

3.5.4.2 Pembuatan Larutan Baku Intermediet Cu 50 mg/L	29
3.5.4.3 Pembuatan Larutan Kerja Sampel Air	29
3.5.4.4 Pembuatan Larutan Kerja Sampel Sedimen dan Mangrove	30
3.5.5 Analisis Zn dan Cu dengan SSA	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Kondisi Fisik dan Kimia Air Laut di Pelabuhan Biringkassi....	31
4.2 Konsentrasi Logam Berat Zn pada Air Laut, Sedimen dan Mangrove	33
4.3 Kandungan logam Zn pada Mangrove (Rhizophora Sp.)	36
4.4 Konsentrasi Logam Berat Cu pada Air Laut, Sedimen dan Mangrove	37
4.5 Kandungan logam Cu pada Mangrove (Rhizophora Sp.)	40
4.6 Distribusi Logam Berat Cu dan Zn dalam Air, Sedimen dan Mangrove	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Kandungan Logam Berat Zn dan Cu pada Sedimen.....	17
2. Kandungan Rata-rata Logam Berat Zn dan Cu pada Daun dan Akar Mangrove	19
3. Peta Parameter Fisika dan Kimia Air Laut di Pelabuhan Biringkassi	31
4. Konsentrasi Logam Berat Zn dalam Air Laut, Sedimen dan Mangrove.	33
5. Konsentrasi Logam Berat Zn dalam Mangrove	35
6. Konsentrasi Logam Berat Cu dalam Air Laut, Sedimen dan Mangrove.	37
7. Konsentrasi Logam Berat Cu dalam Mangrove.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Logam Seng	9
2. Logam Tembaga	11
3. Mangrove (<i>Rhizophora</i> sp.)	18
4. Distribusi Logam Berat Zn pada Air, Sedimen dan Mangrove	41
5. Distribusi Logam Berat Zn pada Air, Sedimen dan Mangrove	42
6. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Penelitian	51
2. Bagan Kerja.....	52
3. Perhitungan	60
4. Peta Lokasi	87
5. Dokumentasi	88

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan

DKP	Dinas Kelautan dan Perikanan
BCF	<i>Bioconcentration Factor</i>
TF	<i>Translocation Factor</i>
SSA	Spektrofotometer Serapan Atom

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Pangkajene dan kepulauan merupakan salah satu wilayah di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki potensi kewilayahan sektor perikanan dan kelautan yang cukup besar. Sesuai dengan namanya yang melekat kata kepulauan, kabupaten Pangkep terdiri atas pulau-pulau kecil sebanyak 115 pulau yang tersebar di gugusan perairan selat Makassar yang secara administratif memiliki luas 12.362,73 km² yang terdiri atas 898,29 km² luas daratan dan 11.564,44 km² luas perairan laut (DKP Pangkep, 2014). Wilayah Pangkep tepatnya pada Kecamatan Bungoro daerah perairan Biringkassi memiliki peranan yang sangat penting bagi masyarakat di sekitarnya, karena sangat mendukung kegiatan perekonomian yang menciptakan kesejahteraan bagi masyarakatnya. Mengingat pentingnya Perairan Biringkassi maka sangat penting untuk tetap menjaga kualitas perairan daerah pesisir tersebut (Ali, 2017).

Pesisir merupakan tempat bertemunya perairan dari darat melalui sungai dan perairan laut (Setiwan, 2013). Empat sungai yang bermuara di perairan Biringkassi, yakni Sungai Pangkajene, Bulu-bulu, Jollo, dan Padang-padangan (Sulfikar dkk., 2014). Limbah pada daerah pesisir biasanya berasal dari kegiatan industri maupun rumah tangga yang dapat membahayakan masyarakat yang bertempat tinggal di sekitarnya (Setiwan, 2013). Daerah pelabuhan Biringkassi banyak dimanfaatkan sebagai lahan industri-industri besar seperti Industri PT. Semen Tonasa (Ali, 2017).

Perkembangan industri di daerah pesisir memberikan dampak yang positif dan dampak negatif. Dampak positif berupa perluasan lapangan pekerjaan, sedangkan dampak negatifnya adalah penurunan kualitas perairan akibat buangan air limbah yang melampaui ambang batas. Pencemaran yang diakibatkan oleh industri harus dapat dikendalikan karena akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun biota di sekitarnya (Setiawan, 2013). Lokasi dari industri-industri besar di Biringkassi berada di dekat pemukiman warga yang bertempat tinggal di Kawasan tersebut tanpa adanya pembatas yang membatasi permukiman dengan lokasi industri (Ali, 2017). Dampak kegiatan oleh aktivitas manusia di daratan inilah yang menyebabkan meningkatnya bahan pencemar yang masuk ke perairan (Riniatsih dkk., 2013).

Berbagai macam bahan pencemar atau limbah yang terbawa oleh aliran hulu dan masuk ke perairan mempunyai potensi tinggi terhadap adanya akumulasi logam berat karena berbatasan langsung dengan daratan dan menjadi tempat penampungan terakhir bagi sungai yang bermuara dan membawa limbah (Setiawan, 2013). Sebagian besar limbah domestik mengandung logam berat, bersifat racun, tahan lama, dan dapat memasuki tubuh atau organ serta tinggal menetap didalam tubuh dalam jangka waktu yang lama dan menjadi limbah yang paling berbahaya yang dapat menimbulkan efek racun (Boran dan Altinok, 2010). Logam berat di perairan dapat membahayakan kehidupan organisme ataupun kesehatan manusia (Ramlia dkk., 2018).

Logam berat terdiri atas logam berat esensial dan non esensial. Logam esensial contohnya seperti tembaga (Cu) dan zink (Zn) sangat dibutuhkan dalam tubuh makhluk hidup namun dalam kadar yang sangat kecil dan sangat berbahaya hingga dapat menyebabkan keracunan pada manusia apabila melebihi ambang batas

(Yudo, 2006). Logam Zn dan Cu dalam air laut bersumber dari aktivitas industri, galangan kapal, aktivitas transportasi darat maupun laut, sarana rekreasi dan pariwisata, buangan limbah rumah tangga yang mengandung logam Zn seperti korosi pipa-pipa air dan produk-produk konsumen (misalnya, formula detergen) yang tidak diperhatikan sarana pembuangannya (Rahmadani dkk., 2015). Dampak akut dari logam berat Cu adalah, pusing, mual, keram perut dampak kronis terjadinya kerusakan organ jaringan seperti gangguan ginjal dan liver. Dampak dari logam Zn dapat mengakibatkan keracunan. Gejala keracunan Zn seperti muntah, kram perut, diare dan mual berkepanjangan (Sekarwati dkk., 2015).

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya karena logam berat tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan. Limbah-limbah yang tidak dapat terdegradasi selanjutnya akan terakumulasi di perairan laut sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan (Setiawan, 2014).

Pada ekosistem perairan, limbah kimia yang masuk ke dalam badan air pada akhirnya dapat terakumulasi dalam sedimen dengan mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara absorpsi dan kombinasi. Berdasarkan hal tersebut, sedimen dapat menjadi indikator yang untuk monitoring kontaminan dalam lingkungan perairan (J. Kruopiene, 2007). Biota air yang hidup dalam perairan yang tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut pada jaringan tubuhnya (Kar dkk., 2008). Jenis vegetasi yang dapat mengakumulasi logam berat adalah mangrove. Hutan mangrove merupakan agen bioremediasi alami karena secara

alami mangrove dapat menyerap kandungan logam berat di alam. Selain itu, mangrove memiliki kemampuan sebagai biofilter yakni kemampuan untuk menyaring, mengikat, dan memerangkap polusi dialam bebas berupa kelebihan sedimen, dan limbah buangan rumah tangga lainnya yang berfungsi dalam meningkatkan kualitas air (Utami dkk., 2018).

Hasil analisis sebelumnya terhadap kandungan logam berat pada beberapa perairan di Indonesia seperti yang telah dilakukan oleh Harlyan dan Sari (2015), pada wilayah Muara Sungai Porong diperoleh kandungan logam berat Cu dan Zn rata-rata di air adalah 0,0226 dan 0,3555 mg/L. Kandungan Cu dan Zn rata-rata di sedimen permukaan adalah 0,3543 dan 0,5653 mg/kg. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Riyanti dkk. (2019), pada mangrove di Pulau Payung, Sumatera Selatan, konsentrasi Zn akar (0,45-4,95 mg/kg) serta Zn daun (2,46-12,76 mg/kg)., Pada Perairan Tanjung Api – Api, hasil penelitian Purwiyanto (2013) menunjukkan bahwa pada akar mangrove mengakumulasi Cu lebih banyak. Rata-rata kandungan logam Cu pada akar dan daun *Avicennia* adalah 0,0035 mg/kg dan 0,0013 mg/kg, sedangkan pada akar dan daun *Rhizophora* adalah 0,0028 mg/kg dan 0,0007 mg/kg.

Hasil untuk analisis kandungan logam berat di daerah Pangkep seperti yang dilakukan oleh Fadirubun dkk (2012), pada sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep diperoleh kandungan logam Cu pada air sungai sebesar 0,055-0,118 mg/L dan pada sedimen sebesar 0,5371-0,8322 mg/kg. Kemudian penelitian yang dilakukan Suntini dkk (2012), pada sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep diperoleh kandungan logam berat Zn pada air sungai yakni 0,002-0,012 mg/L.

Berdasarkan uraian sebelumnya, penelitian tentang distribusi logam berat Zn dan Cu di daerah perairan Biringkassi Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan Sulawesi Selatan perlu dilakukan karena lokasi Biringkassi berpotensi tercemar

logam berat dikarenakan terdapat beberapa pelabuhan dan dekat dengan kawasan industri seperti PT Semen Tonasa. Oleh karena itu, untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat Zn dan Cu di daerah 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 Zn dan Cu yang terkandung dalam sampel air, sedimen, dan tumbuhan mangrove di sekitar Pelabuhan Biringkassi Kabupaten Pangkajenne dan Kepulauan?
2. bagaimana distribusi logam berat Zn dan Cu dalam sampel air, sedimen, dan tumbuhan mangrove di sekitar Pelabuhan Biringkassi Kabupaten Pangkajenne dan Kepulauan?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah menentukan distribusi logam berat Zn dan Cu dalam air, sedimen dan tumbuhan mangrove di sekitar Pelabuhan Biringkassi Kabupaten Pangkajenne dan Kepulauan menggunakan instrumen spektrofotometri serapan atom.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan kadar logam berat Zn dan Cu yang terkandung pada air, sedimen dan tumbuhan mangrove di sekitar Pelabuhan Biringkassi Kabupaten Pangkajenne dan Kepulauan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom,
2. menentukan distribusi logam berat Zn dan Cu dalam sampel air, sedimen dan tumbuhan mangrove di sekitar Pelabuhan Biringkassi Kabupaten Pangkajenne dan Kepulauan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada masyarakat Biringkassi pada umumnya dan masyarakat dilingkungan Pelabuhan Biringkassi Pangkep pada khususnya tentang pentingnya mengetahui bahaya logam berat dan hubungannya dengan biota laut (Mangrove) yang ada di sekitar perairan Biringkassi Pangkep.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat diartikan sebagai logam transisi dengan nomor atom lebih besar dari 20 dan berat jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 (Hardayanto, 2017). Logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai jenis industri. Logam berat merupakan zat pencemar yang berbahaya karena memiliki sifat tidak dapat terdegradasi secara alami dan akan terakumulasi dalam air, sedimen, dan tubuh organisme (Harun dkk., 2008).

Menurut Yudo (2006), menjelaskan bahwa jika logam berat telah diserap oleh tubuh manusia maka tidak dapat dimusnahkan, hanya dapat keluar melalui ekskresi. Hal serupa juga akan terjadi apabila logam berat masuk ke suatu lingkungan terutama pada perairan. Pencemaran logam berat dapat disebabkan dari faktor alam seperti gunung merapi, kebakaran hutan, atau faktor kegiatan manusia seperti proses industri, pertambangan, peternakan dan perkebunan, kegiatan rumah tangga.

Logam berat yang masuk ke perairan muara akan tersebar dan kemudian akan terikat pada partikel tersuspensi dan mengendap ke dasar perairan. Proses sedimentasi logam berat menyebabkan logam berat akan terakumulasi di dalam sedimen sehingga akan menimbulkan dampak ekologis yang membahayakan lingkungan (Harlyan dan Sari, 2015). Toksisitas setiap logam dalam perairan berbeda-beda. Tingginya konsentrasi suatu logam berat, maka keberadaannya akan meningkatkan daya toksisitas, persistensi dan bioakumulasi di lingkungan air maupun sedimen (Lindsey dkk., 2004).

Menurut Rivai (2004) logam berat jika ditinjau dari sudut pandang toksikologinya terbagi menjadi dua jenis yaitu:

1. logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh setiap organisme hidup namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun bagi tubuh organisme hidup. Misalnya logam seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), mangan (Mn) dan lain-lain.
2. logam berat nonesensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh organisme hidup hingga saat ini masih belum diketahui manfaatnya bahkan justru hanya bersifat racun. Misalnya merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) dan lain-lain.

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah yang sering terjadi di perairan pesisir. Wilayah pesisir merupakan daerah perikanan yang sangat penting karena potensial untuk perikanan budidaya dan tangkap. Bahan pencemar logam berat dapat berasal dari kegiatan industri, transportasi, pertambangan dan pertanian yang masuk ke perairan dan akan mempengaruhi kualitas lingkungan perairan sehingga mengakibatkan ekosistem alami wilayah tersebut terganggu (Yennie dan Murtini, 2005).

Logam berat memiliki sifat yang stabil dan tidak mudah terurai sehingga dapat mudah terakumulasi di dalam lingkungan perairan, sedimen dan biota laut. Logam berat pada umumnya bersifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup apabila telah melebihi standar baku mutu, selain itu toksisitas dari polutan tersebut yang menjadi penyebab terjadinya pencemaran lingkungan sekitarnya (Sulfiani dan Alam, 2020). Pencemaran logam berat yang masuk ke lingkungan perairan akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah

sejalan dengan berjalannya waktu, bergantung pada kondisi perairan tersebut (Wulan dkk., 2008).

2.1.1 Seng (Zn)



Gambar 1. Logam Seng (Zn) (Wikipedia.com)

Seng merupakan logam putih kebiruan, logam ini mudah ditempa dan liat pada suhu $110^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$. Seng melebur pada 410°C dan mendidih pada 906°C . Logam Seng (Zn) merupakan unsur dengan nomor atom 30, massa atomnya 65,3 dan terdapat pada golongan IIB dalam sistem periodik unsur kimia (Wahab, 1991). Seng memiliki konfigurasi $(\text{Ar}) 3d^{10} 4s^2$, sehingga seng termasuk unsur logam transisi karena adanya elektron yang menempati kulit d. Seng mudah larut dalam segala jenis asam, tapi seng yang benar-benar murni tidak akan larut dalam asam, kecuali dengan HNO_3 (Wulansari, 2007).

Penggunaan seng yang paling umum adalah sebagai pelapis atap, juga sering digunakan pada perabotan rumah tangga serta merupakan bahan campuran logam. Penggunaan lain dari seng yaitu untuk pembungkus kabel, pembuatan pipa, komponen aki, pelindung radiasi dan sinar X, penyerap suara dan peralatan peralatan (Mulyono, 2001). Dalam jumlah kecil, seng merupakan hal yang penting

untuk metabolisme karena kekurangan seng dapat menyebabkan penghambatan pertumbuhan anak (Sutrisno, 2002).

Seng dibutuhkan oleh tubuh sebagai nutrisi. Tubuh membutuhkan 7-35 mg unsur besi tiap hari, 10-15 mg unsur zink per hari (Sutrisno, 2008). Seng dapat menstimulasi aktivitas 100 macam enzim dan terlibat sebagai kofaktor pada 200 jenis enzim lainnya yang terlibat dalam sejumlah besar enzim yang mengkatalisis reaksi metabolik yang vital. Kekurangan asupan Zn menyebabkan rendahnya sistem imunitas dalam tubuh. Namun, jika jumlah logam Zn dalam perairan melebihi batas ambang yang ditentukan maka akan membahayakan bagi kehidupan organisme itu sendiri karena bersifat toksik (Supriyanti dkk., 2016).

Seng ditemukan pada alpha-macroglobulin yang merupakan protein yang penting pada sistem kekebalan tubuh. Oleh sebab itu seng ini merupakan salah satu mineral yang penting pada sistem kekebalan. Seng juga dapat membantu membersihkan beberapa logam berat dalam tubuh (khususnya Cadmium dan Timbal yang banyak terdapat pada buangan asap kendaraan bermotor). Seng mempunyai peranan penting pada pembelahan dan fungsi sel. Seng juga mempengaruhi reaksi inflamasi di cairan sinovial pada arthritis. Seng terdapat pada produk susu, daging sapi, daging ayam, ikan, dan roti (Herni, 2011).

Seng dalam keadaan tertentu mempunyai toksisitas yang rendah pada manusia tetapi mempunyai toksisitas yang tinggi pada ikan sehingga standar suplai air untuk keperluan domestik kandungan sengnya maksimum 5 mg/L. Toksisitas seng sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, diantaranya temperatur dan tingkat kelarutan O₂ (Tolcin, 2008).

2.1.2 Tembaga (Cu)



Gambar 2. Logam Tembaga (Cu) (Wikipedia.com)

Tembaga di alam bisa ditemukan dalam bentuk logam bebas tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk senyawa padat bentuk mineral. Tembaga ditemukan pada perairan laut dalam bentuk ion persenyawaan seperti CuCO_3 , CuOH dan lain-lain (Widowati dkk., 2008).

Tembaga berasal dari peristiwa pengikisan (erosi) batuan mineral, debu-debu, dan partikulat tembaga dalam lapisan udara yang dibawa turun oleh air hujan. Proses alami memasok tembaga sebesar 325.000 ton per tahun ke dalam badan perairan laut. Jalur nonalamiah tembaga masuk ke dalam lingkungan akibat aktivitas manusia antara lain berasal dari buangan industri yang menggunakan bahan baku tembaga, industri galangan kapal, industri pengolahan kayu serta limbah rumah tangga (Widowati dkk., 2008).

Logam Cu mencemari perairan terutama berasal dari limbah industri dan pertanian akibat dari penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan. Logam Cu yang masuk ke dalam tubuh akan masuk ke peredaran darah dan terdistribusi ke seluruh tubuh. Tembaga (Cu) adalah mikronutrient essensial yang diperlukan oleh tubuh. Tembaga sebagai logam transisi, berperan dalam berbagai macam proses biologi dalam tubuh, misalnya: pertumbuhan embrio, pernapasan

mitokondria, regulasi kadar haemoglobin, hepatosit, dan fungsi syaraf. Pada tubuh manusia terdapat kadar tembaga 50-120 mg dan asupan harian tembaga yang direkomendasikan adalah 2 mg/hari. Kadar tembaga dalam tubuh seseorang dapat berlebih dan dapat juga terjadi defisiensi, tergantung pada distribusi tembaga dalam tubuh. Distribusi tembaga dalam tubuh tergantung pada jenis kelamin, umur dan asupan nutrisi (diet) (Widowati dkk, 2008).

Efek toksik tembaga (Cu) dalam jumlah besar tembaga (Cu) selain dapat menyebabkan kerusakan pada hati (Sutrisno, 2004). Menurut Palar (2004), sesuai dengan sifatnya sebagai logam berat beracun, Cu dapat mengakibatkan keracunan secara akut dan kronis. Pada keracunan kronis, akan menimbulkan penyakit Wilson's, yaitu terjadinya proses degeneratif pada otak dan sirosis pada hati. Penyakit lain yang ditimbulkan yaitu penyakit pada paru-paru.

Munculnya efek toksik logam berat Cu dapat terjadi akibat adanya reaksi antara logam berat dengan komponen intraseluler. Untuk dapat menimbulkan efek toksik pada sel, maka logam berat harus masuk ke dalam sel. Logam berat yang mudah masuk ke dalam sel melalui membran sel adalah logam berat lipofilik, seperti metil merkuri. Setelah masuk ke dalam sel, logam berat dapat mempengaruhi berbagai organel seperti Retikulum Endoplasma (RE) yang mengandung berbagai enzim. Kerja utama logam berat juga adalah menghambat kerja enzim, dan enzim memiliki kerentanan yang berbeda-beda. Kerja logam berat menghambat enzim biasanya terjadi akibat adanya interaksi logam berat dengan gugus sulfida seperti disulfida (-S-S) dan sulfhidril (-SH) pada enzim tersebut. Gugus sulfida mampu mengikat logam berat yang masuk ke dalam tubuh dan terikat di dalam darah, karena logam berat memiliki afinitas yang tinggi terhadap gugus sulfida (Sutamihardja, 2006).

2.2 Pencemaran Logam Berat dalam Perairan

Menurut Undang-Undang No. 1 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau - Pulau Kecil, wilayah pesisir didefinisikan sebagai laut yang berbatasan dengan daratan meliputi perairan sejauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai, perairan yang menghubungkan pantai dan pulau-pulau, estuari, teluk, perairan dangkal, rawa payau, dan laguna. Berdasar definisi tersebut dapat diartikan bahwa perairan pesisir merupakan perairan yang mempunyai potensi tinggi terhadap adanya akumulasi logam berat karena berbatasan langsung dengan daratan dan merupakan tempat bertemunya perairan dari darat melalui sungai dan perairan laut. Dengan demikian, perairan pesisir menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar.

Darmono (2001) mengklasifikasikan beberapa sumber pencemaran logam berat berdasarkan lokasinya :

1. pada perairan estuaria, pencemaran memiliki hubungan yang erat dengan penggunaan logam oleh manusia,
2. pada perairan laut lepas, kontaminasi logam berat biasanya terjadi secara langsung dari atmosfer atau karena tumpahan minyak dari kapal-kapal tanker yang melaluinya,
3. pada perairan sekitar pantai, kontaminasi logam kebanyakan berasal dari muara sungai yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri atau pertambangan.

Menurut Nontji (2002) laut merupakan medium yang tak pernah berhenti bergerak baik dibawah maupun dipermukaannya. Hal inilah yang menyebabkan sirkulasi air, bisa dalam skala kecil maupun skala besar. Logam-logam yang sudah

masuk dalam air laut tentu akan bergerak bersama dengan air laut selama logam itu masih larut dalam air.

Terjadinya pencemaran di perairan laut dapat disebabkan oleh tertimbunnya zat polutan yang berasal dari kegiatan pertambangan, aktivitas pelabuhan, tumpahan minyak dari kapal, limbah rumah tangga dan kegiatan industrialisasi. Limbah-limbah yang tidak dapat terdegradasi selanjutnya akan terakumulasi di perairan laut sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan (Setiawan, 2014)

2.3 Pencemaran Logam Berat dalam Sedimen

Sedimentasi adalah perpindahan material ke daerah pengendapan yang disebabkan karena terjadinya pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser. Semua batuan yang telah diendapkan dari waktu ke waktu oleh erosi dan pelapukan akan membentuk batuan sedimen. Hasil proses sedimentasi itu sendiri dalam konteks hubungan dengan sungai meliputi, penyempitan palung, erosi, transportasi sedimentasi (*transport sediment*), pengendapan (*deposition*), dan pemadatan (*compaction*) dari sedimen itu sendiri. Proses pembentukan sedimen diawali dengan proses pengikisan tanah, terbawa arus, meninggalkan sebagian di tanah dan sebagian lagi masuk ke sungai dan diikat oleh sungai (Pangestu dan Haki, 2013). Sedimen merupakan habitat bagi organisme akuatik dan berfungsi sebagai komponen penting dari ekosistem perairan, akan tetapi sedimen juga merupakan tempat utama bagi polutan kimia beracun yang dilepaskan ke lingkungan (Kruopiene, 2007).

Kondisi sedimen dalam lingkungan perairan sangat berpengaruh terhadap ekosistem perairan melalui proses rantai makanan, Sedimen yang berada didasar perairan merupakan tempat kehidupan biota perairan. Antara lain sebagai tempat

untuk mempertahankan biota-biota perairan seperti tempat bertelur dan sumber makanan. Kandungan logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh ukuran partikel, di mana semakin kecil ukuran partikel sedimen, kandungan logam berat semakin besar. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sahar (2009) mengenai pengukuran terhadap berbagai ukuran partikel sedimen dari empat lokasi sampling, partikel sedimen dengan ukuran > 300 μm mengandung $0,74 - 0,77$ mg/kg Pb dan $0,15-9,24$ mg/kg Cu, sedangkan partikel sedimen yang berukuran < 63 μm mengandung $21,36 - 53,01$ mg/kg Pb dan $104,14 - 132,82$ mg/kg Cu.

Kedalaman sedimen dengan konsentrasi logam memiliki hubungan dan perlu diperhatikan. Menurut Siska (2008) dalam penelitiannya membandingkan konsentrasi logam Pb dan Cu. Kedalaman sedimen 0 cm (permukaan sedimen) mengandung $15,52$ mg/kg Pb dan $35,85$ mg/kg Cu. Sedangkan, pada kedalaman 10 cm mengandung Pb sebesar $13,49$ mg/kg dan Cu sebesar $33,69$ mg/kg , sementara pada kedalaman 20 cm konsentrasi Pb sebesar $11,51$ mg/kg dan Cu sebesar $32,22$ mg/kg .

Konsentrasi tembaga di sedimen pada $35 - 90$ ppm maka dikategorikan sebagai tercemar ringan, sedangkan konsentrasi logam tembaga antara $90 - 190$ ppm maka dikategorikan sebagai tercemar sedang. Konsentrasi tembaga antara $190 - 400$ ppm maka perairan termasuk ke dalam kategori bahaya dan harus segera dilakukan pembersihan sedimen. Sekitar 24% tembaga yang terbawa oleh aliran sungai akan teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan mengendap di perairan estuari. Logam tembaga yang teradsorpsi oleh sedimen bergantung pada ukuran partikel, pH, salinitas dan kehadiran ligan organik maupun unsur Fe dan Mn oksida (Sanusi, 2006).

Tabel 1. Data Kandungan Logam Berat Zn dan Cu pada Sedimen

Logam Berat	Lokasi	Kandungan Logam (mg/kg)	Referensi
Zn	Pelabuhan Poetere	133,09	Kadir, 2022
	Muara Sungai Tallo	0,0733	Noor dkk., 2021
	Jeneberang	0,0937	Noor dkk., 2021
	Perairan Bantaeng	117,05	Yaqin dkk., 2014
Cu	Pelabuhan Poetere	32,63	Kadir, 2022
	Perairan Bantaeng	753,82	Yaqin dkk., 2014
	Teluk Bone	10,39	Setiawan dan Subiandono, 2015
	Pare-Pare	12,25	Setiawan dan Subiandono, 2015

2.4 Mangrove (*Rhizophora* sp.)

Indonesia memiliki hutan mangrove dengan keanekaragaman hayati terbesar (megabiodiversity). Perkiraan luas hutan mangrove di Indonesia 3,5 juta ha, sehingga Indonesia merupakan wilayah mangrove terbesar di dunia yaitu 18-23%. Hutan mangrove ditemukan diseluruh kepulauan Indonesia 673.000 ha. 19% berada di Sumatera, salah satunya di pesisir Kuala Langsa, propinsi Aceh dengan luas mangrove 7000 ha (Elfrida dkk., 2020).



Gambar 3. Tumbuhan Mangrove (*Rhizophora sp*)

Klasifikasi mangrove menurut Khusni (2018) sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Bangsa : Myrtales

Famili : Rhizophoraceae

Marga : Rhizophora

Spesies : Rhizophora sp.

Terdapat tiga jenis yang tergolong dalam marga ini, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa*. Jenis-jenis ini dikenal dengan nama bakau, dan merupakan jenis yang umum di hutan mangrove. Pohon-pohon jenis ini mudah dikenal karena bentuk perakarannya yang menyerupai jangkar, tinggi pohon dewasa dapat mencapai 30-40 m, batangnya besar dan daunnya selalu hijau mengkilap permukaannya (Khusni, 2018).

Tabel 2. Kandungan Rata-rata Logam Berat Zn dan Cu pada Daun dan Akar Mangrove

No	Lokasi	Kandungan Logam Berat (mg/kg)				Referensi
		Zn		Cu		
		Akar	Daun	Akar	Daun	
1	Kuala Langsa	35,833	0,598	0,0008	0,0008	Elfrida dkk., 2020
2	Muara Angke	99,88	54,22	22,04	10,07	Hamzah dan Setiawan, 2010
3	Pesisir Kota Batam	34,99	36,08	8,47	7,88	Barutu dkk., 2014

Mangrove dapat dijadikan sebagai bioindikator tingkat pencemaran logam berat dalam lingkungan perairan. Monitoring pada organisme hidup atau dikenal sebagai bioindikator, yaitu penggunaan jenis organisme tertentu yang dapat mengakumulasi bahan-bahan pencemar yang ada sehingga mewakili keadaan di dalam lingkungan hidupnya (Rashed, 2007). Mangrove berfungsi sebagai agen bioremediasi alami karena secara alami mangrove dapat menyerap kandungan logam berat di alam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd dan fungsi ini disebut sebagai biosorpsi (Hastuti et al., 2013).

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya. Mangrove sebagai vegetasi endemik yang hidup di antara transisi daerah laut dan daratan di kawasan pesisir, keberadaan hutan mangrove menjadi penting sebagai sabuk hijau bagi area pesisir dan sekitarnya. Mangrove memiliki banyak fungsi fisik, ekonomi, sosialbudaya, dan lingkungan bagi masyarakat dan kawasan pesisir.

Akar-akar mangrove yang kokoh akan dapat menangkap sedimen dan mencegah abrasi. Selain itu, mangrove pun dapat berperan sebagai pelindung dari gelombang pasang yang biasanya seringkali dihadapi mereka yang tinggal di dekat laut. Selain itu kelestarian hutan mangrove memberikan kontribusi terhadap keberlanjutan keragaman biota yang berasosiasi dengan mangrove (Khaeruddin dkk., 2018).

Hutan mangrove menyajikan sumber daya alam hayati yang harus dilestarikan. Hutan mangrove berperan mempertahankan fungsi ekologis dan penyangga kestabilan ekosistem wilayah pesisir. Hutan mangrove dapat menyerap berbagai polutan yang masuk kedalam perairan. Mangrove memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dalam habitat sehingga dapat bertahan hidup dengan kondisi yang tercemar. Sistem perakaran tumbuhan mangrove dapat menyerap akumulasi logam berat di lingkungan perairan, sehingga polutan di hutan mangrove dapat berkurang (Heriyanto dan Subiandono, 2011).

Habitat mangrove tergolong khas sehingga tidak banyak jenis tumbuhan yang mampu hidup dalam kondisi tersebut. Jumlah jenis mangrove di Indonesia mencapai 89 jenis yang terdiri dari 35 jenis pohon, 5 jenis terna, 9 jenis perdu, 9 jenis liana, 29 jenis epifit, dan 2 jenis parasit. Dari 35 jenis pohon tersebut, yang umum dijumpai di pesisir pantai adalah *Avicennia sp*, *Sonneratia sp*, *Rizophora sp*, *Bruguiera sp*, *Xylocarpus sp*, *Ceriops sp*, dan *Excoecaria sp* (Sulastini, 2011).

Tumbuhan mangrove, yang secara umum tumbuh pada lingkungan muara dan tepi pantai yang merupakan tempat penumpukan sedimen yang berasal dari sungai, memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terbawa didalam sedimen sebagai sumber hara yang dibutuhkan untuk melakukan proses-proses metabolisme (Handayani, 2006).

Mangrove memiliki pengaruh dalam penanggulangan materi toksik lain di antaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan kandungan logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi kandungan logam berat di dalam tubuhnya (Halidah, 2014)

Melalui akarnya, vegetasi mangrove dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun air. Mangrove memiliki kemampuan dalam menyerap bahan-bahan organik dan non organik dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Proses ini merupakan bentuk adaptasi mangrove terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Mangrove melalui akarnya, vegetasi ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air (Barutu dkk., 2014).

Menurut Siahaan dkk. (2013), mengungkapkan bahwa dua mekanisme sistem pengangkutan utama logam berat pada tumbuhan adalah melalui xilem (xylem transport) dan floem (phloem transport). Disampaikan pula bahwa efek adanya logam dalam pergerakan dan komposisi air yang diangkut oleh pembuluh xilem dan floem juga dapat berpengaruh pada respon tumbuhan terhadap daya racun logam. Secara praktis tumbuhan dapat berfungsi sebagai biofilter logam berat. Banyaknya akumulasi pada daun biasanya merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan yaitu mengumpulkan dalam satu organ baik intraseluler

maupun ekstraseluler yang bias juga terjadi pada daun atau merupakan salah satu proses ekskresi secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif dengan akumulasi pada daun dengan ditandai lepasnya daun tua (Yulianto dkk, 2006).

Kandungan logam berat pada daun muda lebih sedikit dibandingkan dengan daun tua disebabkan daun muda sulit mengabsorpsi daripada daun yang sudah tua. Mekanisme yang terjadi pada tumbuhan adalah mengakumulasi ion-ion yang berlebih dalam daun tua, yang akhirnya diikuti dengan abisisi (pengguguran) daun. Perbedaan diameter batang pohon menentukan banyaknya logam berat dan zat-zat lain yang terakumulasi didalam pohon tersebut. Senyawa yang larut dalam air diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar (Kanvel, 2013).

Harlyan dan Sari (2015) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa wilayah Muara Sungai Porong diduga berpotensi mengandung logam berat Cu dan Zn yang berasal dari aktivitas antropogenik dan industri di sekitar Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Logam berat Cu di perairan muara sungai porong ditemukan dengan konsentrasi rata-rata 0,0226 mg/L. Nilai tersebut sudah berada di atas nilai ambang batas yang dipersyaratkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 51 Tahun 2004 Lampiran 3 tentang kualitas air laut untuk biota laut. Konsentrasi rata-rata logam berat terlarut Zn di perairan Muara Sungai Porong adalah 0,3555 mg/L. Beberapa industri yang menggunakan Zn dalam produksinya seperti industri elektronik dan elektroplating berlokasi di sekitar Sungai Porong yang berpotensi menghasilkan limbah logam berat Zn.

Menurut Riyanti dkk. (2019) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa konsentrasi Zn dalam sedimen dan mangrove di Pulau Payung masih di bawah nilai baku mutu. Konsentrasi Zn sedimen (13,35–22,61 mg/kg) kondisi ini belum

melewati ambang batas baku mutu. Konsentrasi Zn akar (0,45-4,95 mg/kg) serta Zn daun (2,46-12,76 mg/kg), Nilai BCF akar (0,15-0,24), BCF daun (0,30-0,59), dan nilai TF (1,69-2,47). Hal ini menunjukkan bahwa mangrove di Pulau Payung mengakumulasi logam berat secara sedang, dan tumbuhan dapat mentranslokasikan logam berat secara efektif.

Menurut Purwiyanto (2013) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa pada akar mangrove mengakumulasi Cu lebih banyak. Rata-rata kandungan logam Cu pada akar dan daun *Avicennia* adalah 0,0035 ppm dan 0,0013 ppm, sedangkan pada akar dan daun *Rhizophora* adalah 0,0028 ppm dan 0,0007 ppm. Akumulasi tersebut belum melebihi ambang batas karena mangrove dapat menyerap Cu hingga 15 ppm. Akumulasi Cu pada *Avicennia* yang lebih tinggi dibandingkan *Rhizophora* menunjukkan bahwa zona terdepan hutan mangrove mengakumulasi logam berat lebih banyak dibandingkan zona mangrove di belakangnya. Menurut Heriyanto dan Subandiono (2011) dalam penelitiannya menyatakan bahwa akumulasi terbesar Cu (tembaga) pada umumnya terdapat pada bagian akar dan batang.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air laut, sedimen, mangrove (*Rhizophora stylosa.*), HNO₃ 63%, larutan standar Zn(NO₃)₂.4H₂O p.a dan Cu(NO₃)₂.5H₂O 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*, GPS, 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 dilakukan pada bulan 26 Maret – 19 April 2022. Pengambilan sampel bertempat di sekitar Pelabuhan Biringkassi Desa Bulu Cindea Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

3.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dilakukan setelah survey lokasi, hal ini untuk mengetahui kondisi lapangan serta untuk memastikan jenis mangrove yang ada di pantai Biringkassi Kecamatan Bungoro dengan mempertimbangkan adanya akumulasi logam berat yang tinggi. Penentuan stasiun berdasarkan lokasi hidup dari mangrove yang berada pada daerah perairan Biringkassi Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Lampiran 4.

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 HNO₃ 63% 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 4 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 kedalam plastik sampel dan dibawa ke laboratorium.

3.5.2 Preparasi Sampel

3.5.2.1 Preparasi Sampel Air (SNI 6989.6:2009 dan SNI 6989.7:2009)

Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Preparasi dimulai dengan memipet sampel sebanyak 100 mL ke dalam gelas kimia 250 mL, ditambahkan 5 mL HNO₃ 63% dan dipanaskan perlahan-lahan hingga volumenya 15-20 mL kemudian ditunggu sampai dingin. Sampel yang sudah dingin disaring menggunakan kertas saring *Whatman* no. 42 ke dalam terdapat labu ukur 50 mL, sampel air diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO₃, 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 gram, lalu dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL, kemudian ditambahkan HNO₃ p.a sebanyak 20 mL dan dipanaskan hingga sampel menjadi 10 mL setelah itu ditunggu sampai dingin. Setelah dingin, sampel sedimen ditambahkan 5 mL HNO₃ p.a dan 4 mL HClO₄ p.a, kemudian sampel 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 HNO₃, kemudian ditambahkan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan. Larutan sampel sedimen siap dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (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, batang dan daun yang telah halus masing-masing ditimbang dengan teliti sebanyak 1 g, kemudian ditambahkan HNO₃ 6 M sebanyak 5 mL dan H₂O₂ 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 HNO₃. Sampel kemudian ditambahkan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

Larutan sampel mangrove siap dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.5.3 Pembuatan Larutan Baku Zn

3.5.3.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Zn 1000 mg/L

Zink Nitrat Tetrahidrat ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 0,9992 g ditimbang dengan teliti lalu dilarutkan dengan akuabides, selanjutnya dimasukkan dalam labu ukur 250 mL, kemudian diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HNO_3 dan dihimpitkan menggunakan akuabides. Larutan induk ini setara dengan 1000 mg/L.

3.5.3.2 Pembuatan Larutan Baku Intermediet Zn 50 mg/L

Larutan baku intermediet Zn 50 mg/L, dibuat dengan cara memipet 5 mL larutan baku Zn 1000 mg/L kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 100 mL, kemudian dihimpitkan dengan akuabides.

3.5.3.3 Pembuatan Larutan Kerja Sampel Air

Larutan baku intermediet Zn 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_3 lalu diencerkan hingga tanda batas menggunakan akuabides untuk variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 dan 1,6 mg/L.

3.5.3.4 Pembuatan Larutan Kerja Sampel Sedimen dan Mangrove

Larutan baku intermediet Zn 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_3 . Kemudian diencerkan hingga tanda batas

menggunakan akuabides untuk variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 dan 1,6 mg/L.

3.5.4 Pembuatan Larutan Baku Cu

3.5.4.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Cu 1000 mg/L

Tembaga Nitrat Pentahidrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 1,0925 g ditimbang dengan teliti lalu dilarutkan dengan akuabides, selanjutnya dimasukkan dalam labu ukur 250 mL, kemudian diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HCl dan dihipitkan menggunakan akuabides. Larutan induk ini setara dengan 1000 mg/L.

3.5.4.2 Pembuatan larutan baku intermediet Cu 50 mg/L

Larutan baku intermediet Cu 50 mg/L, dibuat dengan cara memipet 5 mL larutan baku Cu 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 Sampel Air

Larutan baku intermediet Cu 50 mg/L dipipet masing-masing 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,8 mL dan 1,6 mL kedalam labu ukur 50 mL, diatur pada pH 2-3 dengan menambahkan HCl. Kemudian sampel diencerkan hingga tanda batas menggunakan akuabides untuk variasi konsentrasi 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 dan 1,6 mg/L.

3.5.4.4 Pembuatan Larutan Kerja Sampel Sedimen dan Mangrove

Larutan baku intermediet Cu 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_3 . Kemudian 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 Zn dan Cu dengan Spektroskopi Serapan Atom

Analisis logam berat pada sampel dilakukan menggunakan metode spektrofotometri berdasarkan prosedur SNI 2354.5:2011 untuk logam Zn dan Cu dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS), di mana lampu katoda sebagai sumber radiasi. Analisis logam berat Zn dan Cu menggunakan campuran udara dan asetilena sebagai bahan bakar, dengan panjang gelombang Zn adalah 213,9 nm dan Cu 249,2 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 Fisik dan Kimia Air Laut di Pelabuhan Biringkassi

Tabel 3. Parameter Fisika dan Kimia Air Laut di Pelabuhan Biringkassi

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)

Tabel 3 memperlihatkan kondisi fisik dan kimia yang telah diamati pada stasiun I, II, III dan IV daerah Pelabuhan Biringkassi yang meliputi pH, suhu dan salinitas. Lokasi tempat pengambilan sampel pada stasiun I terletak di dekat pelabuhan dengan koordinat LS: 4° 81' 3,72'' dan BT: 119° 49' 7,48''. Stasiun II terletak disekitar dermaga nelayan dengan titik koordinat LS: 4° 81' 2,84'' dan BT: 119° 49' 7,55''. Stasiun III berada di sekitar daerah pemukiman, titik koordinat LS: 4° 81' 1,76'' dan BT: 119° 49' 7,67''. Stasiun IV berada dikawasan wisata mangrove, titik koordinat LS: 4° 81' 0,23'' dan BT: 119° 49' 7,94''.

Suhu pada lokasi penelitian berkisar antara 30°C sampai 31°C, suhu masih memenuhi standar baku mutu air laut untuk biota laut yaitu 28-32°C (PP No. 22, 2021). Menurut Fauziah (2012) peningkatan suhu perairan cenderung meningkatkan akumulasi dan toksisitas logam berat, hal ini terjadi karena

meningkatnya laju metabolisme dari organisme air. Suhu perairan dapat berpengaruh terhadap penguraian daun pada mangrove, produksi daun baru terjadi pada suhu 26-28°C, apabila suhu lebih tinggi maka produksi menjadi berkurang (Alwidakdo dkk., 2014).

Keasaman (pH) air hasil pengukuran keempat stasiun berkisar 7-7,5. Hasil tersebut termasuk dalam kategori sesuai untuk pertumbuhan biota perairan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.51 Tahun 2019 yaitu pada interval 6,5-8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa mengganggu metabolisme dan respirasi organisme hidup di perairan tersebut (Alwidakdo dkk., 2014). Menurut Deri dkk. (2013) penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar dimana sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan yang sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.

Nilai salinitas pada lokasi penelitian berkisar 30-33‰, nilai ini masih baik untuk biota laut berdasarkan (PP No. 22:2021) menetapkan nilai ambang batas salinitas untuk biota laut adalah salinitas alami ($\pm < 5$ variasi alami) dan untuk mangrove sampai dengan 34‰. Menurut Deri dkk., (2013) nilai salinitas perairan laut dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat.

Kondisi lingkungan tiap stasiun berbeda-beda, hal ini dapat dipengaruhi oleh lokasi pengambilan sampel. Stasiun I terletak pada lokasi yang dekat dengan daerah pelabuhan industri PT. Semen Tonasa dan PLTU Tonasa, stasiun II dan III terletak pada lokasi yang dekat dengan dermaga nelayan dan pemukiman rakyat, dan untuk stasiun IV Terletak pada lokasi yang dekat dengan daerah rekreasi dan wisata

mangrove serta merupakan stasiun yang paling dekat dengan aliran sungai ke laut. Sedimen pada stasiun I, II, dan IV masuk dalam kategori sedimen lumpur, pada stasiun II termasuk dalam kategori sedimen berpasir.

4.2 Konsentrasi Logam Berat Zn pada Air Laut, Sedimen dan Mangrove

Tabel 4. Konsentrasi Logam Berat Zn dalam Air Laut, Sedimen dan Mangrove

Lokasi	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/kg berat kering)	
	Air	Sedimen	Mangrove
Stasiun I	0,18	92,89	46,77
Stasiun II	0,24	82,67	42,99
Stasiun III	0,21	88,06	39,16
Stasiun IV	0,20	78,57	36,44

Tabel 4 menunjukkan konsentrasi logam Zn pada air, sedimen dan mangrove. Konsentrasi logam Zn dalam air laut Pelabuhan Biringkassi berkisar antara 0,18 mg/L – 0,24 mg/L. Merujuk pada nilai baku mutu untuk kandungan logam Zn pada air laut menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 yakni untuk perairan pelabuhan sebesar 0,1 mg/L dan untuk wisata bahari sebesar 0,095 mg/L. Maka stasiun I, II, III dan IV tercemar logam berat Zn karena telah melewati ambang batas. Kadar logam Zn yang paling tinggi ditemukan pada stasiun II jika dibandingkan antara stasiun I, III dan IV. Kandungan logam Zn yang tinggi pada stasiun II diduga karena pada stasiun ini berdekatan dengan daerah pemukiman dan dermaga nelayan sehingga diduga limbah rumah tangga dan aktivitas di dermaga yang berpotensi mengandung logam Zn terbuang dan masuk ke lingkungan perairan.

Kandungan logam berat Zn yang berada dalam perairan tidak terlepas dari aktivitas manusia yang berada di sekitar perairan tersebut dengan membuang limbah rumah tangga seperti kaleng-kaleng bekas dan deterjen yang tidak diperhatikan sarana pembuangannya yang kemudian masuk ke laut ataupun korosi pipa-pipa air. Adanya dermaga yang menjadi pusat transportasi laut masyarakat sekitar juga diperkirakan ikut menyumbangkan logam berat ke perairan laut. Menurut Kennedy (2014) logam berat dalam suatu perairan juga dipengaruhi oleh pola arus dalam penyebarannya karena arus perairan menyebabkan logam berat yang terlarut dalam air akan menyebar ke segala arah.

Konsentrasi logam Zn dalam sedimen Pelabuhan Biringkassi berkisar antara 78,57 mg/kg – 92,89 mg/kg. Nilai baku mutu untuk kandungan logam Zn pada sedimen menurut *Recommended Sediment Quality Guideline Values* oleh *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC) yakni 200 mg/kg. Konsentrasi logam Zn pada sedimen di stasiun I, II, III dan IV masih tergolong rendah, sehingga masih baik bagi pertumbuhan mangrove. Kadar logam Zn yang paling tinggi ditemukan pada sedimen stasiun I jika dibandingkan dengan stasiun II, III dan IV. Menurut Hamzah dan Setiawan (2010) sifat Zn yang mudah terabsorpsi oleh partikel tersuspensi sehingga mengalami sedimentasi menyebabkan Zn ditemukan tinggi di sedimen dibandingkan logam berat lain,

Kandungan logam Zn yang tinggi pada stasiun I karena stasiun ini paling dekat dengan wilayah industri dimana terdapat pelabuhan laut sebagai lokasi mengirim semen ke seluruh Indonesia, hingga ke luar negeri, sehingga banyak kapal-kapal besar yang berlabuh dimana logam zink (Zn) merupakan salah satu unsur yang digunakan sebagai bahan zat warna dalam cat kapal dan melapisi besi (*electroplating*) untuk melindungi dari korosi (Palar, 2012). PT Semen Tonasa juga

membangun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan bahan bakar utama batubara. Limbah PLTU ini diduga mengalir ke laut dan di sekitar perairan tersebut. Kandungan logam yang tinggi pada sedimen juga dapat dipengaruhi oleh ukuran butir sedimen, dimana sedimen yang berlumpur lebih besar kandungan logam beratnya dibandingkan dengan tipe sedimen campuran yang berlumpur dan berpasir, dan tipe sedimen berpasir lebih kecil kandungan logamnya dibandingkan dengan tipe sedimen berlumpur dan berpasir. Tingginya kandungan bahan organik dalam sedimen juga meningkatkan konsentrasi dan akumulasi logam yang terikat dalam sedimen (Suryani dkk., 2018). Berdasarkan Tabel 1 mengenai data kandungan logam berat di sedimen, dapat dibandingkan kandungan logam berat Zn yang terdapat pada daerah Pelabuhan Poetere dan Perairan Bantaeng masih tinggi dibandingkan pada daerah pelabuhan Biringkassi.

Konsentrasi logam Zn dalam mangrove Pelabuhan Biringkassi berkisar antara 36,44 mg/kg – 46,77 mg/kg. Baku mutu untuk mangrove tidak dapat dikatakan melebihi ambang batas atau tidak, karena sampai saat ini belum ada literatur mengenai hal itu. Mangrove memiliki kemampuan menyerap logam bervariasi tergantung dari jenis mangrove dan tipe jaringan yang dimiliki oleh mangrove tersebut (Farhan dan Razif, 2017). Sampel mangrove pada penelitian ini adalah *Rhizophora stylosa*, dimana mangrove jenis ini memiliki sistem pengakaran yang mencuat dari batang pohon dan dahan paling bawah serta menyebar luas ke permukaan tanah sehingga mampu menyerap kandungan logam berat di lingkungan perairan yang lebih banyak.

4.3 Kandungan logam Zn pada Mangrove (*Rhizophora stylosa*)

Tabel 5. Konsentrasi Logam Berat Zn dalam Mangrove

Lokasi	Konsentrasi (mg/kg berat kering)			Total
	Akar	Kulit Batang	Daun	
Stasiun I	14,08	14,06	18,63	46,77
Stasiun II	12,91	12,70	17,38	42,99
Stasiun III	13,15	11,47	14,53	39,16
Stasiun IV	12,96	9,77	13,71	36,44

Tabel 5 memperlihatkan perbandingan konsentrasi logam pada akar, kulit batang dan daun mangrove. Konsentrasi logam Zn pada stasiun I, II, III dan IV cenderung terakumulasi paling banyak pada daun. Banyaknya akumulasi pada daun biasanya merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan mangrove yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat dalam satu organ baik intraseluler maupun ekstraseluler seperti pada daun tua sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuh mangrove (Yulianto dkk., 2006).

Menurut Khairuddin dkk. (2018) upaya penanggulangan toksik diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi), dari hasil perhitungan kadar air yang diperoleh juga menunjukkan bahwa daun di semua stasiun memiliki kadar air paling tinggi dibandingkan akar dan batang mangrove.

Menurut Riyanti dkk. (2019) akumulasi logam berat Zn pada daun umumnya lebih besar jika dibandingkan pada akar. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Soemirat (2003) dan Barutu dkk, (2014) di Pesisir Kota Batam bahwa akumulasi logam berat Zn pada daun umumnya lebih besar jika dibandingkan pada akar. Hal ini diduga karena daun lebih mudah mengabsorpsi unsur hara. Umumnya mekanisme yang terjadi pada tumbuhan adalah mengakumulasi ion-ion berlebih dalam daun yang pada akhirnya diikuti dengan proses absisi.

4.4 Konsentrasi Logam Berat Cu pada Air Laut, Sedimen dan Mangrove

Tabel 6. Konsentrasi Logam Berat Cu dalam Air Laut, Sedimen dan Mangrove

Lokasi	Konsentrasi (mg/L)	Konsentrasi (mg/kg berat kering)	
	Air	Sedimen	Mangrove
Stasiun I	0,17	23,21	37,10
Stasiun II	0,18	12,84	29,72
Stasiun III	0,17	19,33	84,08
Stasiun IV	0,18	21,46	94,53

Tabel 6 menunjukkan konsentrasi logam Cu pada air, sedimen dan mangrove. Konsentrasi logam Cu dalam air laut Pelabuhan Biringkassi berkisar antara 0,17 mg/L – 0,18 mg/L. Merujuk pada nilai baku mutu untuk kandungan logam Cu pada air laut menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 yakni untuk perairan pelabuhan sebesar 0,05 mg/L dan untuk wisata bahari sebesar 0,05 mg/L. Oleh sebab itu, status stasiun I, II, III dan IV telah tercemar logam berat Cu karena telah melewati ambang batas.

Kadar logam Cu yang paling tinggi ditemukan pada stasiun I dan III. Kandungan logam Cu yang tinggi pada stasiun I dan III karena stasiun I merupakan wilayah paling dekat daerah industri dan stasiun III daerah yang dekat pemukiman dan dermaga rakyat. Menurut Supriyantini dan Soenardjo (2016) konsentrasi logam berat pada perairan cenderung dinamis dan berada dalam bentuk partikulat serta mudah mengalami proses perpindahan sehingga nilai konsentrasinya cenderung lebih rendah dan tidak stabil. Logam berat Cu yang masuk ke perairan sebagai akibat dari aktivitas manusia, contohnya galangan kapal dimana Logam Cu digunakan sebagai bahan *antifouling* pada cat-cat kapal nelayan (Purwiyanto, 2013).

Konsentrasi logam Cu dalam sedimen Pelabuhan Biringkassi berkisar antara 12,84 mg/kg – 23,21 mg/kg. Nilai baku mutu untuk kandungan logam Cu pada sedimen menurut *Recommended Sediment Quality Guideline Values* oleh *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council* (ANZECC) yakni 65 mg/kg. Konsentrasi ion logam Cu pada sedimen di stasiun I, II, III dan IV masih tergolong rendah. Kadar logam Cu yang paling tinggi ditemukan pada sedimen stasiun I jika dibandingkan dengan stasiun II, III dan IV. Tingginya konsentrasi logam Cu pada stasiun I dikarenakan sebagai akibat dari aktifitas manusia, sebagai contoh adalah buangan industri yang memakai Cu dalam proses produksinya, misalnya industri galangan kapal dan aktivitas bongkar muatan kapal-kapal besar. Proses pemeliharaan permukaan kapal melalui pembersihan dan pelapisan permukaan kapal salah satu materialnya menggunakan logam berat tembaga (Hidayat, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam Cu pada air lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan logam Cu pada sedimen. Hal tersebut disebabkan oleh sifat logam berat yang mudah mengendap dan berikatan dengan bahan organik. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Supriyantini dan Seonardjo (2015) bahwa secara umum kandungan logam berat Cu didalam air memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan yang ada di sedimen. Hal ini disebabkan karena logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap didasar perairan dan berikatan dengan partikel sedimen, sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air. Berdasarkan Tabel 1 mengenai data kandungan logam berat di sedimen, dapat dibandingkan kandungan logam berat Cu yang terdapat pada daerah Pelabuhan Poetere dan Perairan Bantaeng masih tinggi dibandingkan pada daerah pelabuhan Biringkassi, sedangkan untuk daerah teluk Bone dan Pare-Pare masih tergolong rendah jika dibandingkan pada daerah pelabuhan Biringkassi.

Konsentrasi logam Cu dalam mangrove Pelabuhan Biringkassi berkisar antara 29,72 mg/kg – 94,53 mg/kg. Konsentrasi logam Cu tertinggi diperoleh pada stasiun IV, tingginya kandungan logam Cu pada stasiun IV diduga berasal dari wilayah pemukiman warga dan wilayah wisata mangrove, sehingga diduga limbah rumah tangga yang mengandung logam Cu yang masuk ke lingkungan perairan lebih mendominasi seperti limbah elektronik (kabel, baterai dan lain sebagainya) dimana tembaga (Cu) menjadi salah satu mineral yang terkandung di dalamnya. Selain itu, logam Cu juga dapat ditemukan pada zat pewarna dalam cat dan pernis yang banyak digunakan baik dalam kegiatan rumah tangga maupun kebutuhan tempat wisata mangrove yang berada di dekat stasiun IV.

4.5 Kandungan logam Cu pada Mangrove (*Rhizophora stylosa*)

Tabel 8. Konsentrasi Logam Berat Cu dalam Mangrove

Lokasi	Konsentrasi (mg/kg berat kering)			Total
	Akar	Kulit Batang	Daun	
Stasiun I	15,74	15,51	5,85	37,1
Stasiun II	12,87	12,10	4,75	29,72
Stasiun III	42,33	29,12	12,63	84,08
Stasiun IV	51,08	34,09	9,36	94,53

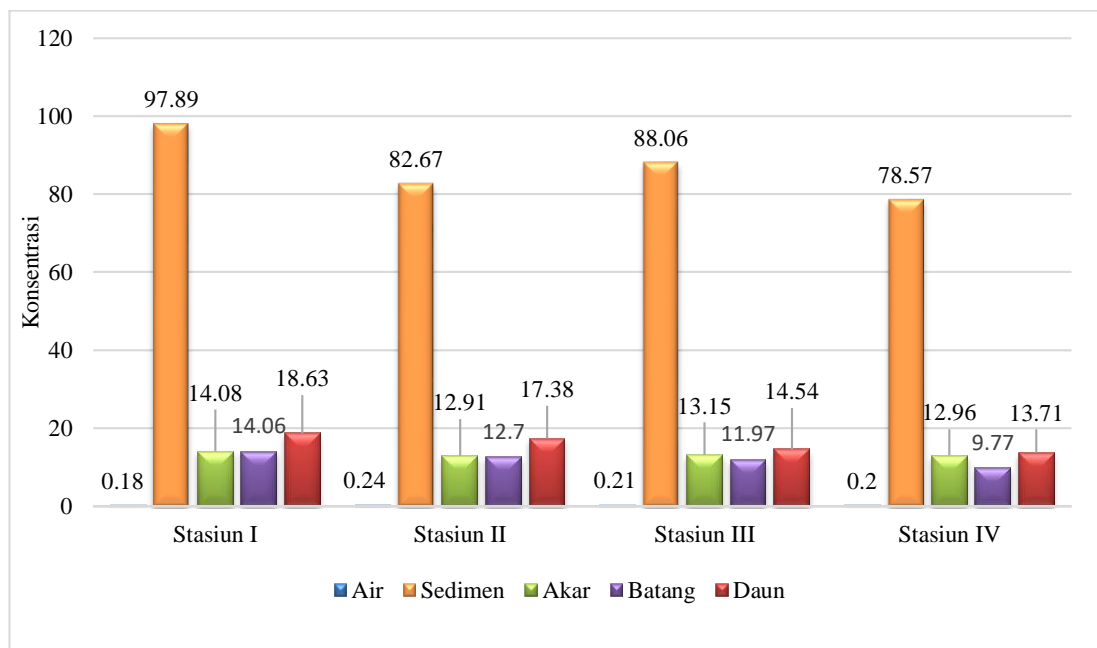
Tabel 8 memperlihatkan perbandingan konsentrasi logam pada akar, kulit batang dan daun. Pada tumbuhan secara umum, logam Cu memegang peranan penting dalam pertumbuhannya, yaitu sebagai aktivator enzim. Kekurangan logam Cu mengakibatkan tumbuhan berdaun kecil dan berwarna kuning, bahkan efek lanjutannya mengakibatkan tumbuhan gagal memproduksi bunga (Palar, 2004).

Analisis unsur Cu dari keempat lokasi pengamatan menunjukkan bahwa akumulasi terbesar terdapat pada bagian akar daripada bagian daun dan batang. Hal ini disebabkan oleh logam Cu yang terdapat dalam air laut lebih banyak berinteraksi langsung dengan akar, sementara bagian batang dan daun kurang mendapat interaksi dengan air laut. Hasil ini sejalan dengan penelitian Hamzah dan Setiawan (2010) pada Tabel 2, yang menyatakan bahwa konsentrasi logam berat di Muara Angke pada akar mangrove lebih tinggi dibandingkan pada daun, dengan konsentrasi pada akar 12,17-99,88 ppm dan pada daun 2,07-85,48 ppm. Selain menyerap logam berat pada sedimen, jaringan akar mangrove juga menyerap zat

pencemar lain yang terdapat pada kolom air, mengingat jaringan akar mangrove selalu terendam air pada saat air pasang.

4.6 Distribusi Logam Berat Cu dan Zn dalam Air, Sedimen dan Mangrove

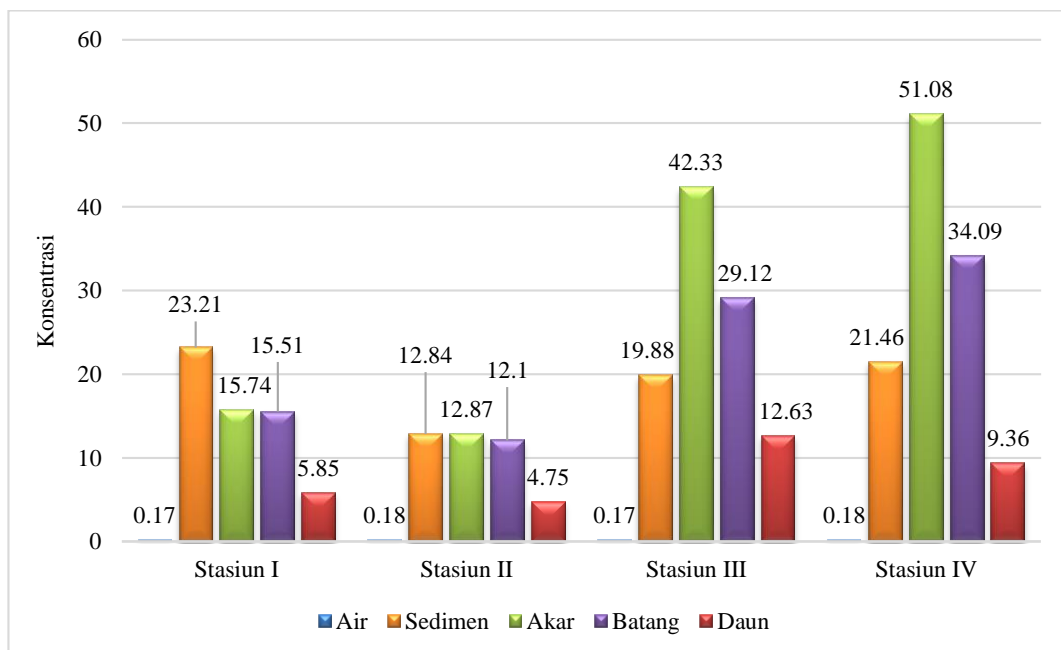
Logam berat yang terdapat di perairan, bergantung pada distribusinya terhadap air, sedimen dan biota yang hidup di sekitar perairan tersebut. Distribusi logam berat Zn dan Cu di sekitar Pelabuhan Biringkassi Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



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

Gambar 4 menunjukkan pola distribusi logam berat Zn dan pada air laut, sedimen dan mangrove. Akumulasi tertinggi logam berat Zn di stasiun I, II, III dan IV terdapat pada sedimen dengan konsentrasi 78,57-97,89 mg/kg. Kemudian akumulasi tertinggi selanjutnya terdapat pada tumbuhan mangrove (*Rhizophora stylosa*) yakni dengan pola konsentrasi konsentrasi logam berat Zn paling banyak terdapat pada daun kemudian pada akar dan konsentrasi terendah pada batang.

Akumulasi terendah semua stasiun terdapat pada air laut dengan konsentrasi 0,18-0,24 mg/L. Tingginya konsentrasi logam Zn pada sedimen dapat dikarenakan logam berat yang terdapat dalam perairan akan terakumulasi dengan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik pada sedimen. Selain itu, juga dapat disebabkan oleh mekanisme fisiologis tumbuhan mangrove yang secara aktif dapat mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi, dimana penyerapan tetap dilakukan namun dalam jumlah yang terbatas.



Gambar 5. Distribusi Logam Berat Cu pada Air, Sedimen dan Mangrove

Gambar 5 menunjukkan pola distribusi logam berat Cu dan pada air laut, sedimen dan mangrove. Akumulasi tertinggi logam berat Cu di stasiun I, II, III dan IV terdapat pada tumbuhan mangrove (*Rhizophora stylosa*) jika kandungan pada akar, batang dan daun dijumlahkan. Pola akumulasi logam berat pada mangrove yakni konsentrasi logam berat Cu paling banyak terdapat pada akar kemudian pada

batang dan konsentrasi terendah pada daun. Tingginya konsentrasi logam Cu di mangrove stasiun III dan IV dibandingkan stasiun I dan II dapat dikarenakan faktor umur tumbuhan mangrove dimana mangrove di stasiun III dan IV lebih tua sehingga lebih banyak mengakumulasi logam berat. Kemudian akumulasi tertinggi selanjutnya terdapat pada sedimen dengan konsentrasi 12,84-23,21,mg/kg. Akumulasi terendah terdapat pada air laut dengan konsentrasi 0,17-0,18 mg/L.

Konsentrasi logam Zn dan Cu pada air laut di semua stasiun di Pelabuhan Biringkassi yang telah diamati mencapai ambang batas yang ditentukan. Konsentrasi logam Zn dan Cu yang terdapat pada sedimen di semua stasiun di Pelabuhan Biringkassi masih tergolong rendah dan belum melampaui ambang batas. Sumber pencemaran diduga berasal dari aktivitas manusia seperti kegiatan industri dan rumah tangga dan adanya fasilitas umum seperti pelabuhan rakyat dan tempat wisata yang sangat dekat dengan titik pengambilan sampel menyebabkan perairan tersebut rentan terkontaminasi logam berat Zn dan Cu. Menurut Setiawan dan Subiandono (2015) daerah dengan potensi kandungan bahan pencemar logam berat yang tinggi dicirikan dengan adanya aktivitas industri, pelabuhan, pemukiman serta daerah dengan aktivitas pelayaran yang tinggi.

Proses distribusi logam berat dimulai dari logam berat yang terlarut dalam air laut akan terdeposisi menuju sedimen dan terakumulasi, kemudian ditranslokasikan ke jaringan tanaman dimana proses ini akan berlangsung secara terus-menerus (Effendi, 2000). Tidak hanya terakumulasi pada sedimen, logam berat juga terakumulasi dalam biota laut misalnya tumbuhan mangrove dan mengakumulasi logam berat ke bagian tumbuhan mangrove yang lain seperti akar,

batang dan daun. Sesuai dengan pernyataan Supriyantini dan Endrawati (2015), mekanisme penyerapan logam berat oleh mangrove secara umum melalui akar yang berasal dari sedimen maupun perairan lalu didistribusikan ke bagian tumbuhan yang lain.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis yang diperoleh dalam penelitian, dapat disimpulkan bahwa di sekitar Pelabuhan Biringkassi Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan terdapat logam berat Zn dalam air laut, sedimen dan mangrove (*Rhizophora stylosa.*) masing-masing adalah 0,18-0,24 mg/L, 78,57-92,89 mg/kg dan 36,44-46,77 mg/kg; sedangkan logam berat Cu dalam air laut, sedimen dan mangrove (*Rhizophora stylosa.*) masing-masing adalah 0,17-0,18 mg/L, 12,84-51,08 mg/kg dan 29,72-94,53 mg/kg. Distribusi logam berat Zn di sekitar Pelabuhan Biringkassi paling banyak terdapat dalam sedimen kemudian mangrove (*Rhizophora sp.*) dan paling sedikit dalam air laut. Distribusi logam Cu di sekitar Pelabuhan Biringkassi paling banyak terdapat dalam mangrove (*Rhizophora stylosa.*) kemudian sedimen dan paling sedikit terdapat dalam air laut.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan stasiun pengamatan yang lebih banyak agar data yang didapatkan semakin representatif; logam yang dianalisis berbeda dan bervariasi; dapat pula digunakan variasi waktu pengambilan sampel yang berbeda musim untuk melihat perbedaannya; untuk biota mangrove penelitian lanjutan untuk mengetahui perbedaan akumulasi logam berat antara akar di dalam sedimen dan akar di atas sedimen; biota yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N, A., 2017, *Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang di Perairan Biringkassi Kabupaten Pangkep*, Skripsi, Jurusan Biologi, Fakultas Sain dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin, 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*, **1**(1); 116-123.
- Alwidakdo, A., Z. Azham, dan L. Kamarubayana, 2014, Studi Pertumbuhan Mangrove pada Kegiatan Rehabilitasi Hutan Mangrove di Desa Tanjung Limau Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara, *Jurnal Agrifor*, **13**(1); 11-18.
- Badan Pusat Statistik (BPS), 2012, *Produksi Perikanan Tangkap dan Budidaya menurut Provinsi dan Sub-sektor*, Jakarta.
- Barutu, H.L., Amin, B., dan Efriyeldi, 2014, Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Pada *Avicennia marina* di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau, *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, **1**(1); 1-11.
- 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**(1); 565-572.
- Darmono, 2001, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran (Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam)*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Kabupaten Pangkep, 2014, *Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Kabupaten Pangkep*, Sulawesi Selatan.
- Effendi, H., 2000. *Telaah Kualitas Air*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Elfrida, S.I., 2020, Analisis Serapan Logam Pb, Cu dan Zn pada Tumbuhan *Bruguiera gymnorrhiza* dan *Rhizophora apiculata* di Hutan Mangrove Kuala Langsa, *Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, **17**(2); 117-125.
- Fadirubun, N, A., Daud, A., dan Birawida, A, B., 2012, Kualitas Air dan Sedimen Ditinjau dari Parameter Tembaga (Cu) Studi pada Air Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep, **1**(1); 1-5.

- Fauziah, A.R., Rahardja, B.S., dan Cahyoko, Y., 2012, Korelasi ukuran kerang darah (*Anadara granosa*) dengan konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) di muara Sungai Ketingan, Sidoarjo Jawa Timur, *J. Marine and Coastal Sci.*, **1**(1);34–44.
- Farhan, I., dan Razif, M., 2017, Penyisihan Konsentrasi Logam Zn Menggunakan Mangrove *Avicennia marina*, *Jurnal Teknik ITS*, **6**(2); 23-27.
- Halida, 2014, *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat, *Jurnal Info Teknis EBONI*, **11**(1); 37-44.
- Hamzah, F. dan Pancawati, Y., 2013, Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove, *Jurnal Ilmu Kelautan*, **18**(4); 203-212.
- Handayani, T., 2006, Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta, *Jurnal Teknik Lingkungan*, **7**(3); 266-270.
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N., Fiqri, A., 2017, *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*, Universitas Brawijaya Press, Malang.
- Handiani, D.N., dan Heriati, A., 2020, Analisis Sebaran Parameter Kualitas Air dan Indeks Pencemaran di Perairan Teluk Parepare-Sulawesi Selatan, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, **18**(2); 272-282.
- Harlyan, L,I,H. dan Sari, S,A,J., 2015, Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn pada Air dan Sedimen Permukaan Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur, *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, **20**(1); 54-60.
- Harmesa, 2020, Teknik-Teknik Remediasi Sedimen Terkontaminasi Logam Berat. *Oseana*, **45**(1); 1-16.
- Harun, N,H., Tuah P,M., Markom M,Z., dan Yusof M,Y, 2008, *Distribution Of Heavy Metals In Monochoria hastata and Eichornia crassipes In Natural Habitats*, Skripsi, Environmental Science Programme School of Science and Technology, University of Malaysia, Malaysia.
- Hastuti, E.D., Anggoro, S., and Pribadi, R, 2013, The Effects of Environmental Factors on the Dynamic Growth Pattern of Mangrove, *Avicennia marina*, *Journal of Coastal Development*, **16**(1); 57–61.
- Herni, 2011, *Analisis Cemar Logam Berat Seng (Zn) dan Timbal (Pb) Pada Tiram Bakau (Crassostrea cucullata) Asal Kabupaten Takalar Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*, Skripsi, Jurusan Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, UIN Alauddin, Makassar.
- Heriyanto, N.M dan Subiandono, E., 2011, Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) Oleh Jenis Jenis Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, **8**(2); 177-188.

- Hidayat, T., 2017, Faktor-Faktor di Industri Galangan Kapal yang Dapat Berkontribusi pada Isu Perubahan Iklim, *SPECTA Journal of Technology*, **1**(2); 2549-2713.
- Hidayati, A., dan Yusrin, 2008, Analisa Cu(II) pada Kerang Hijau (*Mytilus viridus*) di Perairan Mas Semarang, *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, **1**(2); 1-8.
- Kadir, G,N., 2022, *Kandungan Logam Esensial Tembaga (Cu) Dan Zink (Zn) pada Sedimen di Perairan Kota Makassar*, Skripsi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Kanvel, P,S., 2013, Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Rhizophora mucronata* di Hutan Mangrove Desa Nelayan Kecamatan Medan Labuhan dan Desa Jaring Halus Kecamatan Secanggang, Skripsi, Jurusan Budidaya Hutan, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Kar, D., Sur, P., Mandal, S,K., Saha, T., Kole, R,K., 2008, Assessment of Heavy Metal Pollution in Surface Water. *International Journal on Environment, Science and Technology*, **5**(1); 119-124.
- Khairuddin, Yamin, M., dan Syukur, A., 2018, Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove Sebagai Bioindikator di Teluk Bima, *Jurnal Biologi Tropis*, **18**(1); 69-79.
- Kroupiene, J., 2007, Distribution of Heavy Metals in Sediments of the Nemunas River (Lithuania), *Polish J. of Environ. Study*, **16**(5); 715-722.
- Siahaan, M,T,A., Ambariyanto, dan Yulianto, B., 2013, Pengaruh Pemberian Tombal (Pb) dengan Konsentrasi Berbeda terhadap Klorofil, Kandungan Timbal pada Akar dan Daun, serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*, *Journal of Marine Research*, **2**(2);111-119.
- Lasat, M., M., 2003, *The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil*, American Association for the Advancement of Science Environmental Science and Engineering Fellow, Amerika Serikat.
- Lindsey, H.D., M.M. James, and M.G. Hector., 2004, An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin*, **50**(1): 547-552.
- Lu, F., C., 1995, *Toksikologi Dasar*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Manahan, S., 1994, *Environmental Chemistry*, 6th Edition, Lewis Publisher CRC Press, London.
- Mulyono, 2001, *Kamus Kimia*, Genesindo, Bandung.

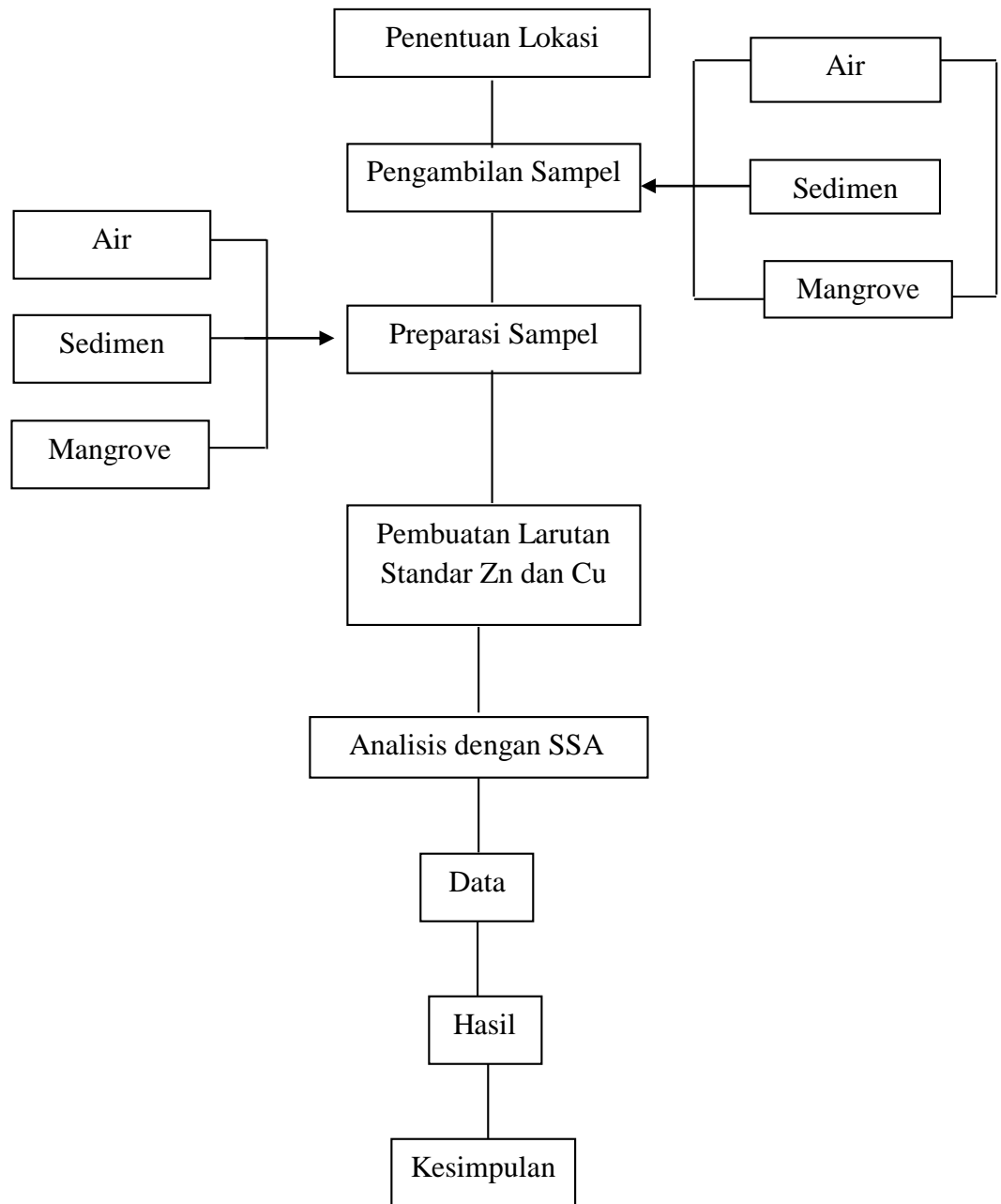
- Nisa, C., Irawati, U., dan Sunardi, 2013, Model Adsorpsi Timbal (Pb) dan Seng (Zn) dalam Sistem Air-Sedimen di Waduk Riam Kanan Kalimantan Selatan, *Jurnal Konversi*, **2**(1); 7-13.
- Noor, R.J., Kabangnga, A., dan Fathuddin, 2021, Distribusi Spasial dan Faktor Kontaminasi Logam Berat di Pesisir Kota Makassar, *Jurnal Kelautan Tropis*, **24**(1); 93-101.
- Notodarmojo, T, 2005, *Pencemaran Media dan Air Media*, Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Olonso R.E., 1988, *Pengetahuan Gizi Mutakhir Mineral*, Ahli Bahasa Andi Hakim Nasution, Penerbit PT Gramedia, Jakarta.
- Palar H, 2004, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Cet: 2, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Palar, H., 2012, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Pangestu, H., dan Haki, H., 2013, Analisis Angkutan Sedimen Total pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin, *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, **1**(1); 103-109.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Phillips, D., J., H., 1980, *Quantitative aquatic biological indicator and their use monitoring trace metal and organo chlorine pollution*, Applied Science Publisher Ltd, Inggris.
- 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.
- Purwiyanto.A.I.S., 2013, Daya Serap Akar dan Daun Mangrove Terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan, *Jurnal Maspari*, **5**(1); 1-5.
- Putra, B., A., Santoso, A., dan Riniatsih, I., 2019, Kandungan Logam Berat Seng pada *Enhalus Acoroides* di Perairan Jepara, *Oceanografi Marina*, **8**(1); 9-16.
- Rachmawati, Yona, D., dan Kasitowati, R.D., 2018, Potensi Mangrove *Avicennia alba* Sebagai Agen Fitoremediasi Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) di Perairan Wonorejo Surabaya, *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Pesisir dan Perikanan*, **7**(3); 227-236.
- Rahmadani, T., Sri M.S., dan Irwan S., 2015, Analisis Kandungan Logam Zink (Zn) Dan Timbal (Pb) Dalam Air Laut Pesisir Pantai Mamboro Kecamatan Palu Utara, *Jurnal Akademika Kimia*, **4**(4); 197-203.

- Ramlia., Amir, R., dan Djalla, A., 2018, Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Wilayah Pesisir Pare-Pare, *Jurnal Manusia dan Kesehatan*, **1**(3); 255-264.
- Rashed.M.N, 2007, *Biomarker as Indicator for Water Pollution with Heavy Metals in Rivers*, Sea and Oceans, Fac. of Science, South Valley University.
- Riniatsih, I. dan Widianigsih., 2007, Kelimpahan dan Pola Sebaran Kerang-Kerangan (Bivalvie) di Ekosistem Padang Lamun, Perairan Jepara, *Jurnal Ilmu Kelautan*, **12**(1); 53-58.
- Rivai, T., 2004, *Manajemen Sumber Daya Manusia untuk Perusahaan dari Teori ke Praktik*, PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Riyanti.I., Putri.W.A.E., Ulqodry.T.Z., Santeri.T., 2019, Akumulasi Logam Berat Zn dan Pb pada Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Avicennia alba* di Pulau Payung, Sumatera Selatan, *Jurnal Lahan Suboptimal*, **8**(2); 141-147.
- Rizkiana, L., Karina, S., dan Nurfadillah, 2017, Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Bandar Aceh, *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, **2**(1); 89-96.
- Sanusi, H. S., 2006, *Kimia Laut Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Setiawan, H., 2013, Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan, *Jurnal Ilmu Kehutanan*, **7**(1); 12-24.
- Setiawan, H., 2014, Pencemaran Logam Berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan Upaya Penanggulangannya, *Jurnal Info Teknis EBONI*, **11**(1); 1-13.
- Setiawan, H., dan Subiandono, E., 2015, Konsentrasi Logam Berat Pada Air dan Sedimen di Perairan Pesisir Provinsi Sulawesi Selatan, *Forest Rehabilitation Journal*, **3**(1); 67-79.
- Siaka, M., 2008, Korelasi Antara Kedalaman Sedimen di Pelabuhan Benoa dan Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu, *Jurnal Kimia*, **2**(2): 61-70.
- SNI 6989.6:2009 Cara Uji Tembaga (Cu) Secara Spektrofotometri Serapan Atom.
- SNI 6989.7:2009 Cara Uji Seng (Zn) Secara Spektrofotometri Serapan Atom.
- Soemirat, J, 2003, *Toksikologi Lingkungan*, Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sulastini, D., 2011, *Seri Buku Informasi dan Potensi Mangrove Taman Nasional Alas Purwo*, Balai Taman Nasional, Banyuwangi.

- Sulfikar., Ade, F., Iwan, D., 2014, Analisis Kandungan Logam Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Udang Windu (*Peneus monodon*) Di Pantai Biringkassi Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep. *Jurnal Sainsmat*, **3**(2); 192.
- Sunti, I., Daud, A., dan Manyullei, S., 2012, Studi Kandungan Logam Berat Seng (Zn) dalam Air dan Kerang Baja-Baja (*Anodoonta woodiana*) di Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep, *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, **1**(1);110.
- Supriyantini, E., dan Seonardjo, N., 2015, Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang, *Jurnal Kelautan Tropis*, **18**(2); 98-106.
- Supriyantini, E., H. Endrawati., 2015. Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, **18**(1); 38-45.
- Suryani, A., Nirmala, K., dan Djokosetyanto, D., 2018, Akumulasi Logam Berat Timbal dan Tembaga pada Air, Sedimen dan Ikan Bandeng di Pertambakan Ikan Bandeng Duku Tapak, Kelurahan Tugurejo, Kota Semarang, *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, **8**(3); 271-278.
- Sutamihardja, 2006, *Toksikologi Lingkungan*, Buku Ajar Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Jakarta.
- Sutrisno, T. C., 2002, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Tolcin, A., C., 2008, *Geological Survey, Mineral Commodity Summaries*, USGS, USA.
- Ulqodry, T.Z., 2001, *Kandungan Logam Berat dalam Jaringan Mangrove Sonneratia Alba dan Avicennia Marina di Pulau Ajkwa dan Pulau Kamora, Kabupaten Timika, Papua*, Skripsi tidak Diterbitkan, Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Utami.R., Rismawati.N., dan Sapanli.K., 2018, *Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan*, Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia, Palembang, 20 Maret.
- Wahab, W., 1991, Analisis Logam Berat dalam Air Llimbah, Proyek Penelitian Universitas Hasanuddin.
- Widowati,W., 2008, *Efek Toksik logam Pecegahan Dan Penanggulangan pencemaran*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- William and Caliendo, 1984, *Nutrician Principles Issue and Aplication*, Mc Grow Hill Book Company, New York.

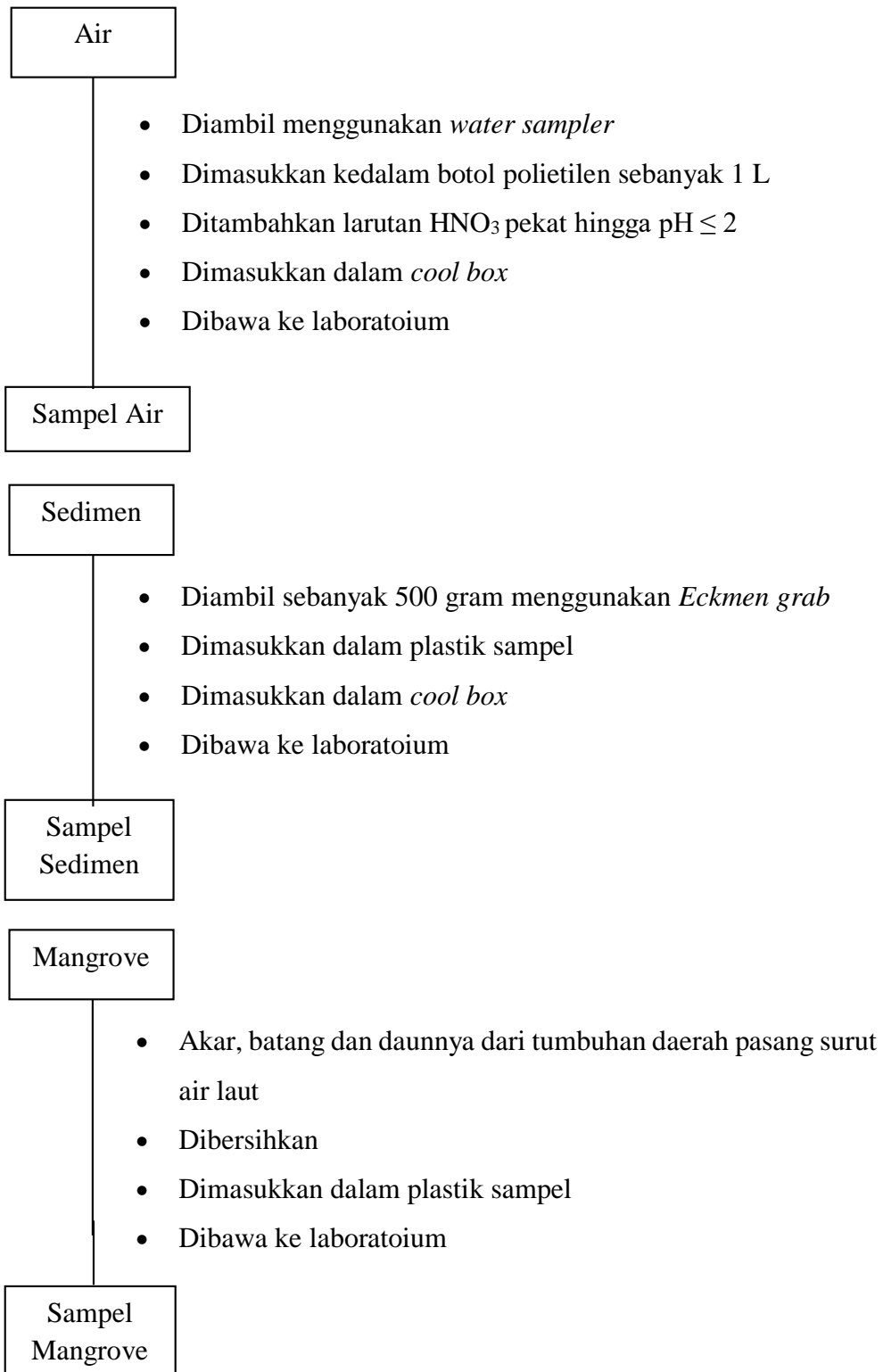
- Wulansari, D., 2007, *Analisis Kandungan Timbal (Pb), Seng (Zn) dan Timah (Sn) dalam Corned Beef dengan Spektrofotometri Serapan Atom*, Skripsi, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Yaqin, K., Fachruddin, L., Suwarni, Umar, M.T., Nadiarti, 2014, *Status Pencemaran Logam di Perairan Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan*, Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Tahunan XI Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan, Manajemen Sumberdaya Perairan, Makassar, 30 Agustus.
- Yennie, Y., dan Murtini, J.T., 2005, Kandungan Logam Berat Air Laut, Sedimen dan Daging Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Mentok dan Tanjung Jabung Timur, *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, **12**(1); 27-32.
- Yudo, S., 2006, Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta, *Jurnal Air Indonesia*, **2**(1); 1-15.
- Yulianto, B., Raden, A., dan Agung, T., 2006, Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria Sp*) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter, *Jurnal Ilmu Kelautan*, **2**(11); 72-78.
- Zuraida R., R. Rahardiawan, Subarsyah, K. T. Dewi, H. Widhi, T. A. Soeprapto, N. Yuyu, I. Adhirana, Y. Permanawati, A. Ibrahim, A. Saefudin, A. Subekti, Mulyono, Supriyatna, Heriyanto, D. Eko, 2010, Laporan Akhir Penelitian Lingkungan dan Kebencanaan Geologi Kelautan Perairan Teluk Jakarta (Tanjung Kait – Muara Gembong), Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan.

Lampiran 1. Skema Kerja Penelitian



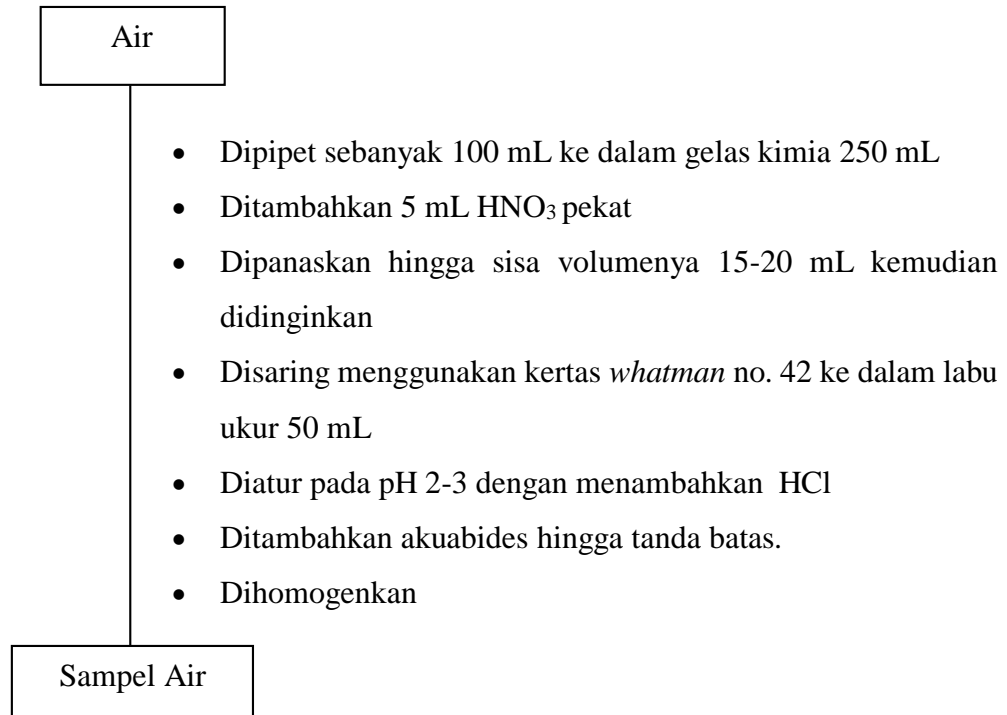
Lampiran 2. Bagan Kerja

1. Pengambilan Sampel

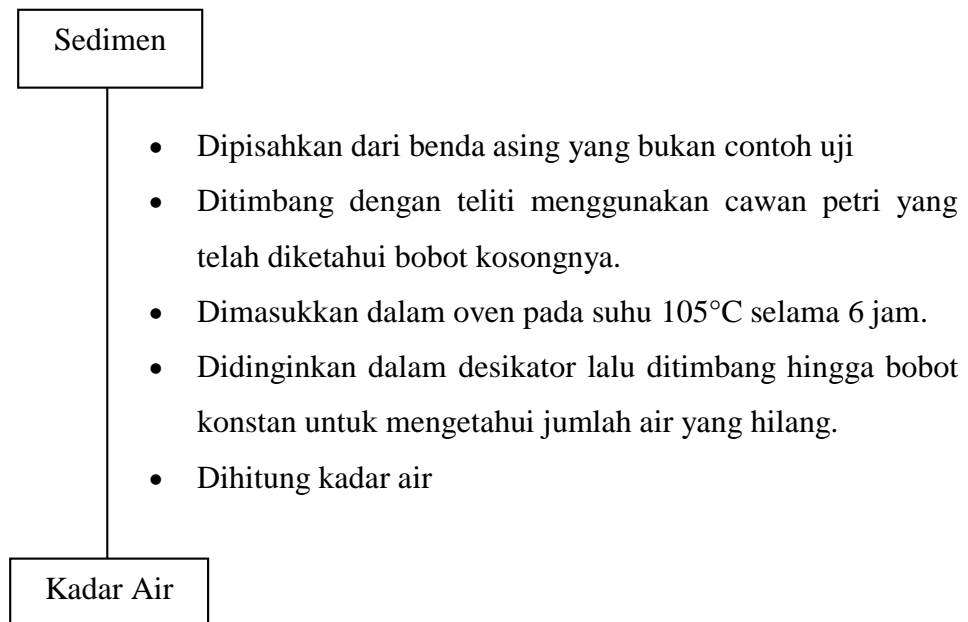


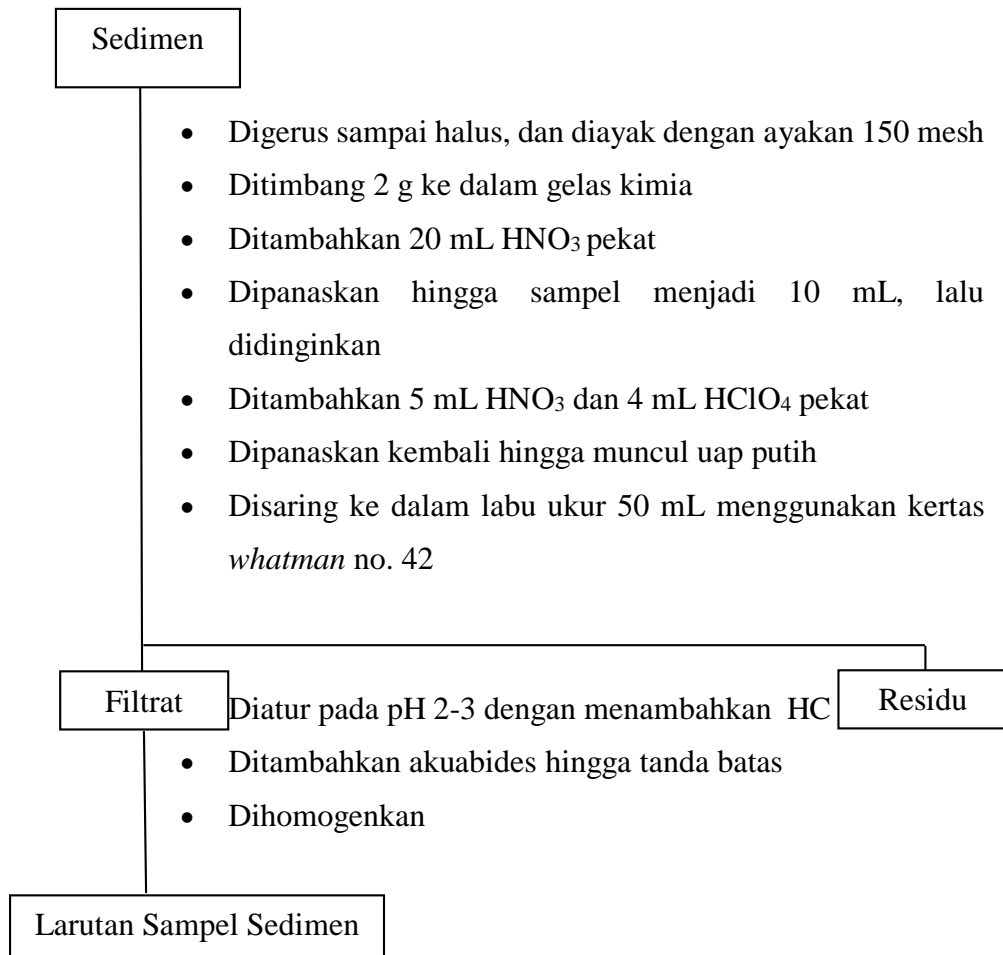
2. Preparasi Sampel

2.1 Preparasi Sampel Air (SNI 6989.6:2009 dan SNI 6989.7:2009)

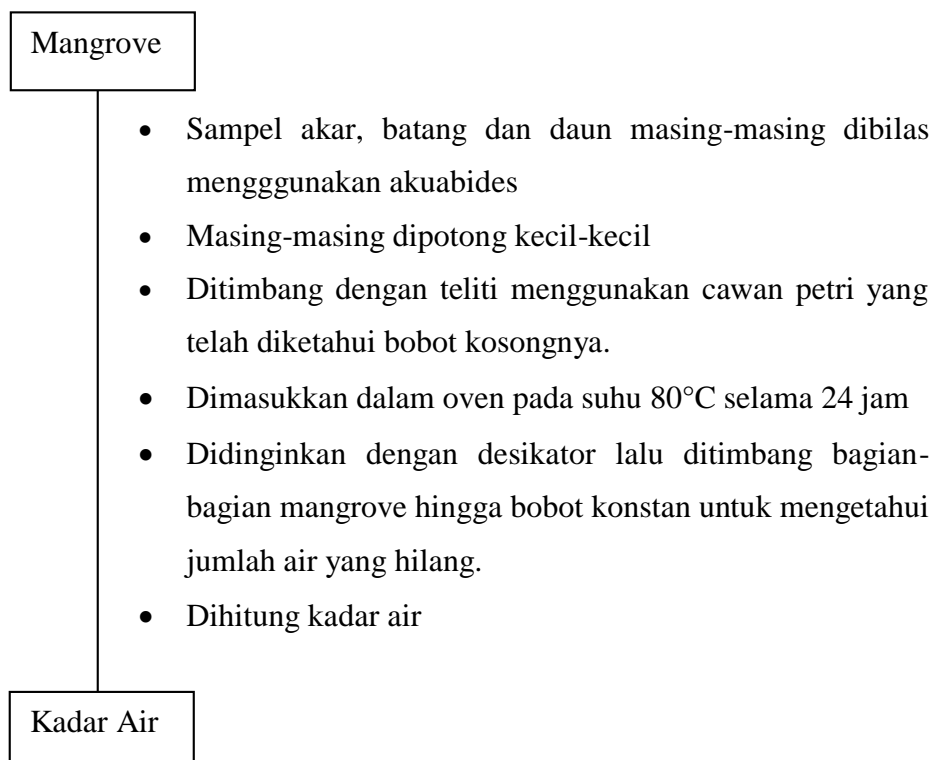


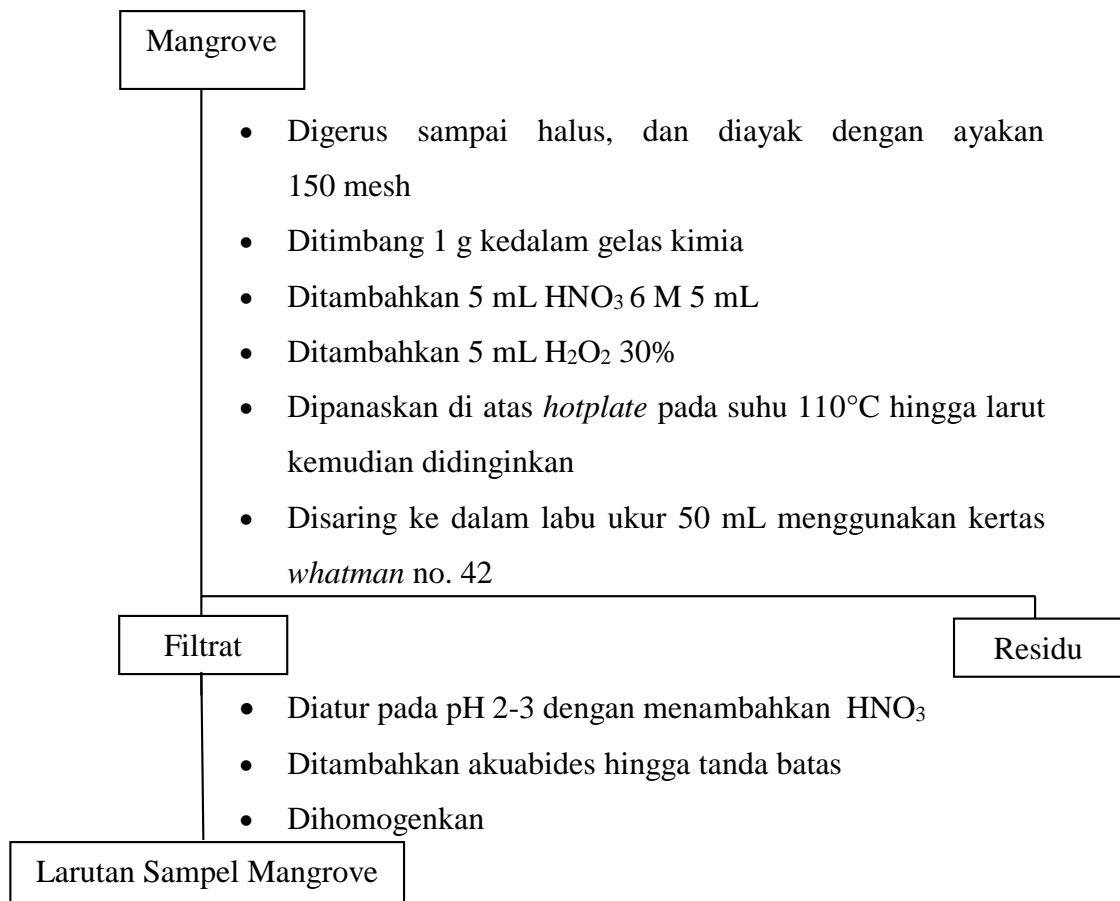
2.2 Preparasi Sampel Sedimen (Nisa dkk., 2013 dan Rizkiana dkk., 2017)





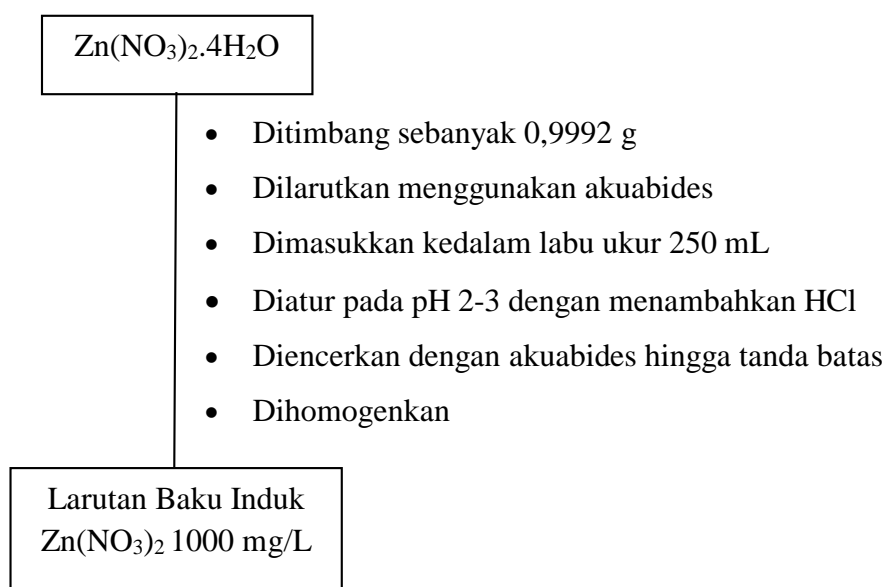
2.3 Preparasi Sampel Mangrove (Rachmawati dkk., 2018)



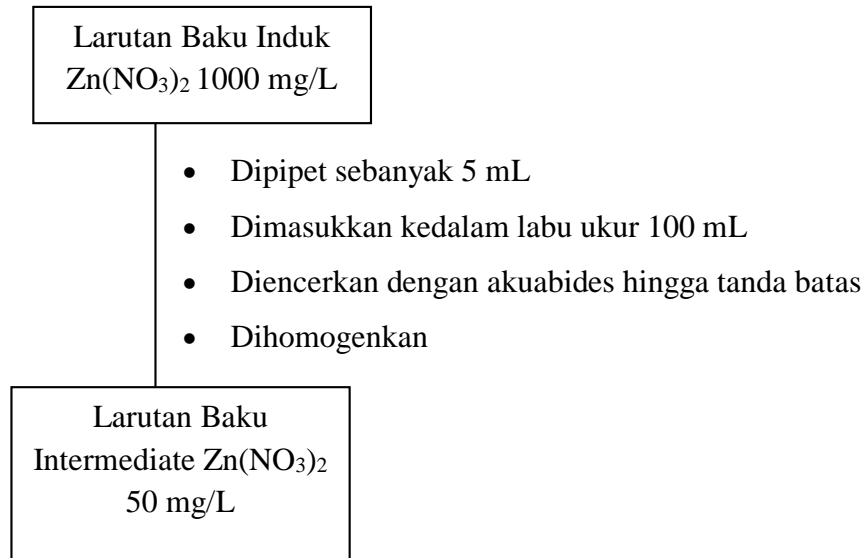


3. Pembuatan Larutan Baku Zn

3.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Zn 1000 mg/L

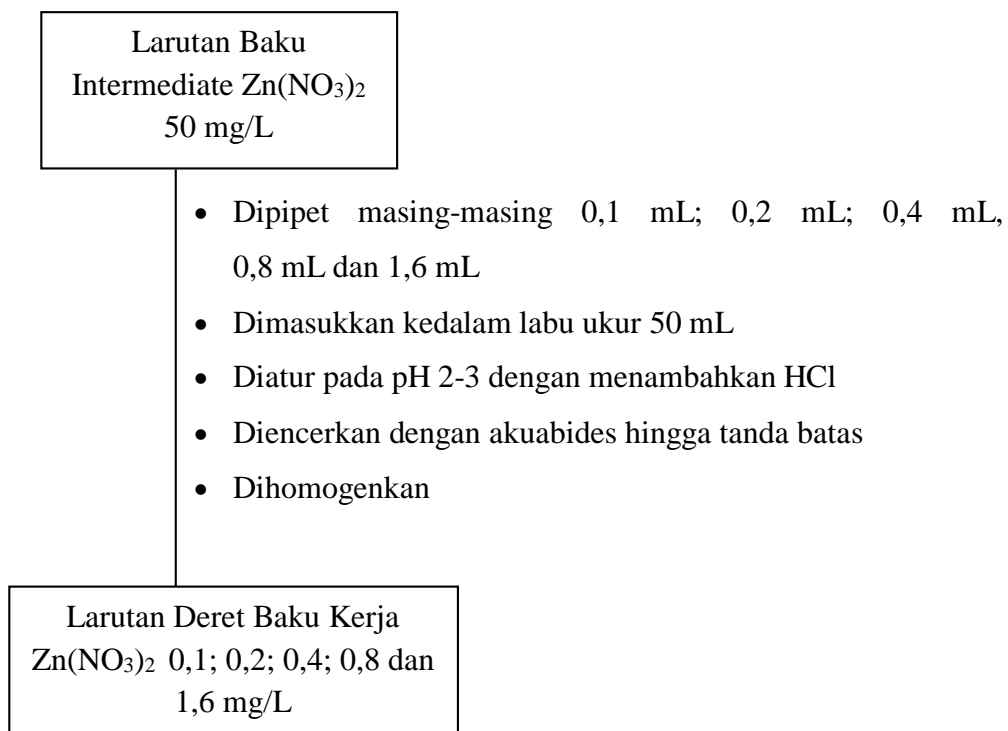


3.2 Pembuatan Larutan Baku Intermediat Zn 50 mg/L

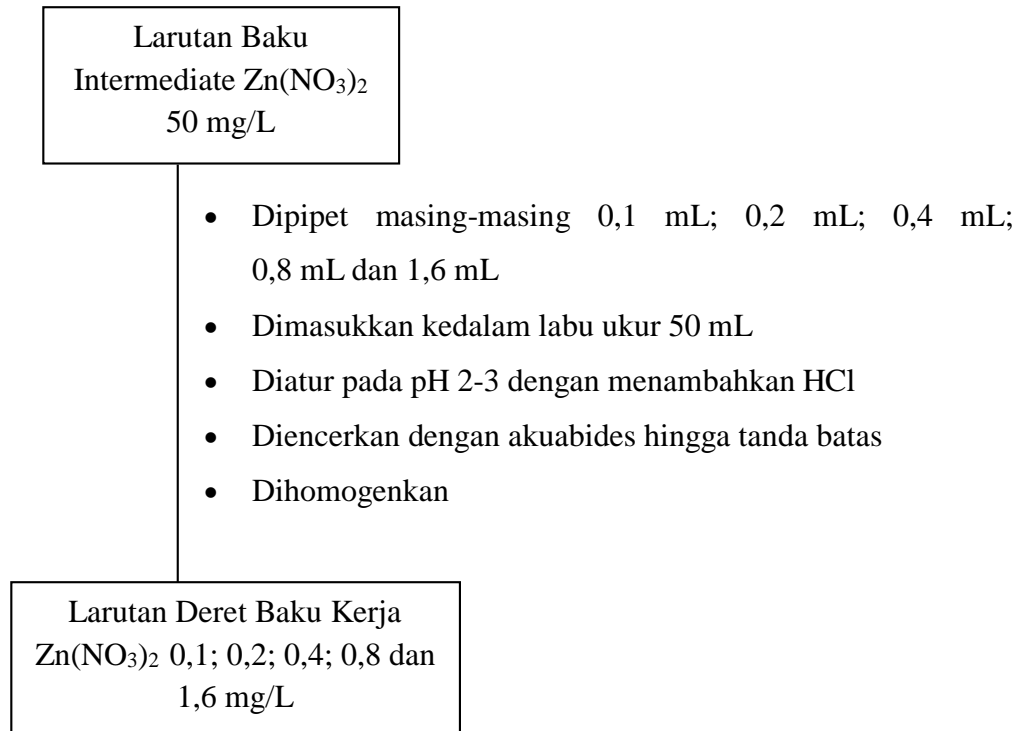


1.3 Pembuatan Larutan Kerja

3.3.1 Larutan Deret Baku Kerja Sampel Air

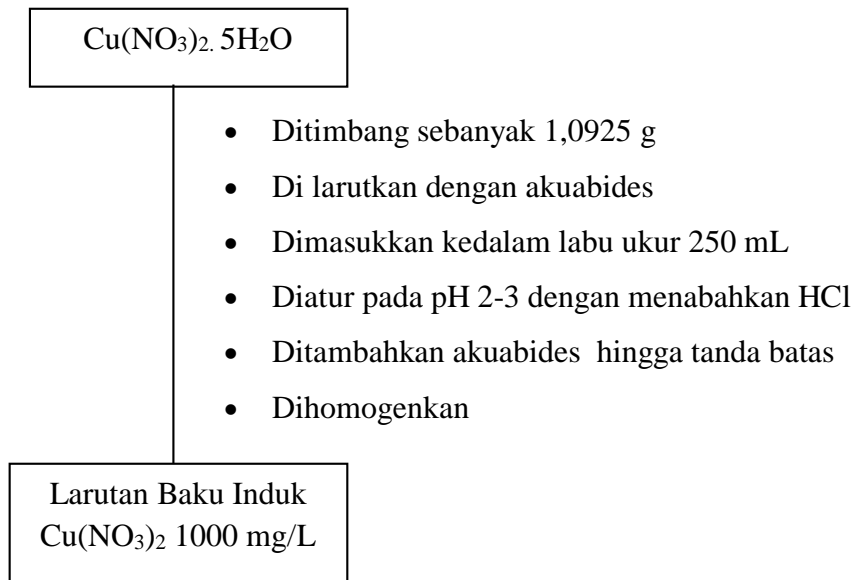


3.3.2 Larutan Deret Baku Kerja Sampel Sedimen dan Mangrove

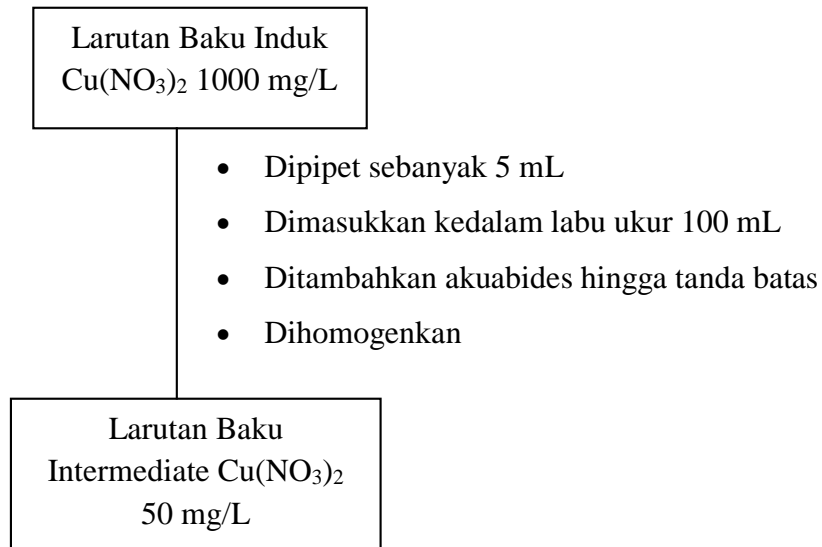


4. Pembuatan Larutan Baku Cu

4.1 Pembuatan Larutan Induk Cu 1000 mg/L

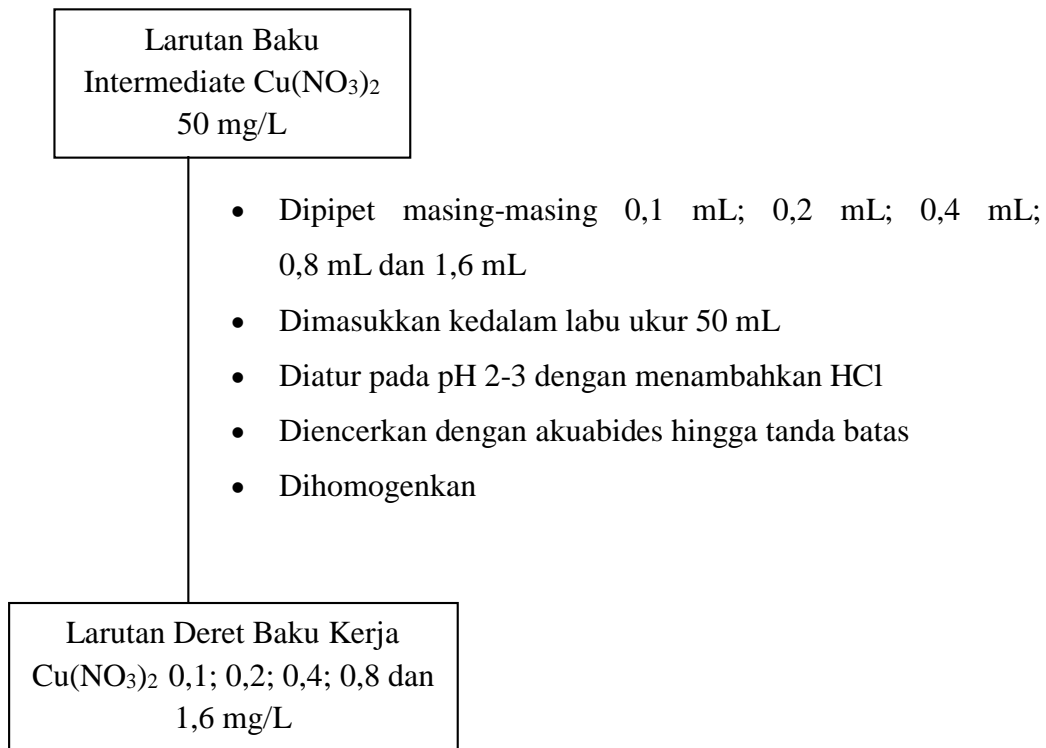


4.2 Pembuatan Larutan Baku Intermediat Cu 50 mg/L

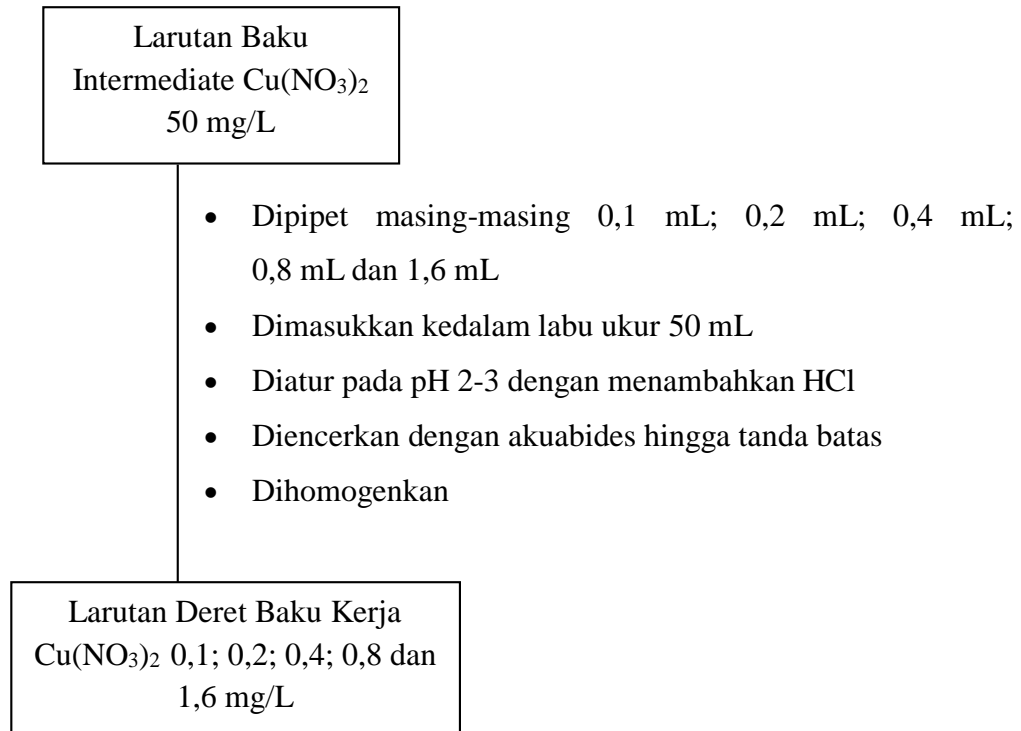


a. Pembuatan Larutan Kerja

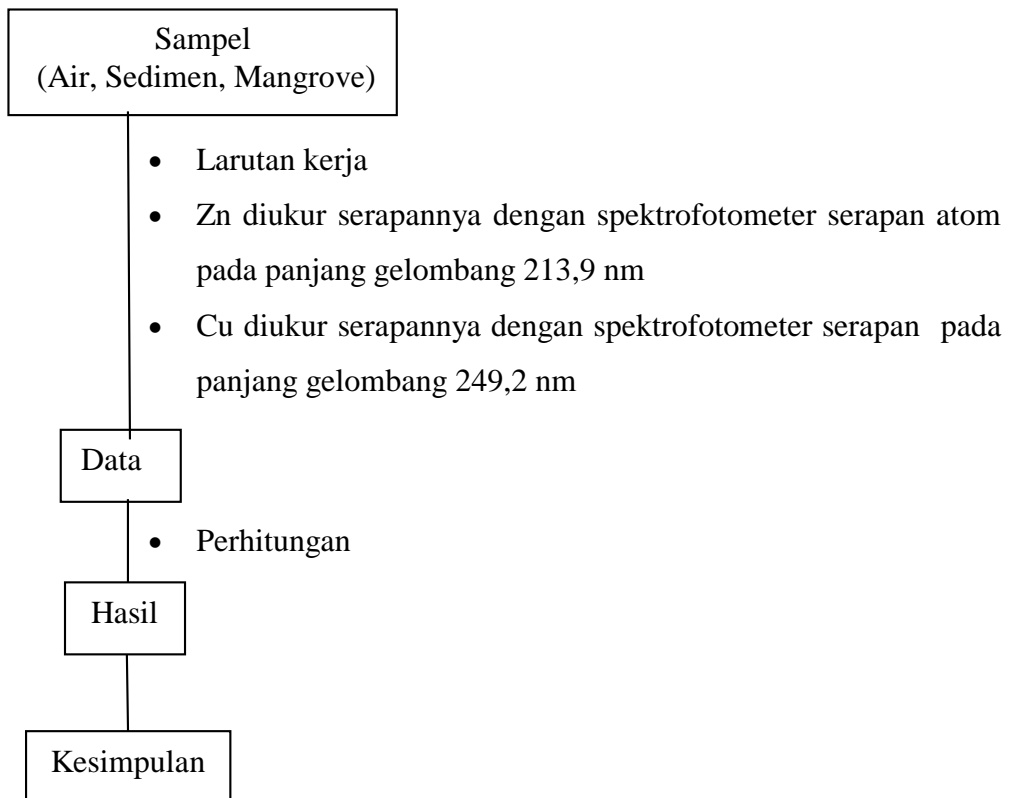
4.3.1 Larutan Deret Baku Kerja Sampel Air



4.3.2 Larutan Deret Baku Kerja Sampel Sedimen dan Mangrove



5. Analisis Zn dan Cu dengan Spektrofotometri Serapat Atom



Lampiran 3. 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**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(49,6109 - 49,3360) \text{ g}}{(49,6109 - 44,6109) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 5,498\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 2**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(53,2195 - 53,1148) \text{ g}}{(53,2195 - 48,2195) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 2,094\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 3**

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(47,7492 - 47,5182) \text{ g}}{(47,7492 - 42,7492) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 4,620\%\end{aligned}$$

- **Stasiun 4**

$$\begin{aligned} \%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(40,4994 - 40,1095) \text{ g}}{(40,4994 - 35,4994) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 7,798\% \end{aligned}$$

- **Perhitungan Kadar Air pada Mangrove**

- **Stasiun 1**

- Akar**

$$\begin{aligned} \%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(39,4953 - 37,0515) \text{ g}}{(39,4953 - 34,4953) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 56,686\% \end{aligned}$$

- Batang**

$$\begin{aligned} \%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(47,3398 - 45,4234) \text{ g}}{(47,3398 - 42,3398) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 38,328\% \end{aligned}$$

- Daun**

$$\begin{aligned} \%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(44,569 - 41,5483) \text{ g}}{(44,569 - 39,569) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 60,414\% \end{aligned}$$

- **Stasiun 2**

Akar

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(52,4098 - 50,1463) \text{ g}}{(52,4098 - 47,4098) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 45,27\%\end{aligned}$$

Batang

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(54,9686 - 53,0503) \text{ g}}{(54,9686 - 49,9686) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 38,366\%\end{aligned}$$

Daun

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(53,285 - 50,9593) \text{ g}}{(53,285 - 53,285) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 46,514\%\end{aligned}$$

- Stasiun 3

Akar

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(41,8868 - 38,8937) \text{ g}}{(41,8868 - 36,8868) \text{ g}} \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 59,862\%$$

Batang

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(49,6784 - 47,4431) \text{ g}}{(49,6784 - 44,6784) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 44,706\%\end{aligned}$$

Daun

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(49,7921 - 46,7169) \text{ g}}{(49,7921 - 44,7921) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 61,504\%\end{aligned}$$

- Stasiun 4

Akar

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(45,5777 - 42,3421) \text{ g}}{(45,5777 - 40,5777) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 64,712\%\end{aligned}$$

Batang

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(47,7303 - 45,9547) \text{ g}}{(47,7303 - 42,7303) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 35,512\%\end{aligned}$$

Daun

$$\begin{aligned}\%KA &= \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \\ &= \frac{(46,8631 - 43,5464) \text{ g}}{(46,8631 - 41,8631) \text{ g}} \times 100\% \\ &= 66,334\%\end{aligned}$$

b. Perhitungan Pembuatan Deret Standar Zn dan Cu

- **Pembuatan Larutan Induk Zn 1000 mg/L**

$$\text{mg/L} = \frac{\text{Ar Zn}}{\text{Mr Zn(NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{massa}}{\text{L}}$$

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{65,4 \text{ g/mol}}{261,5} \times \frac{\text{massa}}{0,25 \text{ L}}$$

$$\text{massa} = \frac{65350 \text{ mg}}{65,38}$$

$$\text{massa} = 999,24 \text{ mg}$$

$$\text{massa} = 0,9992 \text{ g}$$

- **Pembuatan Larutan Induk Cu 1000 mg/L**

$$\text{mg/L} = \frac{\text{Ar Cu}}{\text{Mr Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}} \times \frac{\text{massa}}{\text{L}}$$

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{63,5 \text{ g/mol}}{277,5} \times \frac{\text{massa}}{0,25 \text{ L}}$$

$$\text{massa} = \frac{69375 \text{ mg}}{63,5}$$

$$\text{massa} = 1092,5 \text{ mg}$$

$$\text{massa} = 1,0925 \text{ g}$$

- **Pembuatan Larutan Baku Intermediet Zn dan Cu 50 mg/L**

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

$$V_1 \cdot 1000 \text{ mg/L} = 100 \text{ mL} \cdot 50 \text{ mg/L}$$

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

- **Pembuatan Deret Standar Zn dan Cu**

- Zn 0,01 mg/L

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

$$V_1 \cdot 50 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \cdot 0,01 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 0,01 \text{ mL}$$

- Zn 0,05 mg/L

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

$$V_1 \cdot 50 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \cdot 0,05 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 0,05 \text{ mL}$$

- Zn 0,1 mg/L

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

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

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

- Zn 0,2 mg/L

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

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

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

- Zn 0,4 mg/L

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

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

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

- Zn 0,8 mg/L

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

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

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

- Zn 1,6 mg/L

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

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

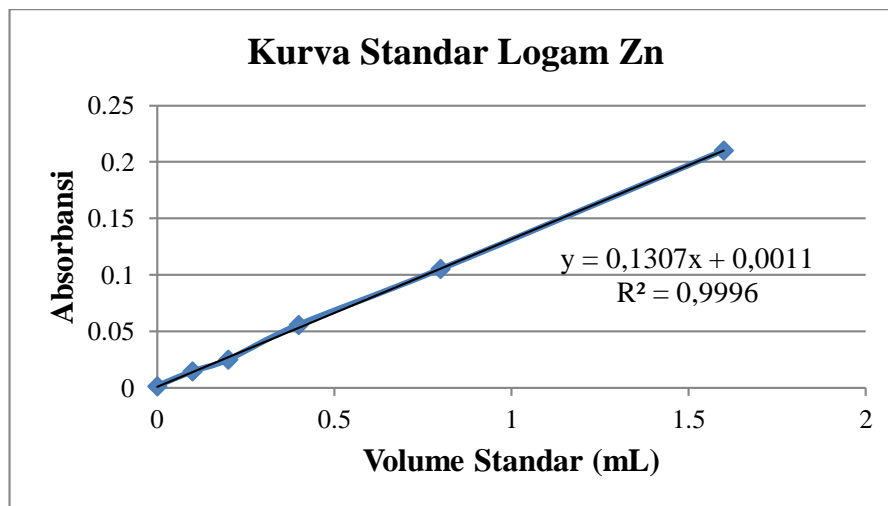
$$V_1 = 1,6 \text{ mL}$$

* Diulangi pembuatan deret standar Cu dengan menggunakan jumlah takaran volume diatas.

c. Perhitungan Konsentrasi Logam Zn dan Cu pada Air Laut

- Perhitungan Konsentrasi Logam Zn

No.	Volume Standar (mL)	Absorbansi
1	0	0,001468
2	0,1	0,014516
3	0,2	0,024833
4	0,4	0,055853
5	0,8	0,105102
6	1,6	0,210308



- Stasiun 1

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0987 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0976}{0,1307}$$

$$x = 0,7467 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Zn}} = \frac{0,7467 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{Zn} = 0,18 \text{ mg/L}$$

- **Stasiun 2**

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,1272 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,1261}{0,1307}$$

$$x = 0,9670 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,9670 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{Zn} = 0,24 \text{ mg/L}$$

- **Stasiun 3**

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,1144 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,1133}{0,1307}$$

$$x = 0,8668 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,8668 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{Zn} = 0,21 \text{ mg/L}$$

- **Stasiun 4**

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,1093 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,1082}{0,1307}$$

$$x = 0,8278 \text{ mg/L}$$

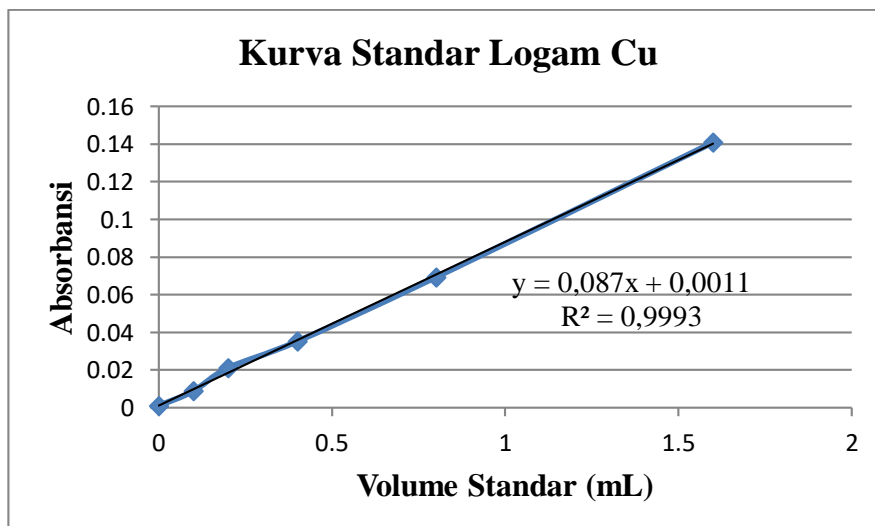
$$C_{\text{Zn}} = \frac{C_x \times V_{\text{flask}}}{V_{\text{contoh}}}$$

$$C_{\text{Zn}} = \frac{0,8278 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Zn}} = 0,20 \text{ mg/L}$$

- **Perhitungan Konsentrasi Logam Cu**

No.	Volume Standar (mL)	Absorbansi
1	0	0,000972
2	0,1	0,008760
3	0,2	0,020997
4	0,4	0,035207
5	0,8	0,069249
6	1,6	0,140831



- **Stasiun 1**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0616 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0605}{0,087}$$

$$x = 0,6954 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,6954 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

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

- **Stasiun 2**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0663 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0652}{0,087}$$

$$x = 0,7494 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,7494 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 0,18 \text{ mg/L}$$

- **Stasiun 3**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0610 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0599}{0,087}$$

$$x = 0,6885 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,6885 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

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

- Stasiun 4

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0634 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0623}{0,087}$$

$$x = 0,7160 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,7160 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}}{200 \text{ mL}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 0,18 \text{ mg/L}$$

d. Perhitungan Konsentrasi Logam Zn dan Cu pada Sedimen

• Perhitungan Konsentrasi Zn

- Stasiun 1

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0497 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0486}{0,1307}$$

$$x = 0,3718 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,3718 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} \times 10}{2,0011 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Zn} = 92,89 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 2**

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0441 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0430}{0,1307}$$

$$x = 0,3307 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,3307 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} \times 10}{2,0001 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Zn} = 82,67 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 3**

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0472 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0461}{0,1307}$$

$$x = 0,3527 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,3527 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} \times 10}{2,0025 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Zn} = 88,06 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 4**

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0422 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0411}{0,1307}$$

$$x = 0,3144 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,3144 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L} \times 10}{2,0006 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Zn} = 78,57 \text{ mg/kg}$$

• **Perhitungan Konsentrasi Cu**

- **Stasiun 1**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0819 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0808}{0,087}$$

$$x = 0,9287 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Cu} = \frac{0,9287 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,0002 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cu} = 23,21 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 2**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0458 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0447}{0,087}$$

$$x = 0,5137 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Cu} = \frac{0,5137 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,0000 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cu} = 12,84 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 3**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0684 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0673}{0,087}$$

$$x = 0,7735 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Cu} = \frac{0,7735 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,9999 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cu} = 19,33 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 4**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0758 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0747}{0,087}$$

$$x = 0,8586 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Cu} = \frac{0,8586 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{2,0000 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cu} = 21,46 \text{ mg/kg}$$

e. Perhitungan Konsentrasi Logam Zn dan Cu pada Akar, Kulit Batang dan Daun

• **Perhitungan Konsentrasi Logam Zn**

- **Stasiun 1**

Akar

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0380 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0369}{0,1307}$$

$$x = 0,2823 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Zn}} = \frac{0,2823 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0020 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Zn}} = 14,08 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0379 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0368}{0,1307}$$

$$x = 0,2815 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Zn}} = \frac{0,2815 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0005 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Zn}} = 14,06 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0498 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0487}{0,1307}$$

$$x = 0,3726 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,3726 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0000 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Zn} = 18,63 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 2**

Akar

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0349 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0338}{0,1307}$$

$$x = 0,2586 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,2586 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0009 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Zn} = 12,91 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0343 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0332}{0,1307}$$

$$x = 0,2540 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,2540 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{0,9998 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Zn} = 12,70 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0466 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0455}{0,1307}$$

$$x = 0,3481 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,3481 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{L}}{1,0014 \times 10^{-3} \text{kg}}$$

$$C_{Zn} = 17,38 \text{ mg/kg}$$

- **Stasiun 3**

Akar

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0344 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0344}{0,1307}$$

$$x = 0,2631 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,2631 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{L}}{1,0000 \times 10^{-3} \text{kg}}$$

$$C_{Zn} = 13,15 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0300 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0300}{0,1307}$$

$$x = 0,2295 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,2295 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{L}}{1,0000 \times 10^{-3} \text{kg}}$$

$$C_{Zn} = 11,47 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0392 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0381}{0,1307}$$

$$x = 0,2915 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Zn} = \frac{0,2915 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{L}}{1,0024 \times 10^{-3} \text{kg}}$$

$$C_{Zn} = 14,54 \text{ mg/kg}$$

- Stasiun 4

Akar

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0350 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0339}{0,1307}$$

$$x = 0,2593 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Zn}} = \frac{0,2593 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{0,9999 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Zn}} = 12,96 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0267 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0256}{0,1307}$$

$$x = 0,1958 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Zn}} = \frac{0,1958 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0019 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Zn}} = 9,77 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,1307x + 0,0011$$

$$0,0370 = 0,1307x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0359}{0,1307}$$

$$x = 0,2746 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Zn}} = \frac{0,2746 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0008 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Zn}} = 13,71 \text{ mg/kg}$$

- **Perhitungan Konsentrasi Logam Cu**

- **Stasiun 1**

- Akar**

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0285 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0274}{0,087}$$

$$x = 0,3149 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,3149 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0000 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 15,74 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0281 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0270}{0,087}$$

$$x = 0,3103 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,3103 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0004 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 15,51 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0113 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0102}{0,087}$$

$$x = 0,1172 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,1172 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0012 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 5,85 \text{ mg/kg}$$

- Stasiun 2

Akar

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0235 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0224}{0,087}$$

$$x = 0,2574 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,2574 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{0,9998 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 12,87 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0222 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0211}{0,087}$$

$$x = 0,2425 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,2425 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0016 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 12,10 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0094 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0083}{0,087}$$

$$x = 0,0954 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,0954 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0028 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 4,75 \text{ mg/kg}$$

- Stasiun 3

Akar

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0750 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0739}{0,087}$$

$$x = 0,8494 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,8494 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0031 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 42,33 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0518 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,507}{0,087}$$

$$x = 0,5827 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,5827 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0002 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 29,12 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0231 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,022}{0,087}$$

$$x = 0,2528 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,2528 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0006 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 12,63 \text{ mg/kg}$$

- Stasiun 4

Akar

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0900 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0889}{0,087}$$

$$x = 1,0218 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{1,0218 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0000 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 51,08 \text{ mg/kg}$$

Batang

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0605 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0594}{0,087}$$

$$x = 0,6827 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{\text{Cu}} = \frac{0,6827 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{1,0011 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{\text{Cu}} = 34,09 \text{ mg/kg}$$

Daun

$$y = 0,087x + 0,0011$$

$$0,0174 = 0,087x + 0,0011$$

$$x = \frac{0,0163}{0,087}$$

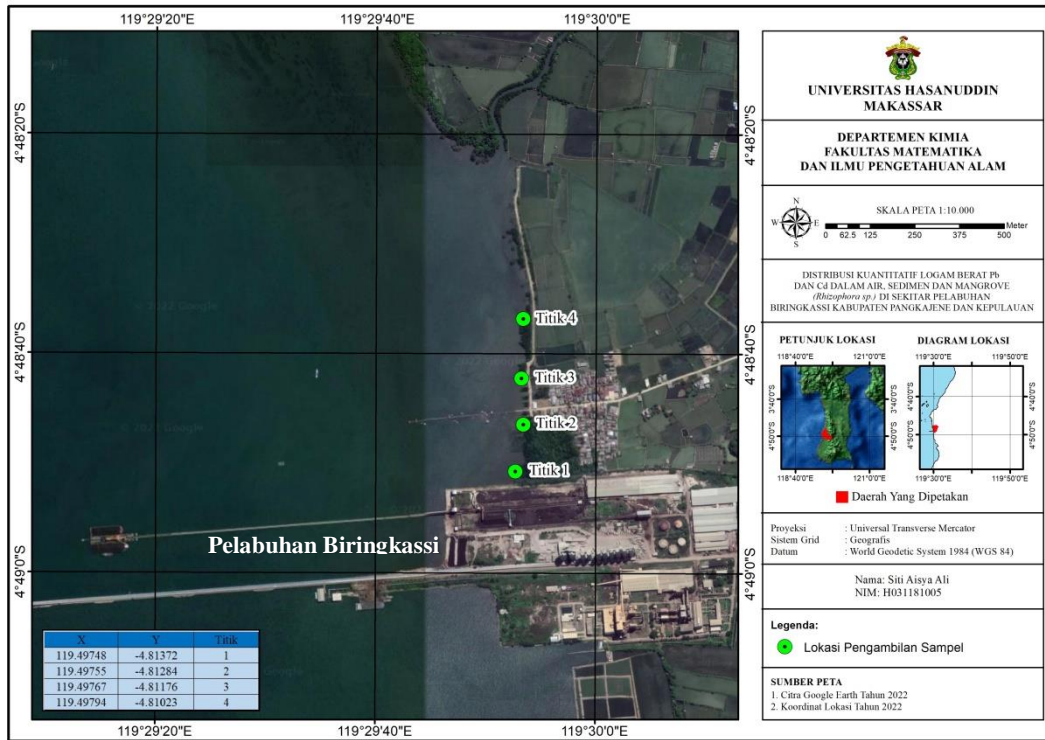
$$x = 0,1873 \text{ mg/L}$$

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

$$C_{Cu} = \frac{0,1873 \text{ mg/L} \times 50 \times 10^{-3} \text{ L}}{0,9998 \times 10^{-3} \text{ kg}}$$

$$C_{Cu} = 9,36 \text{ mg/kg}$$

Lampiran 4. Gambar Peta Lokasi



Gambar 6. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Lampiran 5. Dokumentasi



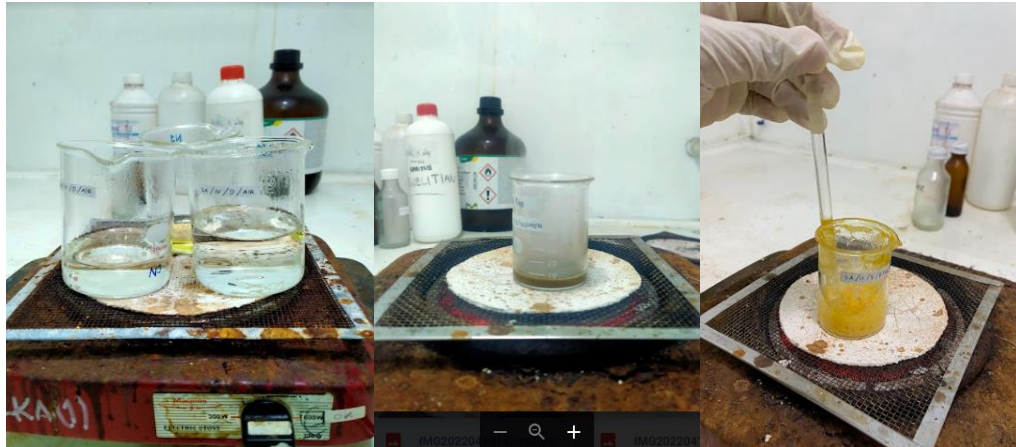
a. Sampling





b. Preparasi Sampel





c. Destruksi Sampel



d. Hasil destruksi disaring



e. Sampel siap dianalisis



f. Proses analisis sampel dengan menggunakan SSA