 0,1709x + 0,0002$$

$$x = \frac{0,0078}{0,1709}$$

$$x = 0,0456 \text{ mg/L}$$

$$C_{Cd} = \frac{C_x \times V_{total}}{\text{gram contoh}}$$

$$C_{Cd} = \frac{0,0456 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,003 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cd} = 2,2731 \text{ mg/kg}$$

## Lampiran 5. Dokumentasi



a. Sampling





b. Preparasi Sampel





c. Destruksi Sampel



d. Hasil destruksi disaring



e. Sampel siap dianalisis



f. Proses analisis sampel dengan menggunakan SSA