

Skripsi

FITOAKUMULASI Cd DAN Zn DALAM TUMBUHAN BAKAU

***Rhizophora mucronata* DI SUNGAI TALLO MAKASSAR**

M. DAVID

H311 12 273



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2016

FITOAKUMULASI Cd DAN Zn DALAM TUMBUHAN BAKAU

***Rhizophora mucronata* DI SUNGAI TALLO MAKASSAR**

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

M. DAVID

H311 12 273



MAKASSAR

2016

Skripsi

FITOAKUMULASI Cd DAN Zn DALAM TUMBUHAN BAKAU

***Rhizophora mucronata* DI SUNGAI TALLO MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

M. DAVID

H311 12 273

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pertama



Dr. H. Yusafir Hala, M.Si
NIP. 19580510 198810 1 001

*"Pendidikan
merupakan
Perlengkapan
Paling Baik
untuk
Hari Tua"*

Aristoteles

PRAKATA

Assalamualaikum, WR. WB.,

Puji syukur kehadiran **Allah SWT** yang maha mendengar lagi maha melihat dan atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berjudul “Fitoakumulasi Cd dan Zn dalam Tumbuhan Bakau *Rhizophora mucronata* di Sungai Tallo Makassar”. Tak lupa, shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Baginda Nabi Besar **Muhammad SAW** beserta seluruh Keluarga dan Sahabatnya.

Pada lembaran ini penulis hendak menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada kedua orang tua tercinta, ayahanda **Abd. Hamid M** (alm) dan ibunda **Hadijah** yang selalu memberi doa yang terbaik dan dukungan dalam memperoleh pendidikan. Tidak terlupakan pula ucapan terima kasih kepada saudara/saudariku **Fanny, Deny, Faldy, Farid, Heriany** dan **Ridwan** serta **Keluarga Besar** yang selalu memberi semangat.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Dr. H. Syarifuddin Liong, M.Si** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. H. Yusafir Hala, M.Si** selaku pembimbing pertama yang telah berkenan meluangkan waktu dan tenaganya dalam membimbing dan memberikan arahan yang sangat berharga dari awal persiapan hingga selesainya laporan skripsi ini.
2. Tim penguji, yaitu **Dr. Seniwati, M.Si** (ketua), **A.M. Anshar, S.Si, M.Si** (sekretaris), dan **Prof. Dr. Nunuk Hariani S, MS** (anggota).
3. Ibu **Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc** selaku Kepala Laboratorium Kimia Analitik yang telah memberikan izin pemakaian laboratorium sebagai

tempat penelitian dan **Kak Fiby** yang selalu sabar melayani peminjaman alat kimia dan telah membantu dalam analisa SSA.

4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia yang telah banyak membimbing.
5. Analis Laboratorium **Pak Ikbal, Pak Sugeng, Ibu Tini, Kak Anty, Kak Linda,** dan **Hanna** serta **Ibu Misna** selaku kepala Perpus MIPA .
6. Partner penelitian, **Rico** dan **Yafet** atas kerjasama yang baik mulai dari awal penyusunan proposal, penelitian hingga selesainya skripsi ini. Teman-teman peneliti di Laboratorium Kimia Analitik, **Anshar, Tewe, Arma, Dian, Mido, Uphy, Tia, dan Egi,** yang selalu menemani di laboratorium selama penelitian.
7. Genk **Ceribel: Anshar, Arma, Dian, Maan, Mido, Niche, Sultan, Tia, Uphy, Rico, Tewe,** dan **Yafet.** Terima kasih atas dukungan, doa dan semangatnya selama penyelesaian skripsi ini.
8. Teman “Panel” **Resky Dwiwana P.M**
9. Teman-teman seperjuangan **H312OES.**
10. Pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada Penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis sadar akan kekurangan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dalam penulisan selanjutnya. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca dan peneliti berikutnya.

Penulis,

2016

ABSTRAK

Penelitian tentang fitoakumulasi Cd dan Zn dalam tumbuhan *Rhizophora mucronata* di Sungai Tallo telah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi Cd dan Zn pada musim kemarau dan hujan. Sampel sedimen dan jaringan tumbuhan diambil pada tiga stasiun di Sungai Tallo dengan menggunakan alat potong dan *eckman grab*. Sedimen didekstruksi menggunakan $\text{HNO}_3(\text{P})$, sedangkan jaringan tumbuhan didekstruksi menggunakan HNO_3 6M kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi Cd rata-rata dalam sedimen pada Stasiun 1, 2, dan 3 berturut-turut 44,01 ppm; 48,50 ppm; dan 45,87 ppm. Konsentrasi Zn rata-rata dalam sedimen pada Stasiun 1, 2, dan 3 berturut-turut 200,58 ppm; 203,55 ppm; dan 338,31 ppm. Akumulasi Cd dan Zn dalam *Rhizophora mucronata* pada musim kemarau lebih besar dibanding musim hujan. Konsentrasi Cd di Stasiun 1 pada musim kemarau dalam kulit batang > akar > daun, pada musim hujan akar > daun > kulit batang. Stasiun 2 menunjukkan pola yang sama pada musim kemarau dan hujan yaitu daun > kulit batang > akar. Stasiun 3 musim kemarau dalam daun > akar > kulit batang, musim hujan dalam akar > kulit batang > daun. Konsentrasi Zn di Stasiun 1 pada musim kemarau dalam kulit batang > daun > akar, musim hujan akar > kulit batang > daun. Stasiun 2 dan 3 menunjukkan pola yang sama disetiap musim yaitu pada musim kemarau daun > kulit batang > akar, sedangkan musim hujan akar > daun > kulit batang. Nilai BCF dan TF menunjukkan bahwa secara alamiah *Rhizophora mucronata* dapat digunakan sebagai tumbuhan fitoremediasi terhadap Cd dan Zn khususnya fitoekstraksi, namun bukan hiperakumulator.

Kata Kunci: Cd, Zn, Fitoakumulasi, Fitoremediasi, *Rhizophora mucronata*, Sungai Tallo, dan Spektrofotometer Serapan Atom.

ABSTRACT

Research about phytoaccumulation Cd and Zn in *Rhizophora mucronata* plant in Tallo River aiming to know the capability of *Rhizophora mucronata* to accumulate Cd and Zn in dry and rainy season. Sediment and plant tissue taken at three station in Tallo River by using cutting tool and eckman grab. Sediment has been destructed with HNO₃ 65 %, while the plant tissue has been destructed with HNO₃ 6M and then analyzed by using Atomic Absorption Spectrophotometer. The result shows the average concentration of Cd in sedimen at Station 1, 2, and 3 consecutively 44.01 ppm; 48.50 ppm; and 45.87 ppm. Average concentration of Zn in sediment at Station 1, 2, and 3 consecutively 200.58 ppm; 203.55 ppm; and 338.31 ppm. Accumulation of Cd and Zn in *Rhizophora mucronata* in dry season is bigger than in rainy season. Concentration of Cd at Station 1 in dry season in bark > root > leaf, in rainy season root > leaf > bark. Station 2 shows the same pattern in the dry and rainy season which are leaf > bark > root. Station 3 in dry season leaf > root > bark, in rainy season root > bark > leaf. Concentration of Zn at Station 1 in dry season bark > leaf > root, in rainy season root > bark > leaf. Station 2 and 3 show the same pattern in every season which are in dry season leaf > bark > root, while in rainy season root > leaf > bark. BCF and TF value show that *Rhizophora mucronata* can be use as phytoremediation plant naturally to Cd and Zn especially phytoextraction, but it isn't hyperaccumulator.

Keywords: Atomic Absorption Spectrophotometer, Cd, Zn, Phytoaccumulation, Phytoremediation, *Rhizophora mucronata*, and Tallo River.

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Maksud Penelitian	3
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sungai Tallo dan Pencemaran Logam Berat.....	5
2.2 Aspek Pencemaran Cd	9
2.3 Aspek Pencemaran Zn	11
2.4 Fitoakumulasi Logam	12
2.5 Hutan Bakau.....	14
2.5.1 Manfaat Hutan Bakau.....	15
2.5.2 Bakau <i>Rhizophora mucronata</i>	16

BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Bahan Penelitian	18
3.2 Alat Penelitian	18
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.4 Prosedur Penelitian	19
3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel	19
3.4.2 Pengambilan Sampel.....	19
3.4.2.1 Pengambilan Sampel Sedimen	20
3.4.2.2 Pengambilan Sampel Jaringan-jaringan Bakau.....	20
3.4.3 Perlakuan Sampel	20
3.4.3.1 Preparasi Sampel Sedimen.....	20
3.4.3.2 Preparasi Sampel Jaringan-jaringan Bakau.....	20
3.4.3.3 Destruksi dan Analisis Sampel Sedimen.....	21
3.4.3.4 Destruksi dan Analisis Sampel Jaringan-jaringan Bakau.....	21
3.4.4 Penentuan Kadar Logam.....	21
3.4.4.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Cd 10.000 ppm.....	21
3.4.4.2 Pembuatan Larutan Baku Induk Zn 10.000 ppm.....	22
3.4.4.3 Penentuan Konsentrasi Logam.....	22
3.5 Fitoakumulasi Logam.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Hasil Analisis Cd dan Zn dalam Sedimen.....	24
4.2 Hasil Analisis Cd dan Zn dalam Jaringan Tumbuhan <i>Rhizophora mucronata</i>	27
4.3 Fitoakumulasi Logam.....	32
4.3.1 Nilai BCF.....	33

4.3.2 Nilai TF.....	34
4.4 Hiperakumulator.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Konsentrasi Cd dalam Sedimen	24
2. Konsentrasi Zn dalam Sedimen.....	26
3. Konsentrasi Cd dalam Jaringan Tumbuhan.....	28
4. Konsentrasi Zn dalam Jaringan Tumbuhan.....	29
5. Nilai BCF dan TF untuk Cd.....	33
6. Nilai BCF dan TF untuk Zn.....	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Peta Sungai Tallo Makassar	6
2. Profil Bakau <i>Rhizophora mucronata</i> di Sungai Tallo.....	16
3. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	19
4. Reaksi antara Fitokhelatin dengan Cd.....	31
5. Reaksi antara Asam Sitrat dengan Zn.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Bagan Kerja.....	43
2. Hasil Identifikasi <i>Rhizophora mucronata</i> di Sungai Tallo.....	48
3. Dokumentasi Penelitian.....	49
4. Standar Kualitas Sedimen.....	52
5. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	53
6. Kurva Standar.....	58
7. Perhitungan Kadar Logam Dalam Sampel.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Tallo merupakan salah satu sungai yang mengalir di Kota Makassar yang memiliki fungsi sebagai pemukiman, jalur transportasi dan juga sebagai drainase (Suhadiyah, dkk., 2015). Kegiatan-kegiatan tersebut akan berdampak pada pencemaran sungai dan dapat menyebabkan keracunan pada flora dan fauna yang disebabkan oleh zat pencemar khususnya logam berat yang biasanya terakumulasi pada sedimen (Akoto, dkk., 2008).

Logam berat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti pembasmi hama, pupuk, dan limbah pabrik yang dibuang ke lingkungan yang dapat menambah tingkat pencemaran lingkungan (Darmono, 1995). Pencemaran yang diakibatkan oleh logam-logam berat dalam air sangat penting untuk diperhatikan karena beberapa logam berat sangat toksik untuk hewan dan manusia. Logam-logam tersebut bersifat sangat tahan lama dan akibat keracunannya juga dapat bertahan dalam waktu yang lama (Sumardjo, 2009). Logam Cd dan Zn adalah dua dari beberapa logam berat yang dapat mencemari lingkungan serta menyebabkan keracunan (Darmono, 1995). Logam Cd bersifat toksik dan merugikan bagi semua organisme hidup, bahkan juga berbahaya bagi manusia (Tarigan, dkk., 2003). Menurut Setiawan dan Subiandono (2015), konsentrasi Cd dalam sedimen pada muara Sungai Tallo telah melewati ambang batas yaitu sebesar 5,16 ppm. Hal tersebut tentunya dapat membahayakan biota perairan yang hidup di Sungai Tallo.

Berbeda dengan Cd, Zn merupakan logam esensial yang dibutuhkan sebagai nutrisi baik bagi hewan maupun manusia (Darmono, 1995). Namun, Zn yang masuk ke organ biologis dengan konsentrasi yang tinggi juga dapat menyebabkan efek toksik terutama pada hewan air seperti ikan, kepiting, dan rajungan (Suprijono, dkk., 2008).

Usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi pencemaran logam berat ialah dengan cara penyerapan logam berat oleh tumbuhan atau fitoremediasi. Menurut Walker (2011), Arsyad dan Rustiadi (2008), pembersihan kawasan tercemar dapat dilakukan dengan menggunakan tumbuhan. Tumbuhan menyimpan bahan kimia di dalam batang dan daunnya namun bahan kimia yang terakumulasi tidak akan membahayakan tumbuhan tersebut. Tumbuhan dapat melakukan proses fitoakumulasi terhadap zat kontaminan/pencemar di sekitarnya sebagaimana menurut Pivetz (2001), yaitu fitoekstraksi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi, fitodegradasi, rizodegradasi, dan rizofiltrasi.

Salah satu tumbuhan yang dapat menyerap logam adalah tumbuhan bakau karena memiliki kemampuan dalam mengakumulasi dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam berat (Handayani, 2006). *Rhizophora mucronata* merupakan salah satu jenis tumbuhan bakau yang dapat menyerap dan mengakumulasi logam (Pahalawattarachchi, dkk., 2009). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Handayani (2006), bahwa kandungan Cd dan Zn yang tinggi dalam *Rhizophora mucronata* yaitu masing-masing sebesar 37,912 ppm dan 19,546 ppm menunjukkan kemampuan tumbuhan tersebut dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungannya. Pada penelitian ini juga dilakukan pada musim yang berbeda yaitu pada musim kemarau dan musim hujan untuk mengetahui apakah ada perbedaan akumulasi *Rhizophora mucronata* terhadap Cd dan Zn.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini telah dilakukan studi fitoakumulasi Cd dan Zn pada bakau *Rhizophora mucronata* di Sungai Tallo. Selain menentukan fitoakumulasi Cd dan Zn juga ditentukan kemampuan bakau *Rhizophora mucronata* sebagai tumbuhan hiperakumulator terhadap logam tersebut, sehingga dapat memberikan informasi serta pemanfaatan *Rhizophora mucronata* dalam mengatasi pencemaran logam berat di perairan.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana translokasi dan akumulasi Cd dan Zn pada tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* di Sungai Tallo Kota Makassar?
2. Bagaimana mekanisme fitoremediasi *Rhizophora mucronata* terhadap Cd dan Zn di Sungai Tallo Kota Makassar?
3. Bagaimana potensi *Rhizophora mucronata* sebagai tumbuhan hiperakumulator terhadap Cd dan Zn?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui translokasi logam Cd dan Zn pada tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dan menentukan fitoakumulasi tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* terhadap Cd dan Zn yang berasal dari Sungai Tallo, serta kemampuan *Rhizophora mucronata* sebagai tumbuhan hiperakumulator.

1.3.2 Tujuan Penelitian

1. Menentukan translokasi Cd dan Zn pada bakau *Rhizophora mucronata* yang berasal dari Sungai Tallo, Makassar, Sulawesi selatan.
2. Menentukan mekanisme fitoremediasi *Rhizophora mucronata* terhadap Cd dan Zn di Sungai Tallo Kota Makassar.
3. Menentukan potensi *Rhizophora mucronata* sebagai tumbuhan hiperakumulator terhadap Cd dan Zn.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai kemampuan tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* untuk mengakumulasi Cd dan Zn, juga potensi *Rhizophora mucronata* sebagai tumbuhan hiperakumulator. Hasil penelitian juga diharapkan dapat memberikan gambaran dan informasi kepada masyarakat dalam pemanfaatan tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* sebagai penjaga kestabilan kawasan perairan yang telah tercemar dan juga dapat menambah pengetahuan dan pengalaman bagi peneliti dan pembaca.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai Tallo dan Pencemaran Logam Berat

Kota Makassar adalah kota yang letaknya berada pada pesisir pantai, membentang di sepanjang bagian barat dan utara, lazim dikenal sebagai kota dengan ciri *Waterfront City*. Di dalamnya mengalir beberapa sungai yang semuanya bermuara ke dalam kota (Sungai Tallo, Sungai Jeneberang, Sungai Pampang). Sungai Tallo dan Pampang yang bermuara di bagian utara Makassar merupakan sungai dengan kapasitas rendah berdebit kira-kira hanya mencapai 0-5 m/detik di musim kemarau (Anonim, 2011).

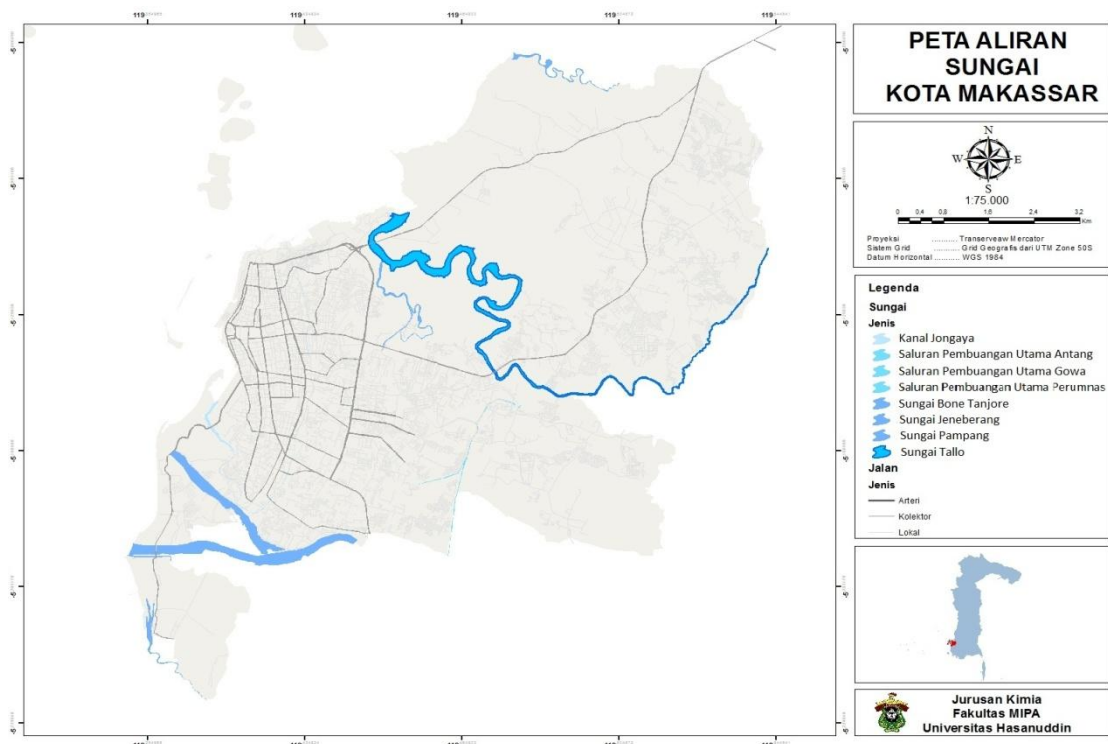
Sungai Tallo yang mengalir di Kota Makassar memiliki fungsi sebagai pemukiman dan jalur transportasi serta juga berfungsi sebagai drainase. Kegiatan konservasi berpotensi menyebabkan berkurangnya flora yang memiliki fungsi ekologi, ekonomis serta spesies endemik pada kawasan tersebut (Suhadiyah, dkk., 2015).

Luas Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo sekitar $\pm 437,75$ km² yang berhulu dari Gunung Kallapolompo (elevasi 725 m), panjang Sungai Tallo sekitar 72 km, alur Sungai yang berbelok-belok dengan belokan-belokan tajam terdapat pada ruas hilir. Area dataran rendahnya tersebar pada daerah hilir sampai di kawasan Kota Makassar (Burhan, 2015).

Pada kawasan Sungai Tallo telah berkembang kegiatan jasa dan industri kapal, industri kayu dan pergudangan seperti Kawasan Industri Makassar (KIMA). Di sepanjang bibir Sungai Tallo di sekitar jembatan tol telah

berkembang perumahan nelayan yang menjorok sampai badan sungai (Arifuddin, dkk., 2013).

Beberapa industri yang berlokasi di DAS Tallo yaitu PT. PLN, PT. Dataran Bosowa, PT. Sermani Steel Corporation, PT. KIMA, PT. Tokai Material, UD. Luhur Plastik, UD. Kilat Makassar, PT. Katingan Timber Company, PT. Megah Putra Sejahtera, UD. Semangat Jaya, PT. Sinar Graha, PT. Tiga R, PT. Citra Arisco Mina, PT. Barawaja, UD. Mujur, PD. Sari Indah Packagin Industri, dan CV. Cahaya cemerlang (Anonim, 2014).



Gambar 1. Peta Sungai Tallo Makassar (Sumber: digambar oleh Yuni Andiyani)

Aktivitas industri yang sangat tinggi ini ternyata telah menimbulkan bermacam-macam efek yang buruk bagi kehidupan manusia dan tatanan lingkungan hidupnya. Aktivitas yang pada prinsipnya merupakan usaha manusia untuk dapat hidup dengan layak dan berketurunan dengan baik, telah membuat manusia untuk melakukan tindakan-tindakan yang menyalahi kaidah-kaidah yang

ada dalam tatanan lingkungan hidupnya. Akibatnya terjadi pergeseran keseimbangan dalam tatanan lingkungan dari bentuk asal ke bentuk baru yang cenderung lebih buruk (Palar, 1994).

Logam berat merupakan salah satu contoh pencemar pada sungai yang biasanya terakumulasi dalam sedimen. Hal ini terjadi oleh karena aktivitas manusia yang membuang limbah ke dalam sungai. Dampak dari aktivitas tersebut akan mencemari sungai serta menyebabkan keracunan pada flora dan fauna (Akoto, dkk., 2008).

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam oleh manusia. Pada awal digunakannya logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemaran pada lingkungan. Proses oksidasi dari logam yang menyebabkan perkaratan sebetulnya merupakan tanda-tanda adanya hal tersebut di atas (Darmono, 1995).

Pencemaran yang diakibatkan oleh logam-logam berat dalam air juga sangat penting untuk diperhatikan. Beberapa logam berat sangat toksik untuk hewan dan manusia. Logam-logam tersebut bersifat sangat tahan lama dan akibat keracunannya juga bisa bertahan dalam waktu yang lama (Sumardjo, 2009).

Semakin berkembangnya industri, seperti industri kertas, tekstil, penyamak kulit dan sebagainya, semakin banyak pula logam berat yang digunakan kemudian dibuang sebagai limbah, seperti timbal, kromium, tembaga, kadmium, nikel, dan seng. Limbah logam tersebut dapat menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat terakumulasi pada sedimen dan air serta melebihi nilai ambang batas yang akan menyebabkan penyakit serius bagi manusia apabila terakumulasi di dalam tubuh (Danarto, dkk., 2005).

Logam berat digunakan sebagai bahan baku pada berbagai jenis industri untuk memenuhi kebutuhan manusia, akibat dari penggunaan dapat mempengaruhi kesehatan manusia melalui 2 jalur sebagaimana menurut Darmono (1995) yaitu: (1) Kegiatan industri akan menambah jumlah polutan logam dalam lingkungan udara, air, tanah, dan makanan; (2) Perubahan biokimia logam sebagai bahan baku berbagai jenis industri bisa mempengaruhi kesehatan manusia.

Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan adalah merkuri, timbal, arsen, kadmium, kromium, dan nikel. Logam-logam tersebut diketahui dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme, dan tetap tinggal di tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Fardiaz, 1992).

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada jaringan tubuh mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan (Widowati, dkk., 2008).

Diantara beberapa jenis logam yang telah ditemukan ternyata beberapa logam sangat berbahaya meskipun dalam jumlah yang kecil dapat menyebabkan keracunan fatal. Menurut Gossel dan Bricker (1984) dalam Darmono (2001), ada 5 logam berbahaya pada manusia yaitu, arsen, kadmium, timbal, merkuri, dan besi. Selain itu, ada tiga logam yang kurang beracun, yaitu tembaga, selenium, dan seng.

Kadmium dan seng mempunyai kesamaan dalam sifat fisik dan kedua logam ini termasuk dalam golongan II-B dari sistem priodik. Logam Cd dan Zn

biasanya selalu ditemukan bersamaan dalam tambang maupun dalam jaringan hewan. Telah diketahui bahwa Cd adalah logam beracun dan Zn adalah logam esensial namun akan bersifat toksik apabila banyak terakumulasi dalam tubuh. Dari hubungan kedua logam tersebut yang menarik adalah adanya kemungkinan keracunan Cd dapat dicegah dengan pemberian Zn namun pada dosis tertentu (Darmono, 1995).

2.2 Aspek Pencemaran Cd

Kadmium berwarna putih keperakan menyerupai aluminium. Logam ini juga sering digunakan untuk melapisi logam seperti halnya Zn, dan memiliki kualitas yang lebih baik. Logam ini juga biasa digunakan sebagai elektrolisis dimana logam direndam atau disemprot. Seperti halnya Pb, Cd juga banyak digunakan sebagai bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik, biasanya dalam bentuk persenyawaan sulfida yang dapat memberi warna kuning sampai coklat sawo matang (Darmono, 1995).

Sifat dan kegunaan logam Cd menurut Darmono (1995), adalah: (1) Mempunyai sifat tahan panas sehingga sangat bagus untuk campuran dalam pembuatan bahan-bahan keramik, enamel dan plastik; dan (2) Tahan terhadap korosi sehingga baik digunakan untuk melapisi besi dan baja. Sehubungan dengan banyaknya penggunaan Cd, maka pelepasan Cd dari limbah industri ditambah Cd yang berasal dari alam akan menimbulkan pencemaran lingkungan yang meluas, mengingat Cd merupakan substansi yang tetap di dalam lingkungan (Widowati, dkk., 2008).

Kadmium menjadi populer setelah timbulnya pencemaran air sungai di wilayah Kumatono Jepang yang menyebabkan keracunan pada manusia. Logam

ini biasanya selalu bercampur dengan logam lain, terutama dalam pertambangan Zn dan timah hitam yang juga ditemukan kadmium dengan kadar 0,2-0,4 %. Logam Cd masuk ke dalam lingkungan lewat air limbah dan emisi debu dari industri. Tumbuhan yang tumbuh di dekat kawasan industri akan mengakumulasi Cd lewat akar dan menyimpan bahan tersebut di dalam sel-selnya (Wildmer, 2006).

Kadmium diserap oleh tanaman dari tanah melalui akarnya dan didistribusikan dalam bagian tanaman. Jumlah Cd yang diserap oleh tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk pH tanah dan kandungan mineral lain, serta pemupukan tanah oleh fosfat. Logam Cd masuk ke dalam tubuh terutama melalui saluran pencernaan dan saluran pernapasan. Absorpsi Cd melalui saluran pencernaan biasanya relatif kecil, yaitu sekitar 4-6 % pada manusia. Logam Cd merupakan logam penyebab toksisitas kronis yang biasanya terakumulasi di dalam tubuh terutama pada ginjal yang akan menyebabkan kegagalan fungsi pada ginjal. Logam ini mungkin tidak menunjukkan gejala pada penderita selama bertahun-tahun. Keracunan Cd dalam jangka panjang ini bersifat toksik terhadap beberapa macam organ, yaitu paru-paru, tulang, hati, dan ginjal (Darmono, 1995).

Kadmium bersifat racun dan merugikan bagi semua organisme hidup, bahkan juga berbahaya untuk manusia. Kelarutan Cd dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan. Biota-biota yang tergolong kelas udang-udangan (*crustacea*) akan mengalami kematian dalam selang waktu 24-504 jam bila Cd atau persenyawaan Cd terlarut sebesar 0,005-0,15 ppm (Tarigan, dkk., 2003).

Kadmium masuk ke dalam tubuh hewan melalui dua jalur yaitu saluran pencernaan (pakan) dan saluran pernapasan (udara). Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa absorpsi Cd lewat saluran pencernaan sangat sedikit yaitu

sekitar 3-8 % dari total Cd yang dimakan. Inhalasi Cd biasanya relatif kecil pada hewan atau manusia, kecuali pada perokok berat. Walaupun begitu absorpsi Cd melalui paru-paru jauh lebih besar dari pada absorpsi melalui saluran pencernaan yaitu sekitar 25-50 %. Setelah Cd diabsorpsi dalam tubuh kemudian didistribusikan oleh darah ke berbagai jaringan tubuh, terutama terakumulasi dalam hati dan ginjal (Darmono, 1995).

Kadmium dapat merusak ginjal sehingga tekanan darah menjadi tinggi. Disamping itu juga dapat menyebabkan penyakit tulang dan kanker. Bahkan, apabila terkontaminasi dalam jumlah yang sangat kecil dengan waktu yang cukup lama juga dapat menyebabkan keracunan kronis (Wildmer, 2006).

2.3. Aspek Pencemaran Zn

Seng merupakan logam esensial pada dosis tertentu dibutuhkan sebagai unsur nutrisi pada hewan dan manusia. Sekitar 200 jenis enzim mengandung Zn, sehingga Zn merupakan logam yang paling banyak berikatan dengan enzim. Sampai sekarang 30 jenis enzim telah diidentifikasi dalam tubuh manusia dan hanya beberapa dari enzim tersebut dapat dikarakterisasi dengan baik pada tingkat molekul (Darmono, 1995).

Seng juga berperan dalam menyusun struktur protein dan membran sel. Logam Zn berperan menstabilkan struktur protein, membantu sistem imunitas tubuh, dibutuhkan dalam penyembuhan luka, serta dapat membantu syaraf perasa dan penciuman (Widowati, dkk., 2008).

Seng biasanya ditemukan dalam suatu pertambangan logam sebagai bentuk persenyawaan sulfida. Seng dan beberapa bentuk persenyawaannya digunakan dalam produksi logam campuran misalnya pada pembuatan perunggu,

loyang, dan kuningan. Persenyawaan Zn juga sering digunakan dalam pelapisan logam seperti baja dan besi yang merupakan produk anti karat. Logam Zn juga digunakan sebagai zat warna untuk cat, lampu, gelas, bahan keramik, peptisida, dan sebagainya (Darmono, 1995).

Seng sangat bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari dalam konsentrasi yang tepat namun akan bersifat toksik apabila melebihi ambang batas. Keracunan Zn sering dijumpai pada hewan yang hidup di daerah tercemar. Keracunan Zn sering dijumpai bersamaan dengan keracunan Cd secara kronis (Darmono, 1995).

Seng merupakan zat yang berbahaya jika masuk ke organ biologis dalam konsentrasi yang tinggi. Zat kimia tersebut dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan keracunan, terutama pada hewan air seperti ikan, kepiting, dan rajungan. Logam Zn mempunyai kecenderungan terakumulasi dalam organ biologis, terutama dalam bentuk ion, karena bentuk ion mempunyai kelarutan yang lebih besar dalam lemak (Suprijono, dkk., 2008).

Seng cenderung lebih mudah melepaskan elektron dibanding dengan tembaga, karena Zn biasa ditemukan dalam bentuk Zn^{+2} . Toksisitas Zn dalam air sangat bervariasi untuk beberapa spesies. Logam Zn pada konsentrasi 0,3 ppm dalam air merupakan dosis letal untuk beberapa jenis siput dan jenis ikan, sedangkan pada cacing *caddis* dapat menyesuaikan sampai 500 ppm. Beberapa faktor dapat mempengaruhi tingkat toksisitas Zn^{+2} dalam air salah satunya apabila meningkatnya temperatur air antara 15,5-21,5 °C (Sumardjo, 2009).

2.4 Fitoakumulasi Logam

Fitoremediasi didefinisikan sebagai pembersihan polutan oleh tanaman (Hidayati, 2005). Fitoremediasi menggunakan tanaman untuk membersihkan

lingkungan yang terkontaminasi. Tanaman dapat membantu membersihkan berbagai jenis kontaminan termasuk logam, pestisida, bahan peledak, dan minyak (anonim, 2012). Menurut Arsyad dan Rustiadi (2008) serta Walker (2011), pembersihan kawasan tercemar dapat dilakukan dengan menggunakan tumbuhan. Tumbuhan tersebut menyimpan bahan kimia di dalam batang dan daunnya namun bahan kimia yang terakumulasi tidak akan membahayakan tumbuhan tersebut.

Mekanisme Fitoremediasi yang dapat dilakukan oleh tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar disekitarnya sebagaimana menurut Pivetz (2001), yaitu: (1) Fitoekstraksi yaitu proses dimana tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga terakumulasi pada akar dan selanjutnya ditranslokasi ke jaringan-jaringan tumbuhan. Proses ini cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik; (2) Rizofiltrasi yaitu proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar melalui sistem hidroponik, dimana kontaminan dalam air akan terakumulasi pada akar; (3) Fitostabilisasi yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar sehingga terjadi penurunan mobilitas pada kontaminan; (4) Rizodegradasi yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi atau bakteri; (5) Fitodegradasi yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang memiliki molekul kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana, yang dapat berguna bagi pertumbuhan pada tumbuhan itu sendiri; dan (6) Fitovolatilisasi yaitu terjadi penarikan dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam tanah sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya dilepaskan ke atmosfer. Teknik ini lebih tepat untuk remediasi senyawa-senyawa organik yang umumnya bersifat volatil.

Tumbuhan yang tumbuh di daerah tercemar logam dapat mengakumulasi logam berat tersebut melalui penyerapan dari akar, diikuti pembentukan senyawa kelat dengan protein yang disebut fitokelatin, diakumulasi pada jaringan tubuh, kemudian didistribusikan ke batang, daun dan bagian lainnya (Hidayatus, dkk., 2014). Sejumlah tumbuhan telah terbukti dapat beradaptasi terhadap lingkungan marginal dan ekstrim seperti tanah limbah yang banyak terkontaminasi zat-zat beracun dan memiliki kualitas fisik, kimia maupun biologis sangat rendah (Hidayati, 2005).

Beberapa tumbuhan memiliki sifat hipertoleransi yang tinggi terhadap logam berat sehingga bersifat hiperakumulator. Hipertoleransi merupakan dasar untuk hiperakumulator, serta harus memiliki tingkat penyerapan dan translokasi yang tinggi (Hidayati, 2005). Tumbuhan hiperakumulator logam memiliki potensi yang luar biasa untuk pengaplikasian dalam meremediasi logam di lingkungan. Hiperakumulator dapat mengakumulasi logam dalam jumlah yang sangat besar pada jaringan-jaringan tumbuhannya (Prasad dan Freitas, 2003).

2.5 Hutan Bakau

Bakau merupakan ekosistem unik dengan fungsi yang unik pula dalam lingkungan hidup. Oleh adanya pengaruh laut dan daratan, di kawasan bakau terjadi interaksi kompleks antara sifat fisika dan sifat biologi. Karena sifat fisiknya, bakau mampu berperan sebagai penahan ombak serta penahan intrusi dan abrasi air laut (Arief, 2003).

Daerah hutan bakau umumnya didapat di estuarin pada wilayah tropis atau terdapat di sepanjang pantai yang terlindung oleh terumbu karang (*coral reef*) atau pulau-pulau yang terletak di lepas pantai. Daerah hutan bakau merupakan suatu

tempat yang bergerak di tanah, lumpur dan daratan secara terus-menerus dibentuk oleh tumbuhan-tumbuhan yang kemudian secara perlahan-lahan berubah menjadi daerah *semi-terrestrial* (Hutabarat dan Evans, 1985).

Melalui modifikasi akar dan daunnya, bakau mampu hidup pada berbagai macam substrat yang masih mendapat pengaruh pasang surut. Kandungan logam berat pada sedimen mampu mempengaruhi proses biologi dan ekologi, walaupun bakau mempunyai imunitas terhadap logam berat (Paz-Alberto dan Sigua, 2013).

2.5.1 Manfaat Hutan Bakau

Bakau merupakan ekosistem yang sangat produktif. Berbagai produk dari bakau dapat dihasilkan baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya adalah kayu bakar, bahan bangunan untuk keperluan rumah tangga, kertas, kulit, obat-obatan dan untuk perikanan (Noor, dkk., 1999).

Hutan bakau merupakan sumber daya alam daerah tropika yang mempunyai manfaat ganda dengan pengaruh yang sangat luas apabila ditinjau dari aspek sosial, ekonomi, dan ekologi. Besarnya peranan hutan atau ekosistem bakau bagi kehidupan, dapat diketahui dari banyaknya jenis hewan, baik yang hidup di dalam perairan, di atas lahan maupun di tajuk-tajuk pohon bakau serta manusia yang hidup bergantung pada hutan bakau (Soemodihardjo, 1991).

Setyawan dan Winanrno (2006) mengemukakan bahwa ekosistem utama yang terdapat pada muara sungai merupakan ekosistem bakau, kondisi ini juga terdapat di muara Sungai Tallo. Fungsi ekologi hutan bakau meliputi tempat sekuestrasi karbon, remediasi bahan pencemar, menjaga stabilitas pantai dari abrasi, instrusi air laut dan *nursery ground* serta pemijahan.

Salah satu tumbuhan bakau yang dapat mengakumulasi logam adalah *Rhizophora mucronata*. Menurut Handayani (2006), bahwa kandungan logam berat yang tinggi dalam *Rhizophora mucronata* menunjukkan kemampuan tumbuhan tersebut dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungannya, sehingga dapat meredam pencemaran logam di perairan Estuari Jakarta, diketahui bahwa bagian akar pada tumbuhan bakau yang paling banyak menyerap logam berat.

2.5.2 Bakau *Rhizophora mucronata*

Rhizophora mucronata adalah salah satu spesies bakau yang tersebar secara luas dan merupakan spesies yang diperlukan untuk praktek silvikultur. *Rhizophora mucronata* juga dimanfaatkan untuk program penanaman bakau karena kualitasnya yang baik seperti tingkat pertumbuhan yang cepat dan benih vivipar yang mudah untuk ditanam (Pahalawattarachchi, dkk., 2009).



(b)

(a)

Gambar 2. (a). Profil Bakau *Rhizophora mucronata* di Sungai Tallo (sumber: Yayasan Keragaman Hayati Sulawesi (Lampiran 3); (b) Bakau *Rhizophora mucronata* (sumber: <http://tropical.theferns.info/image.php?id=Rhizophora+mucronata>, diakses 28-September-2016).

Menurut Elevelth (2006), tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Phylum : Tracheopyta
Class : Magnoliopsida
Ordo : Rhizophorales
Family : Rhizophoraceae
Genus : *Rhizophora*
Species : *Rhizophora mucronata* Lmk.

Tinggi *Rhizophora mucronata* mencapai 27 meter, jarang melebihi 30 meter. Memiliki diameter batang hingga 70 cm dengan warna gelap pada bagian kulit kayu dan terdapat celah-celah horizontal. Berakar tunjang dan akar udara yang tumbuh dari percabangan bagian bawah. *Rhizophora mucronata* biasa digunakan sebagai bahan bakar dan arang, tannin dari kulit kayu digunakan untuk pewarnaan, dan kadang-kadang digunakan sebagai obat dalam kasus *hematuria* (pendarahan pada air seni). Pohon bakau *Rhizophora mucronata* biasa juga ditanam di sepanjang tambak untuk melindungi pematang (Noor, dkk., 1999).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sedimen, akar, kulit batang, dan daun *Rhizophora mucronata* yang diperoleh dari Sungai Tallo Makassar, akuades, akuabides, HNO₃ 63% (*Merck*), H₂O₂ 30 %(*Merck*), Cd(NO₃)₂ (*Merck*), Zn(NO₃)₂ (*Merck*), Na₂CO₃ (*Merck*), kertas saring Whatman 42 (*Merck*), dan akuabides pH 2 yang dibuat dengan menambahkan HNO₃ 63 % pada akuabides.

3.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Neraca Ohaus AP 110, *eckman grab*, kantong sampel, alat potong, oven SPN 150 SFD, *hotplate*, *Furnace* 6000-Barnstead Thermolyse, GPS, cawan porselin, labu ukur, gelas piala, pipet volume, mikroburet dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Buck Scientific 205.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2015 sampai Juli 2016 di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Stasiun ditentukan secara acak, berdasarkan situasi dan kondisi Sungai Tallo yang dapat mewakili titik-titik pencemaran yang ada. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 titik di Sungai Tallo yaitu:

Stasiun 1 dengan koordinat $5^{\circ}06'42.0''\text{S}$ $119^{\circ}26'39.2''\text{E}$

Stasiun 2 dengan koordinat $5^{\circ}06'50.5''\text{S}$ $119^{\circ}26'45.6''\text{E}$

Stasiun 3 dengan koordinat $5^{\circ}06'51.6''\text{S}$ $119^{\circ}26'39.2''\text{E}$



Gambar 3. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

3.4.2 Pengambilan Sampel

Sampel sedimen dan jaringan tumbuhan *Rhizophora mucronata* diambil pada Musim Kemarau (Oktober 2015) dan pada Musim Hujan (Januari 2016).

3.4.2.1 Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen yang diambil dari masing-masing lokasi dilakukan dengan menggunakan *eckman grab* sebanyak ± 500 gram berat basah yang berada di permukaan. Pada setiap lokasi, sedimen permukaan diambil dengan ketebalan sekitar 10 cm kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik yang telah diberi label berdasarkan lokasinya. Kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

3.4.2.2 Pengambilan Sampel Jaringan-jaringan Bakau

Sampel yang diambil pada jaringan-jaringan *Rhizophora mucronata* yaitu akar, kulit batang dan daun. Akar yang diambil adalah akar yang berdiameter 0,4-0,6 cm. Pada kulit batang, yang diambil dari pohon dengan diameter 15-25 cm dan diambil bagian cabang berdiameter 3-5 cm. Pada daun, yang diambil adalah daun tua berwarna hijau yang terletak pada cabang pertama pohon *Rhizophora mucronata* dengan ukuran panjang sekitar 9,7-13,9 cm dan lebar 2,8-4,7 cm.

3.4.3 Perlakuan Sampel

3.4.3.1 Preparasi Sampel Sedimen

Sampel sedimen yang telah diambil di lapangan kemudian dikeringkan pada suhu 110 °C dan dihaluskan dengan menggunakan lumpang.

3.4.3.2 Preparasi Sampel Jaringan-jaringan Bakau

Sampel akar, kulit batang dan daun masing-masing dibilas dengan akuades terlebih dahulu kemudian dikeringkan pada suhu 80 °C dan dihaluskan dengan menggunakan lumpang.

3.4.3.3 Destruksi dan Analisis Sampel Sedimen

Analisis Cd dan Zn dalam sedimen menggunakan teknik desktruksi kering. Sedimen yang telah kering dan halus kemudian ditimbang dengan teliti sebanyak 0,5 gram ke dalam cawan porselin yang telah berisi 2 gram Na_2CO_3 , kemudian ditambahkan lagi 2 gram Na_2CO_3 hingga menutupi sampel lalu dipijarkan di dalam tanur pada suhu $850\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2-3 jam. Hasil sisa pijar didinginkan hingga suhu $\pm 80\text{ }^\circ\text{C}$ dan dilarutkan dengan HNO_3 63 % lalu disaring ke dalam labu ukur 100 mL kemudian diencerkan hingga tanda batas menggunakan akuabides pH 2. Dihomogenkan dan dianalisis menggunakan SSA.

3.4.3.4 Destruksi dan Analisis Sampel jaringan-jaringan Bakau

Sampel akar, kulit batang dan daun yang telah kering dan halus lalu ditimbang dengan teliti sebanyak 1,0000 gram dan ditambahkan HNO_3 6 M sebanyak 25 mL dan H_2O_2 sebanyak 5 mL. Dipanaskan di atas *hotplate* dengan suhu $110\text{ }^\circ\text{C}$ sampai larut dan hampir kering, didinginkan dan disaring ke dalam labu ukur 25 mL. Dihomogenkan kemudian dianalisa dengan menggunakan SSA.

3.4.4 Penentuan Kadar Logam

3.4.4.1 Pembuatan Larutan Baku Induk Cd 10.000 ppm

Ditimbang $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ sebanyak 1,0536 gram, dilarutkan dengan akuabides pH 2. Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL, diencerkan hingga tanda batas menggunakan akuabides pH 2 sehingga diperoleh larutan induk Cd 10.000 ppm.

1). Pembuatan Larutan Cd 100 ppm

Larutan baku induk Cd 10.000 ppm dipipet sebanyak 1 mL ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan menggunakan akuabides pH 2 hingga tanda batas. Dihomogenkan.

2). Pembuatan Larutan Baku Kerja Cd

Larutan baku Cd 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL masing-masing sebanyak 0,01 mL; 0,05 mL; 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,8 mL; dan 1,6 mL, diencerkan dengan akuabides pH 2 hingga tanda batas. Diperoleh larutan baku kerja Cd yaitu 0,01 ppm; 0,05 ppm; 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm; dan 1,6 ppm.

3.4.4.2 Pembuatan Larutan Baku Induk Zn 10.000 ppm

Ditimbang $Zn(NO_3)_2$ sebanyak 1,4538 gram, dilarutkan dengan akuabides pH 2. Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL diencerkan dengan akuabides pH 2 hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan induk Zn 10.000 ppm.

1). Pembuatan Larutan Baku Zn 100 ppm

Larutan baku induk Zn 10.000 ppm dipipet sebanyak 1 mL ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan akuabides pH 2 hingga tanda batas.

2). Pembuatan Larutan Baku Kerja Zn

Larutan baku Zn 100 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL masing-masing sebanyak 0,05 mL; 0,1 mL; 0,2 mL; 0,4 mL; 0,8 mL; dan 1,6 mL, diencerkan dengan akuabides pH 2 hingga tanda batas. Larutan baku kerja Zn diperoleh yaitu 0,05 ppm; 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,8 ppm; dan 1,6 ppm.

3.4.4.3 Penentuan Konsentrasi Logam

Dengan data pengukuran berikut, konsentrasi sampel (a), volume sampel (V), faktor pengenceran (fp) dan massa sampel (g) maka dapat dihitung konsentrasi sebenarnya (C) menggunakan Persamaan 1:

$$C = \frac{a \times V \times fp}{g} \quad \dots(1)$$

3.5 Fitoakumulasi Logam

Data yang telah didapatkan dari pengukuran konsentrasi sampel kemudian diolah untuk menentukan mekanisme fitoremediasi yang dapat diketahui dengan menghitung nilai *Translocation Factor* (TF) dan *Bioconcentration Factor* (BCF). Dimana TF adalah rasio antara konsentrasi logam dalam daun ($[M_D]$) dengan konsentrasi logam pada akar ($[M_A]$) seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2. Sedangkan, BCF adalah rasio antara rata-rata konsentrasi logam dalam jaringan tumbuhan ($[\bar{M}_J]$) dengan jumlah logam dalam sedimen ($[M_S]$) seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 3 (Ghosh dan Singh, 2005):

$$TF = \frac{[M_D] \text{ (mg.Kg}^{-1}\text{)}}{[M_A] \text{ (mg.Kg}^{-1}\text{)}} \quad \dots(2)$$

$$BCF = \frac{[\bar{M}_J] \text{ (mg.Kg}^{-1}\text{)}}{[M_S] \text{ (mg.Kg}^{-1}\text{)}} \quad \dots(3)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil analisis Cd dan Zn dalam sedimen dan pada jaringan tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* serta kemampuan *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi Cd dan Zn.

4.1 Hasil Analisis Cd dan Zn dalam Sedimen

Sungai merupakan saluran yang terbentuk secara alamiah yang dapat menampung dan menyalurkan air hujan dari dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah dan akan bermuara di danau atau di laut. Di dalam aliran sungai akan terangkut material-material yang berasal dari proses erosi yang terbawa oleh aliran air dan menyebabkan terjadinya pendangkalan akibat adanya proses sedimentasi (Sembiring, 2014). Dampak dari proses erosi tanah dapat menyebabkan menumpuknya sedimen di sungai sehingga dapat mengurangi daya tampung sungai (Sucipto, 2008). Sungai yang mengalami proses sedimentasi, dimana logam yang tidak mudah larut atau sukar mengalami pengenceran, secara bertahap juga akan mengendap di sedimen sehingga kadar logam dalam sedimen akan meningkat (Rochyatun dan Rozak, 2007).

Tabel 1. Konsentrasi Cd dalam Sedimen

Lokasi	Konsentrasi (mg/Kg berat kering)	
	Musim Kemarau	Musim Hujan
Stasiun 1	45,50	42,52
Stasiun 2	43,98	53,01
Stasiun 3	46,13	45,61

Tabel 1 menunjukkan konsentrasi Cd dalam sedimen di setiap stasiun yang cukup besar. Konsentrasi Cd dalam sedimen pada musim kemarau berkisar antara 43,98-46,13 ppm, sedangkan pada musim hujan konsentrasi Cd berkisar antara 42,52-53,01 ppm. Konsentrasi Cd pada musim kemarau dan hujan tidak begitu berbeda jauh, hal tersebut dipengaruhi oleh dekatnya waktu pengambilan sampel sehingga proses pengendapan logam belum terjadi. Konsentrasi Cd pada penelitian ini jauh lebih besar dibanding hasil yang dilaporkan oleh Setiawan dan Subiandono (2015) yang menyatakan bahwa konsentrasi Cd pada muara Sungai Tallo yaitu sebesar 5,16 ppm. Hasil dari penelitian ini menunjukkan peningkatan konsentrasi Cd dalam sedimen pada Sungai Tallo yang sangat besar dalam satu tahun terakhir. Hal ini disebabkan karena kurang terkontrolnya pembuangan limbah industri ke perairan Sungai Tallo. Konsentrasi Cd dalam sedimen di Sungai Tallo juga jauh lebih tinggi dibanding konsentrasi Cd dalam sedimen di Sungai Jeneberang, dimana Sriwahyuni dkk (2015) melaporkan bahwa konsentrasi Cd tertinggi dalam sedimen pada muara Sungai Jeneberang hanya sebesar 0,275 ppm.

Logam Cd yang terkandung dalam sedimen di Sungai Tallo telah melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan oleh *Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems* yaitu sebesar 0,99 ppm. Konsentrasi Cd yang telah melebihi ambang batas tentunya akan membahayakan dan dapat menyebabkan kematian bagi ekosistem dan biota perairan di Sungai Tallo.

Tabel 2. Konsentrasi Zn dalam Sedimen

Lokasi	Konsentrasi (mg/Kg berat kering)	
	Musim Kemarau	Musim Hujan
Stasiun 1	199,54	201,62
Stasiun 2	145,06	262,03
Stasiun 3	338,55	338,07

Tabel 2 menunjukkan konsentrasi Zn dalam sedimen disetiap stasiun yang sangat besar. Konsentrasi Zn dalam sedimen pada musim kemarau berkisar antara 145,06-338,55 ppm, sedangkan pada musim hujan konsentrasi Zn berkisar antara 201,62-338,07 ppm. Konsentrasi Zn dalam sedimen di Sungai Tallo sangat besar bila dibandingkan dengan konsentrasi Zn dalam sedimen pada muara Sungai Jeneberang seperti yang dilaporkan oleh Sriwahyuni dkk (2015) bahwa konsentrasi Zn dalam sedimen pada muara Sungai Jeneberang tertinggi sebesar 3,125 ppm.

Konsentrasi Zn dalam sedimen tertinggi berada pada Stasiun 3, hal ini dapat dipengaruhi oleh ukuran atau partikel sedimen. Fang dan Wang (2006) menyatakan bahwa konsentrasi logam berat akan meningkat seiring dengan semakin kecilnya partikel sedimen, dimana pada penelitian ini Stasiun 3 mempunyai ukuran sedimen yang jauh lebih kecil bila dibanding pada Stasiun 1 dan Stasiun 2, sehingga luas permukaan sedimen pada Stasiun 3 yang besar akan lebih banyak menjerap atau mengakumulasi logam berat. Konsentrasi logam berat dalam sedimen juga dapat dipengaruhi oleh konsentrasi logam berat dalam air. Konsentrasi logam berat dalam perairan dapat berasal dari limbah industri yang dibuang langsung ke dalam perairan. Logam berat yang terdapat dalam perairan

akan mengalami proses pengendapan dan akan terakumulasi dalam sedimen. Menurut Wulandari dkk (2009) bahwa suhu berpengaruh terhadap peningkatan kandungan logam berat dimana naiknya suhu perairan akan mempercepat reaksi pembentukan ion-ion logam berat dan akan terakumulasi dalam sedimen.

Berdasarkan baku mutu *Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems*, konsentrasi Zn dalam sedimen di Sungai Tallo telah melebihi ambang batas yang ditetapkan yaitu sebesar 120 ppm. Konsentrasi Zn dalam sedimen yang tinggi dikhawatirkan akan membahayakan ekosistem dan biota perairan yang hidup di Sungai Tallo.

Besarnya konsentrasi Cd dan Zn dalam sedimen di Sungai Tallo diduga berasal dari buangan limbah industri yang berada pada badan sungai khususnya pada KIMA yang bermuara ke Sungai Tallo. Hal ini perlu perhatian khusus dari pemerintah karena masyarakat sekitar memanfaatkan Sungai Tallo sebagai tambak ikan dan juga mengkonsumsi biota-biota perairan seperti kerang dan kepiting.

4.2 Hasil Analisis Cd dan Zn dalam Jaringan Tumbuhan *Rhizophora mucronata*

Bakau yang tumbuh pada muara sungai memiliki peran sebagai penampung terakhir bagi limbah industri dan rumah tangga yang terbawa oleh aliran sungai (Kariada dan Irsadi, 2014). Tumbuhan bakau memiliki fungsi ekologis yaitu dapat menyerap, mengangkut dan menimbun zat yang bersifat toksik yang berasal dari sekitar lingkungan tempat tumbuhnya, salah satunya adalah logam berat. Bakau dapat menyerap zat hara yang terdapat pada sedimen

maupun air dengan menggunakan akarnya (Setiawan, 2013). Proses penyerapan logam oleh akar merupakan titik masuk ke dalam jaringan-jaringan tumbuhan yang merupakan langkah penting untuk proses fitoremediasi. Namun agar proses terjadi, logam harus diangkut dari akar ke bagian atas tumbuhan. Perpindahan logam dari akar ke bagian atas tumbuhan disebut translokasi, yang utamanya dikendalikan oleh dua proses yaitu tekanan terhadap akar dan transpirasi daun (Lasat, 2000). Akumulasi logam Cd dan logam Zn oleh tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Konsentrasi Cd dalam Jaringan Tumbuhan

Lokasi	Sampel	Konsentrasi (mg/Kg berat kering)	
		Musim Kemarau	Musim Hujan
Stasiun 1	Akar	0,95	0,80
	Kulit Batang	1,19	0,63
	Daun	0,85	0,70
Total		2,99	2,17
Stasiun 2	Akar	0,73	0,35
	Kulit Batang	0,94	0,66
	Daun	0,98	0,73
Total		2,64	1,74
Stasiun 3	Akar	0,80	0,80
	Kulit Batang	0,61	0,61
	Daun	0,83	0,60
Total		2,23	2,01

Tabel 3 menunjukkan jumlah Cd pada setiap jaringan tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata*. Akumulasi Cd pada daun lebih besar dibanding pada akar di musim kemarau yaitu 0,83-0,98 ppm pada daun dan 0,73-0,95 ppm pada akar. Sedangkan pada musim hujan, akumulasi Cd pada akar lebih besar dibanding akumulasi Cd pada daun yaitu 0,60-0,73 ppm pada daun dan 0,35-0,80 ppm pada akar. Pada penelitian ini, tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dapat mengakumulasi Cd tertinggi sebesar 2,99 ppm.

Tabel 4. Konsentrasi Zn dalam Jaringan Tumbuhan

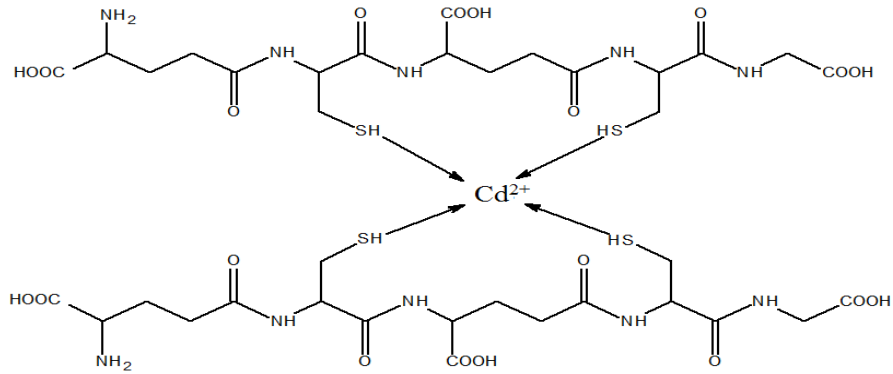
Lokasi	Sampel	Konsentrasi (mg/Kg berat kering)	
		Musim Kemarau	Musim Hujan
Stasiun 1	Akar	16,74	18,99
	Kulit Batang	37,11	8,27
	Daun	20,26	7,75
Total		74,11	35,01
Stasiun 2	Akar	11,50	12,50
	Kulit Batang	11,90	5,53
	Daun	20,00	5,75
Total		43,40	23,78
Stasiun 3	Akar	15,00	30,74
	Kulit Batang	18,00	9,37
	Daun	23,00	14,99
Total		56,00	55,10

Tabel 4 menunjukkan jumlah logam Zn pada setiap jaringan tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata*. Pada musim kemarau, Zn yang terakumulasi pada daun lebih besar dibanding pada akar yaitu 20,00-23,00 ppm pada daun dan 11,50-16,74 ppm pada akar. Pada musim hujan, Zn yang terakumulasi pada akar lebih besar dibanding pada daun yaitu 5,75-14,99 ppm pada daun dan 12,50-30,74 ppm pada akar. Pada penelitian ini, tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dapat mengakumulasi Zn tertinggi sebesar 74,11 ppm.

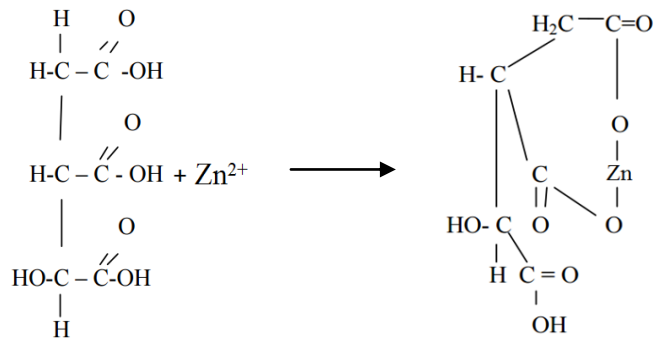
Konsentrasi Cd dan Zn pada akar yang lebih besar dibanding konsentrasi pada daun dimusim hujan, karena akar yang merupakan jaringan tumbuhan yang mengalami kontak langsung dengan sedimen, lebih banyak mengakumulasi logam karena proses transpirasi yang dilakukan oleh tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* kurang efektif pada musim hujan. Sedangkan pada musim kemarau, Cd dan Zn lebih banyak terakumulasi pada daun yang disebabkan oleh translokasi logam dari akar ke bagian atas tumbuhan pada musim kemarau lebih tinggi dibanding pada musim hujan karena meningkatnya proses transpirasi yang dilakukan oleh tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata*. Konsentrasi Zn yang besar dalam tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* disebabkan karena Zn merupakan logam esensial yang dapat digunakan tumbuhan untuk bertahan hidup. Besarnya konsentrasi Zn dalam tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* menunjukkan kemampuan tumbuhan tersebut dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungannya, serta dapat mengurangi konsentrasi logam dalam air dan sedimen.

Translokasi Cd dan Zn ke jaringan-jaringan tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* seperti pada akar, kulit batang dan daun yang bervariasi disebabkan

oleh beberapa faktor seperti konsentrasi logam dalam sedimen, jenis logam, spesies tumbuhan, tingkat toleransi tumbuhan terhadap logam, tinggi dan usia tumbuhan serta perbedaan musim yang menyebabkan perubahan suhu pada lingkungan. Perbedaan akumulasi Cd dan Zn oleh tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* khususnya pada musim kemarau yang lebih besar dibanding pada musim hujan disebabkan oleh faktor suhu dan curah hujan. Adanya perbedaan suhu khususnya pada musim kemarau dimana suhu rata-rata lebih tinggi dibanding suhu pada musim hujan akan memaksa tumbuhan untuk melakukan proses transpirasi. Proses transpirasi dilakukan oleh tumbuhan dengan tujuan untuk menyerap air dan zat hara oleh akar guna mempertahankan atau mengatur suhu pada daun dan juga untuk mengatur proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan (Simanjuntak, 2013). Logam yang terserap ke dalam akar akan terikat dengan zat pengkhelat seperti asam sitrat untuk Zn (Salisbury dan Ros, 1995) dan fitokelatin untuk Cd (Rodrigo, dkk., 2013) ketika proses transpirasi terjadi. Menurut Salisbury dan Ros (1995), asam sitrat merupakan ligan terpenting dalam pengangkutan Zn melalui xylem yang kemudian ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti pada daun. Pernyataan Simanjuntak sejalan dengan hasil yang didapatkan dari penelitian dimana pada musim kemarau, total konsentrasi pada jaringan tumbuhan lebih besar dibanding pada musim hujan seperti yang terlihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.



Gambar 4. Reaksi antara Fitokhelatin dengan Cd



Gambar 5. Reaksi antara Asam Sitrat dengan Zn

4.3 Fitoakumulasi Logam

Fitoremediasi adalah sebuah metode baru yang memanfaatkan penggunaan tanaman atau tumbuhan untuk pembersihan lingkungan yang terkontaminasi oleh zat pencemar (Lasat, 2000). Metode ini dapat digunakan untuk pemulihan lingkungan yang tercemar tanpa memberikan dampak negatif terhadap lingkungan itu sendiri. Penyerapan logam oleh tumbuhan sebagian besar dilakukan oleh akar yang merupakan jaringan tumbuhan yang berkontak langsung ke sedimen dan air sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam dalam air dan sedimen. Mekanisme fitoremediasi *Rhizophora mucronata* dapat ditentukan dengan mengetahui nilai BCF dan TF dimana BCF adalah rasio antara jumlah logam dalam daun dengan jumlah logam dalam akar. Sedangkan TF adalah rasio antara rata-rata jumlah logam

dalam jaringan tumbuhan dengan jumlah logam dalam sedimen (Ghosh dan Singh, 2005).

Menurut Liong dkk (2010), tumbuhan yang memiliki nilai $BCF > 1$ dan nilai $TF < 1$ digolongkan sebagai tumbuhan fitostabilisasi. Sedangkan, tumbuhan yang memiliki nilai $BCF < 1$ dan nilai $TF > 1$ digolongkan sebagai tumbuhan fitoekstraksi.

Tabel 5. Nilai BCF dan TF untuk Cd

Sampel	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan
Akar	0,95	0,80	0,73	0,35	0,80	0,80
Kulit Batang	1,19	0,63	0,94	0,66	0,61	0,61
Daun	0,85	0,70	0,98	0,73	0,83	0,60
BCF	0,022	0,017	0,02	0,011	0,016	0,015
TF	0,89	0,88	1,34	2,07	1,03	0,75

Tabel 6. Nilai BCF dan TF untuk Zn

Sampel	Stasiun 1		Stasiun 2		Stasiun 3	
	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan	Musim Kemarau	Musim Hujan
Akar	16,74	18,99	11,50	12,50	15,00	30,74
Kulit Batang	37,11	8,27	11,90	5,53	18,00	9,37
Daun	20,26	7,75	20,00	5,75	23,00	14,99
BCF	0,12	0,05	0,1	0,03	0,06	0,05
TF	1,21	0,41	1,74	0,46	1,53	0,49

4.3.1 Nilai BCF

Pada Tabel 5, didapatkan nilai BCF untuk Cd cukup bervariasi dimana nilai BCF tertinggi ialah 0,022 yaitu pada Stasiun 1 musim kemarau dan nilai

BCF terendah ialah 0,011 yaitu pada Stasiun 2 musim hujan. Nilai BCF untuk Zn juga cukup bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Nilai BCF tertinggi berada pada Stasiun 1 musim kemarau yaitu sebesar 0,12 dan nilai BCF terendah berada pada Stasiun 2 musim hujan yaitu sebesar 0,03. Nilai BCF rata-rata untuk Cd dan Zn yaitu masing-masing 0,017 dan 0,07. Rendahnya nilai BCF disebabkan oleh kecilnya konsentrasi logam pada bagian-bagian tumbuhan dan tingginya konsentrasi logam pada sedimen sehingga menghasilkan nilai BCF yang rendah.

4.3.2 Nilai TF

Tabel 5 menunjukkan nilai TF untuk Cd dimana nilai terendah berada pada Stasiun 3 musim kemarau yaitu 0,75 dan nilai TF tertinggi berada pada Stasiun 2 musim hujan yaitu 2,07 dengan nilai TF rata-rata yaitu 1,16. Tingginya nilai TF di Stasiun 2 pada musim hujan disebabkan oleh perbedaan usia saat pengambilan sampel daun. Pernyataan tersebut didukung oleh Panjaitan (2009) yang menyatakan bahwa daun (bakau) muda memiliki kemampuan mengabsorpsi dan mengakumulasi logam lebih rendah dibanding daun (bakau) tua. Tabel 6 menunjukkan nilai TF untuk Zn dimana nilai terendah berada pada Stasiun 1 musim hujan yaitu 0,41 dan nilai TF tertinggi berada pada Stasiun 2 musim kemarau yaitu 1,74 dengan nilai TF rata-rata 0,97. Tingginya nilai TF pada musim kemarau dikarenakan tingginya konsentrasi logam Cd dan Zn pada daun dimana pada musim kemarau tumbuhan melakukan proses transpirasi dan mentranslokasikan logam berat lebih banyak ke bagian atas tumbuhan. Pada penelitian ini, tumbuhan *Rhizophora mucronata* memiliki potensi sebagai tumbuhan fitoremediasi khususnya jenis fitoekstraksi untuk Cd dan Zn.

4.4 Hiperakumulator

Tanaman atau tumbuhan hiperakumulator memiliki potensi yang luar biasa untuk meremediasi logam dari lingkungannya. Kemajuan yang signifikan dalam metode fitoremediasi telah diterapkan untuk pembersihan logam dan radionuklida dari lingkungan (Prasad dan Freitas, 2003).

Semua jenis tumbuhan mampu menyerap, mentranslokasi dan mengakumulasi logam, namun pada konsentrasi yang berbeda-beda. Dalam hal ini, *Rhizophora mucronata* menunjukkan kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi Cd dan Zn melalui jaringan akar yang kemudian di translokasikan ke jaringan tumbuhan lain seperti pada daun. Akumulasi Cd oleh tumbuhan *Rhizophora mucronata* tertinggi yaitu 2,99 ppm, dan akumulasi Zn oleh tumbuhan *Rhizophora mucronata* tertinggi yaitu 74,11 ppm. Hasil tersebut jauh lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Setiawan (2013) dimana konsentrasi Cd pada tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* yang tumbuh di sekitar muara Sungai Tallo dapat mengakumulasi Cd hingga 29,3 ppm.

Berkurangnya kemampuan tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi Cd disebabkan adanya mekanisme fisiologis yang dilakukan oleh tumbuhan, dimana bakau akan mengurangi dan menghentikan penyerapan logam ketika konsentrasi logam dalam sedimen cukup tinggi. Mekanisme fisiologis yang dapat mengontrol penyerapan logam oleh tumbuhan adalah lapisan endodermis pada akar (Shaw, 2000). Membran plasma sel endodermis merupakan jaringan akar untuk mengontrol masuknya mineral terlarut, atau dengan artian ada kendali akhir terhadap mineral terlarut pada semua

spesies tumbuhan sehingga proses penyerapan logam oleh akar akan berkurang atau berhenti (Salisbury dan Ross, 1992).

Akumulasi Cd dan Zn dalam tumbuhan *Rhizophora mucronata* menunjukkan bahwa *Rhizophora mucronata* tidak bersifat hiperakumulator terhadap logam tersebut. *Rhizophora mucronata* belum dapat digolongkan sebagai tumbuhan hiperakumulator terhadap Cd dan Zn karena tidak mampu mengakumulasi Cd sebesar 100 ppm dan 10.000 ppm untuk Zn. Menurut Rong-Liang dkk (2012), tumbuhan dapat digolongkan sebagai tumbuhan hiperakumulator apabila dapat mengakumulasi Cd lebih dari 100 ppm berat keringnya. Sedangkan untuk Zn, apabila tumbuhan dapat mengakumulasi lebih dari 10.000 ppm berat keringnya (Baker dan Brooks, 1989).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Tumbuhan bakau *Rhizophora mucronata* mampu mentranslokasikan Cd dan Zn dari akar ke jaringan tumbuhan lainnya seperti pada daun. Akumulasi Cd dan Zn dalam bakau *Rhizophora mucronata* pada musim kamarau lebih besar dibanding pada musim hujan.
2. Berdasarkan nilai TF dan BCF maka mekanisme fitoremediasi *Rhizophora mucronata* terhadap Cd dan Zn secara alamiah adalah fitoekstraksi.
3. *Rhizophora mucronata* belum dapat digolongkan sebagai tumbuhan hiperakumulator untuk Cd dan Zn karena tidak dapat mengakumulasi 100 ppm untuk Cd dan 10.000 ppm untuk Zn.

5.2 Saran

Sungai Tallo yang diteliti telah tercemar oleh Cd dan Zn, hal ini perlu perhatian khusus oleh pemerintah agar melakukan upaya untuk mengurangi zat pencemar. Salah satu upaya yang dapat dilakukan ialah dengan melestarikan bakau *Rhizophora mucronata* dimana dari hasil penelitian ini telah diketahui bahwa bakau *Rhizophora mucronata* dapat mengakumulasi Cd dan Zn. Penelitian lebih lanjut pula perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi zat pencemar organik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akoto, O., Bruce, T.N., and Darko, G., 2008, Heavy Metals Pollution Profiles in Streams Serving the Owabi Reservoir, *African Journal of Environmental Science and Technology*, **2** (11): 354- 359.
- Arief, A., 2003, *Hutan Mangrove Fungsi dan Mamfaatnya*, Kanisius, Yogyakarta.
- Arifuddin, Taufik, M.I., dan Ibrahim, R., 2013, Pengembangan Kawasan Sungai Tallo: Sebuah Upaya Peningkatan Kualitas Kota Makassar, *TEMU ILMIAH IPLBI* (Online) (<http://temuilmiah.iplbi.or.id/wp-content/uploads/2015/01/TI2013-02-p007-012-Pengembangan-Kawasan-Sungai-Tallo.pdf>, diakses pada 17-desember-2015).
- Arsyad, S., dan Rustiadi, E., 2008, *Penyelamatan Tanah, Air, dan Lingkungan*, Crestpent Press dan Yayasan Obor Indonesia, Bogor.
- Anonim, 2011, *Buku Putih Sanitasi Kota Makassar*, POKJA AMPL, Makassar.
- Anonim, 2012, *A Citizen's Guide to Phytoremediation*, EPA, United Stated (Online), (https://clu-in.org/download/citizens/a_citizens_guide_to_phyto_remediation.pdf, diakses 2-Oktober-2016).
- Anonim, 2014, Industri yang berlokasi di DPS Sungai Tallo dan Jeneberang Wilayah Kota Makassar, *Badan Lingkungan Hidup Daerah Kota Makassar* (Online), (<http://blhdmakassar.info/industri-yang-berlokasi-di-dps-sungai-tallo-dan-jeneberang-wilayah-kota-makassar/>, diakses 17 Desember 2015).
- Baker, A.J.M., and Brooks, R.R., 1989, Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metallic Elements, A Review of Their Distribution, Ecology and Phytochemistry, *Biorecovery*, **1**: 81-126.
- Burhan, S., 2015, *Kajian Karakteristik Dan Potensi Makrofitas Sebagai Bioindikator Kualitas Air Pada Sungai Tallo*, (Online), (<http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/14406/JURNAL%20SRILESTARY%20BURHAN.pdf?sequence=2>, diakses 17Desember 2015).
- Danarto, Y.C., Kurniawan, S., dan Prasetyo, A., 2005, Koefisien Transfer Massa Adsorpsi Logam Berat Cr Dan Zn dengan Pasir Berlapis Besi Oksida (Fe_2O_3), *Ekulilibrium*, **4** (1): 26-30.
- Darmono, 2001, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*, UI-Press, Jakarta.

- Darmono, 1995, *Logam*, UI-Press, Jakarta.
- Elevitch, C.R., 2006, *Traditional Trees of Pacific Island. Their Culture, Environment and Use*, Permanent Agriculture Research, China.
- Fang, J., and Wang, K.X., 2006, Spatial Distribution and Partitioning of Heavy Metals in Surface Sediments from Yangtze Estuary and Hangzhou Bay, People's Republic of China, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **76**: 831–839.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Ghosh, M., and Singh, S.P., 2005, Comparative Uptake and Phytoextraction Study of Soil Induced Chromium by Accumulation and High Biomassa Weed Species, *Applied Ecology And Environmental Research*, **3** (2): 67-79.
- Handayani, T., 2006, Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* Dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta, *J. Tek. Ling.*, **7** (3): 266-270.
- Hidayati, N., 2005, Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator, *Hayati*, **12** (1): 35-40.
- Hidayatus, S.I., Suprihatin, I.E., dan Laksmiwati, A.A.I.A.M., 2014, Distribusi Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Buah Tanaman Mangrove *Rhizophora Mucronata* di Muara Sungai Mati Kabupaten Badung, *Cakra Kimia*, **2** (2): 12-36.
- Hutabarat, S., dan Evans, S.M., 1985, *Pengantar Oceanografi*, UI-Press, Jakarta.
- Kariada, T.M.N., dan Irsadi, H., 2014, Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang, *J. Manusia dan Lingkungan*, **21** (2): 188-194.
- Lasat, M.M., 2000, Phytoextraction Of Metals From Contaminated Soil: A Review Of Plant/Soil/Metal Interaction And Assessment Of Pertinent Agronomic Issues, *Journal Of Hazardous Substance Research*, **2** (5): 1-25.
- Noor, R.Y., Khazali, M., dan Suryadiputra, I.N.N., 1999, *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*, PHKA/WI-IP, Bogor.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Pahalawattaarachchi, V., Purushothaman, C.S., and Vennila, A., 2009, Metal Phytoremediation Potential of *Rhizophora mucronata*, *Indian Journal of Marine Science*, **38** (2): 178-183.

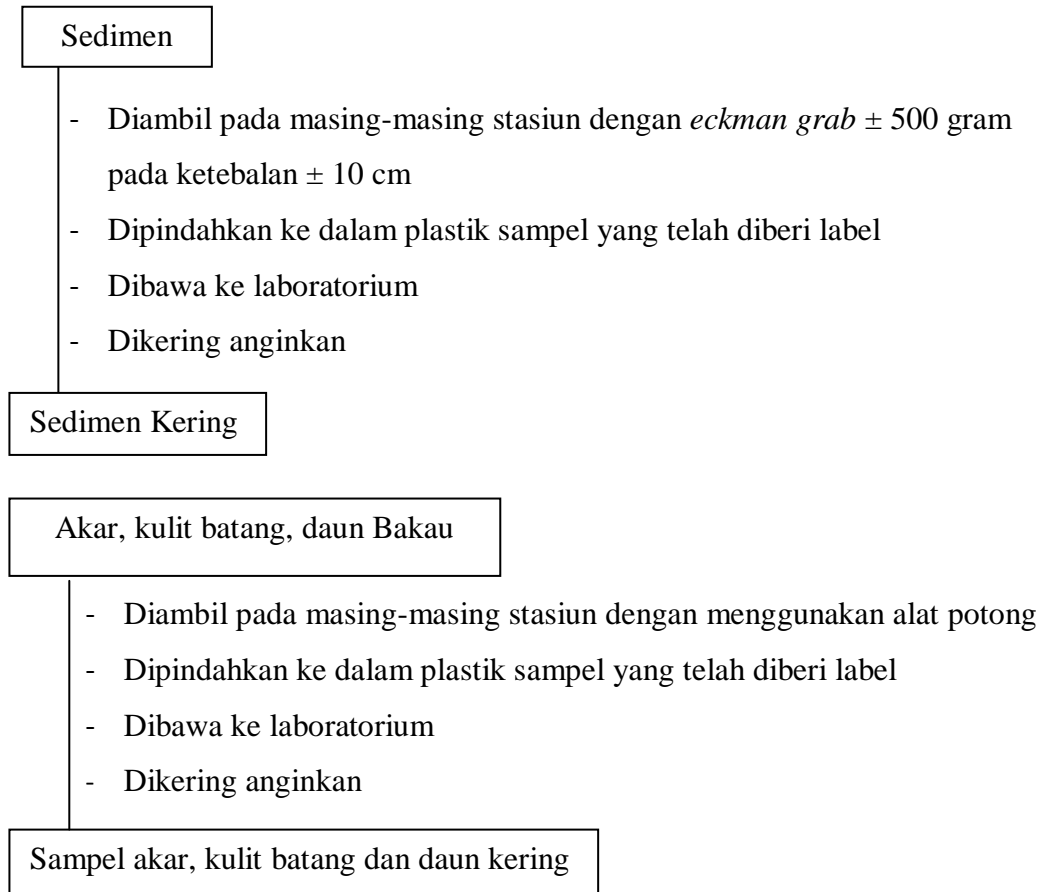
- Panjaitan, G.Y., 2009, *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon Avicennia marina di Hutan Mangrove*, skripsi diterbitkan, Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Paz-Alberto, A.M., and Sigua, G.C., 2013, Phytoremediation: A Green Technology to Remove Enviromental Pollutants, *American Journal of Climate Change*, **2**: 71-86.
- Pivetz, B.E., 2001, Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites, *Technology Support Project*, 1-36.
- Prasad, M.N.V., and Freitas, H.M.O., 2003, Metal Hyperaccumulation in Plants - Biodiversity Prospecting for Phytoremediation Technology, *Electronic Journal of Biotechnology*, **6** (3): 285-321.
- Rochyaton, E., dan Rozak, A., 2007, Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Diperairan Teluk Jakarta, *MAKARA*, **11** (1): 28-36.
- Rodrigo, M.A.M., Cernei, N., Kominkova, M., Zitka, O., Beklova, M., Zehnalek, J., Kizek, R., and Adam, V., 2013, Ion Exchange Chromatography and Mass Spectrometric Methods for Analysis of Cadmium-Phytochelatin (II) Complexes, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **10** (4): 1304-1311.
- Rong-Liang, Q., Ye-Tao, T., Xiao-Wen, Z., Thangavel, P., Tang, L., Yuan-Yuan, G., Rong-Rong, Y., and Shi-Zhong, W., 2012, Mechanisms of Cd Hyperaccumulation and Detoxification in Heavy Metal Hyperaccumulators: How Plants Cope with Cd, *Progress in Botany*, **73**: 127-128.
- Salisbury F.B., dan Ross, C.W., 1992, *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*, diterjemahkan oleh: Lukman, D.R., dan Sumaryono, 1995, ITB, Bandung.
- Sembiring, A.E., 2014, Analisis Sedimentasi Di Muara Sungai Panasen, *Jurnal Sipil*, **2** (3): 148-154.
- 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., dan Subiandono, E., 2015, Konsentrasi Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Pesisir Provinsi Sulawesi Selatan, *Indonesian Forest Rehabilitation*, **3** (1): 67-79.
- Setyawan, A.D., dan Winarno, K., 2006, Pemanfaatan Langsung Ekosistem Mangrove di Jawa Tengah dan Penggunaan Lahan di Sekitarnya; Kerusakan dan Upaya Restorasinya, *Biodiversitas*, **7** (3): 282-291.

- Shaw, A.J., 2000, *Heavy Metal Tolerance in Plant: Evolutionary Aspect*, CRC press inc, Florida.
- Simanjuntak, E.T., 2013, *Alat Pengukur Laju Transpirasi Pada Daun Berbasis Mikrokontroler*, Skripsi Diterbitkan, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.
- Soemodihardjo, S., 1991, *Ekosistem Mangrove*, Bandar Lampung.
- Solberg, T., Tiefenthaler, J., O'Brien, G., Behnke, H.F., Poulson, H.D., Ela, J.P., and, Willet, S.D., 2003, *Consensus-Based Sediment Quality Guidelines*, Wisconsin of Natural Resources, Madison.
- Sriwahyuni, A., Lopa, R.T., dan Maricar, F., 2015, *Kajian Kontaminan Sedimen di Muara Sungai Jeneberang*, (Online), (<http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/16503/JURNAL%20TA.pdf?sequence=1>).
- Sucipto, 2008, *Kajian Sedimentasi Di Sungai Kaligarang Dalam Upaya Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Kaligarang – Semarang*, Tesis diterbitkan, Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Suhadiyah, S., Tambaru, E., dan Surni, 2015, Keanekaragaman dan Fungsi Ekonomi Flora di Delta Lakkang, Sungai Tallo, Makassar, Sulawesi Selatan, *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, **1** (3): 444-448.
- Sumardjo, D., 2009, *Pengantar Kimia Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta*, Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Suprijono, A., Sulistyowati, E., dan Suryani, S.D., 2008, Analisis Kadar Logam Pb (Timbal) dan Zn (Zink) dalam Rajungan (*Portunus pelegicus*) Di Pantai Slamaran Pekalongan dengan Spektrofotometer Serapan Atom, *Media Farmasi Indonesia*, **1** (3): 179-185.
- Tarigan, Z., Edward, dan Rozak, A., 2003, Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam Air Laut dan Sedimen di Muara Sungai Membramo, Papua dalam Kaitannya dengan Kepentingan Budidaya Perikanan, *MAKARA*, **7** (3): 119-127.
- Walker, D., 2011, *Perubahan Geologi*, Elpos Print Sdn Bhd, Malaysia.
- Widowati, W., Sastiono, H., dan Jusuf, R., 2008, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*, CV Andi Offset, Yogyakarta.

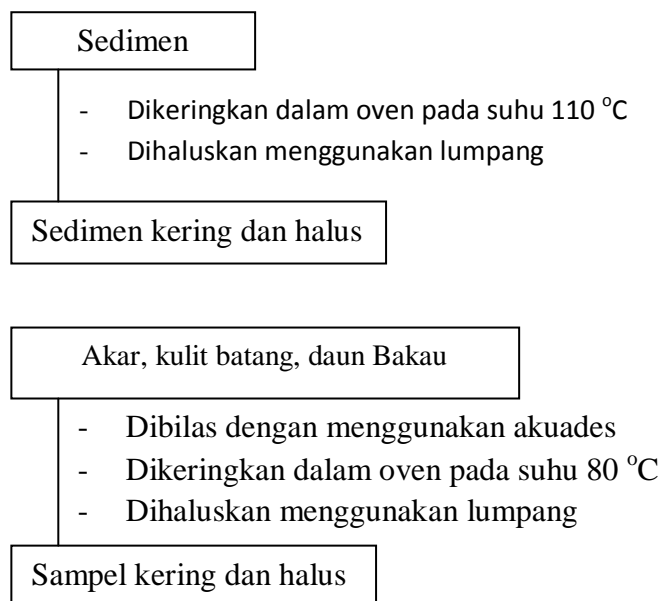
Wulandari, S.Y., Yulianto, B., Santosa, G.W., dan Suwartimah, K., 2009, Kandungan Logam Berat Hg dan Cd dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN), *Ilmu Kelautan*, **14** (3): 170 -175.

Lampiran 1. Bagan Kerja

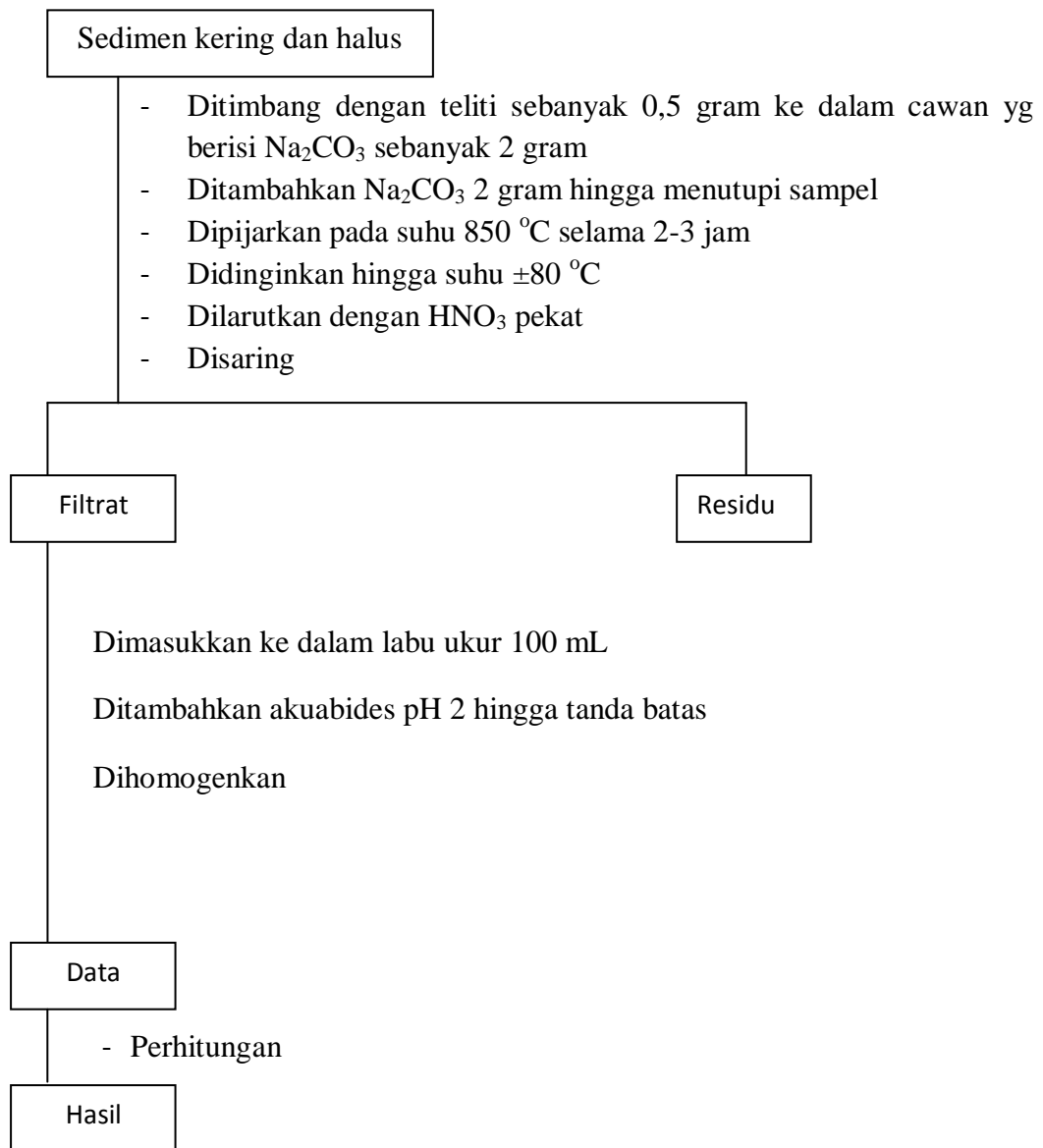
1. Pengambilan Sampel Sedimen dan Bagian-bagian Bakau



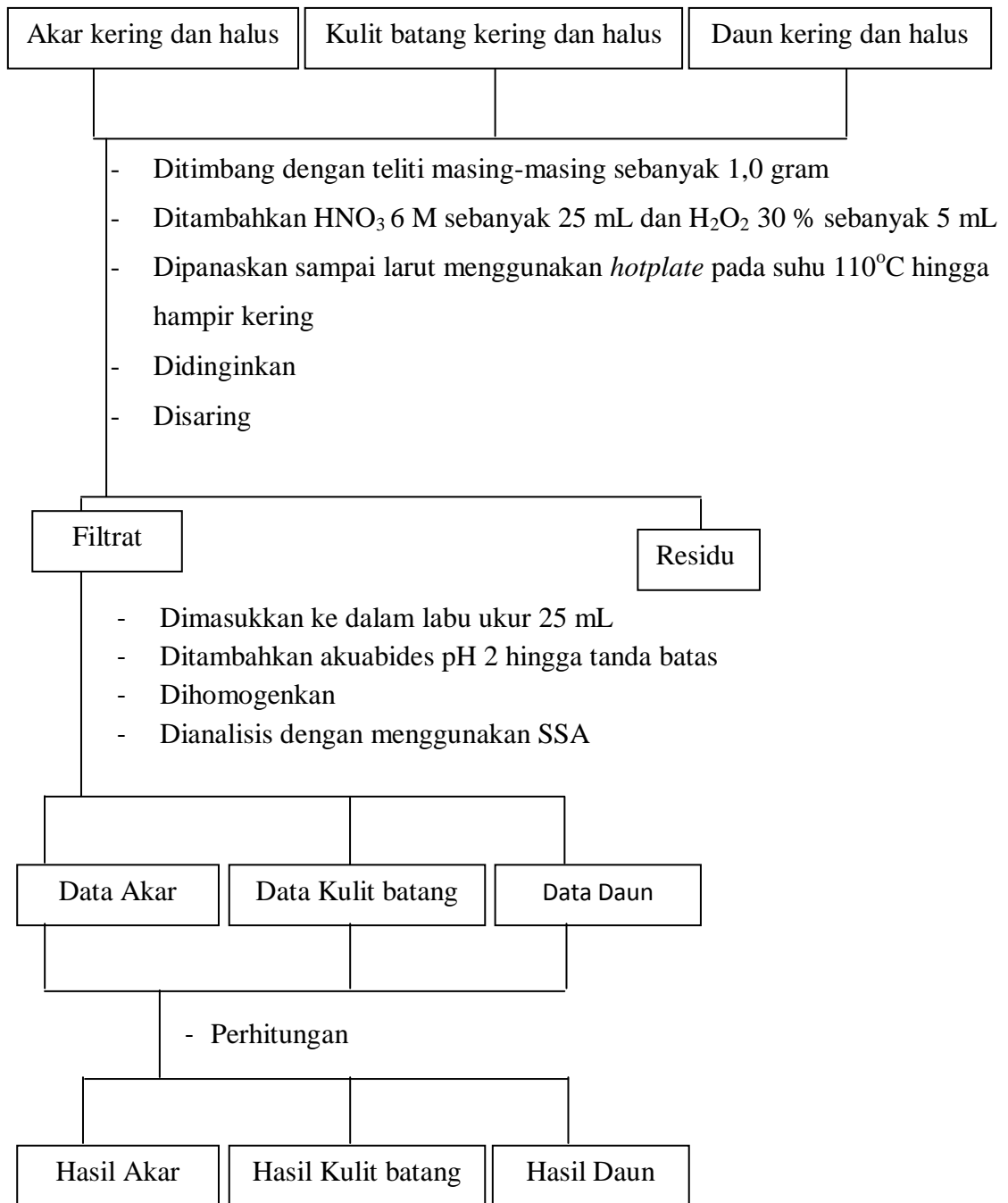
2. Preparasi Sampel



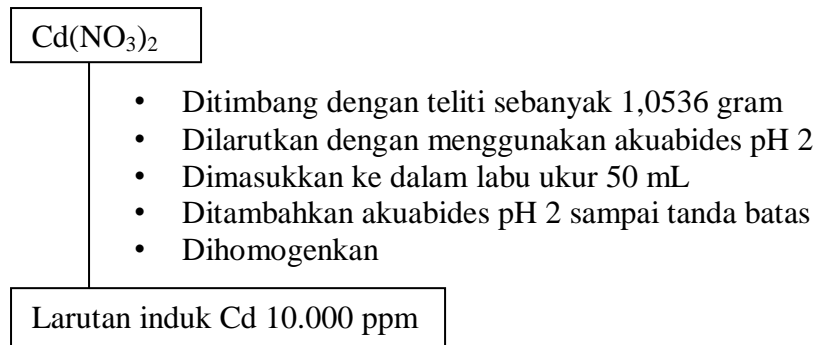
3. Destruksi dan Analisis Sampel Sedimen



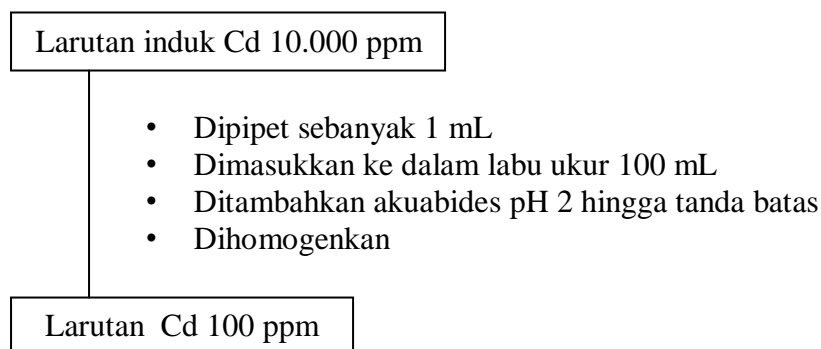
4. Destruksi dan Analisis Sampel Bagian-bagian Tumbuhan



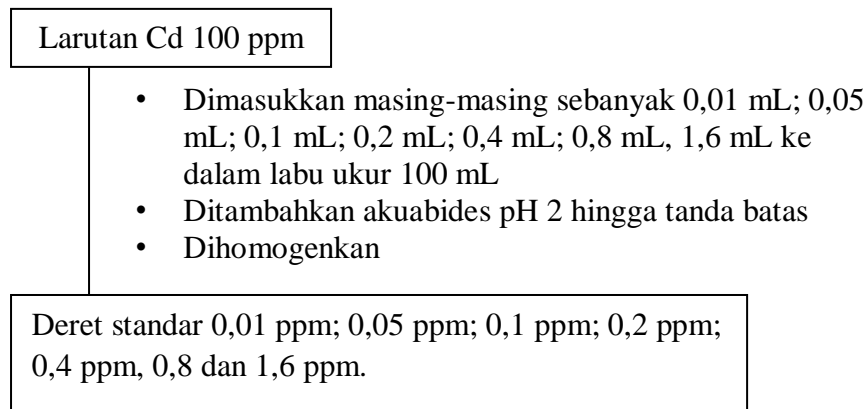
5. Pembuatan Larutan Baku Induk Cd 10.000 ppm



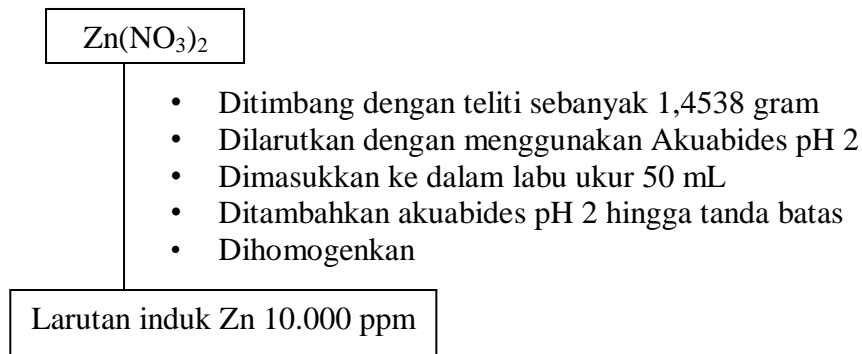
6. Pembuatan Larutan Baku Cd 100 ppm



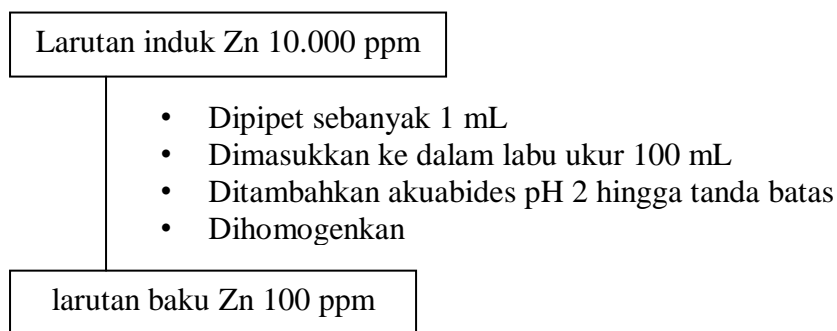
7. Pembuatan Larutan Baku Kerja Cd



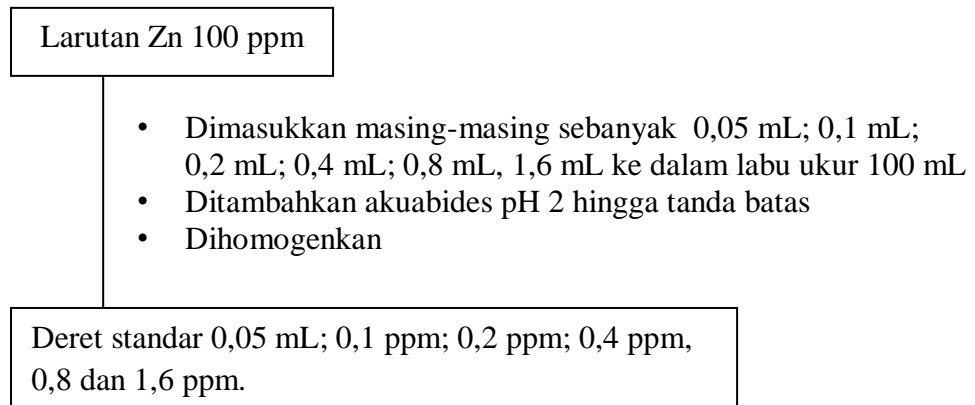
8. Pembuatan Larutan Baku Induk Zn 10.000 ppm



9. Pembuatan Larutan Baku Zn 100 ppm



10. Pembuatan Larutan Baku Kerja Zn



Lampiran 2. Hasil Identifikasi *Rhizophora mucronata* di Sungai Tallo



YAYASAN KERAGAMAN HAYATI SULAWESI (K H A S)

Sekretariat: Jl. Sunu Blok G No 13 A Ujungpandang 90213
keanekaragamanhayatisulawesi@gmail.com, Telp 0411 - 434663

Klasifikasi

Regnum	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledoneae
Subclassis	: Choripetalae Dialypetalae
Ordo	: Myrtales
Family	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Species	: <i>Rhizophora mucronata</i> Lmk.

Nama Daerah

Bangka hitam, dongoh korap, bakau hitam, bakau korap, bakau merah, jankar, lenggayong, belukap, lolaro.

Deskripsi:

Pohon dengan ketinggian mencapai 27 m, jarang melebihi 30 m. Batang memiliki diameter hingga 70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan terdapat celah horizontal. Akar tunjang dan akar udara yang tumbuh dari percabangan bagian bawah.

Daun berkulit. Gagang daun berwarna hijau, panjang 2,5-5,5 cm. Pinak daun terletak pada pangkal gagang daun berukuran 5,5-8,5 cm. **Unit & Letak:** sederhana & berlawanan. **Bentuk:** elips melebar hingga bulat memanjang. **Ujung:** meruncing. **Ukuran:** 11-23 x 5-13 cm.

Gagang kepala bunga seperti cagak, bersifat biseksual, masing-masing menempel pada gagang individu yang panjangnya 2,5-5 cm. **Letak:** di ketiak daun. **Formasi:** Kelompok (4-8 bunga per kelompok). **Daun mahkota:** 4; putih, ada rambut. 9 mm. **Kelopak bunga:** 4; kuning pucat, panjangnya 13-19 mm. **Benang sari:** 8; tak bertangkai.

Buah lonjong/panjang hingga berbentuk telur berukuran 5-7 cm, berwarna hijaukecoklatan, seringkali kasar di bagian pangkal, berbiji tunggal. Hipokotil silindris, kasar dan berbintil. Leher kotilodon kuning ketika matang. **Ukuran:** Hipokotil: panjang 36-70 cm dan diameter 2-3 cm.

Ekologi : Di areal yang sama dengan *R. apiculata* tetapi lebih toleran terhadap substrat yang lebih keras dan pasir. Pada umumnya tumbuh dalam kelompok, dekat atau pada pematang sungai pasang surut dan di muara sungai, jarang sekali tumbuh pada daerah yang jauh dari air pasang surut. Pertumbuhan optimal terjadi pada areal yang tergenang dalam, serta pada tanah yang kaya akan humus. Merupakan salah satu jenis tumbuhan mangrove yang paling penting dan paling tersebar luas. Perbungaan terjadi sepanjang tahun. Anakan seringkali dimakan oleh kepiting, sehingga menghambat pertumbuhan mereka. Anakan yang telah dikeringkan dibawah naungan untuk beberapa hari akan lebih tahan terhadap gangguan kepiting. Hal tersebut mungkin dikarenakan adanya akumulasi tanin dalam jaringan yang kemudian melindungi mereka

Sumber:

1. Tjitrosoepomo, G., 1988. Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta.
2. Jones dan Luchsinger, 1979. Plant Systematics.
3. Graft, Byrd, A., 1981. Tropica Colour Cyclopedic of Exotic Plants and Trees
4. Sastroamidjojo, S., 1988. Obat Asli Indonesia. Penerbit Dian Rakyat. Jakarta.
5. Rusila Noor, Y., M. Khazali, dan I N.N. Suryadiputra. 1999. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP, Bogor.

Penanggung Jawab

Dr. Sri Suhadyah, M.Agr

Makassar, 22 Agustus 2016
Sekretaris


Surni, S.Si, M.Si

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



Tumbuhan Bakau *Rhizophora mucronata*



Sampel Akar Kering dan Halus



Sampel Kulit Batang Kering dan Halus



Sampel Daun Kering dan Halus



Sampel Sedimen Kering dan Halus



Sampel Setelah di Dekstruksi

Lampiran 4. Standar Kualitas Sedimen

Metal	mg/Kg dry wt	
	TEC	PEC
Arsenic	9,8	33
Cadmium	0,99	5
Chromium	43	110
Copper	32	150
Iron	20.000	40.000
Lead	36	130
Manganese	460	1100
Mercury	0,18	1,1
Nickel	23	49
Silver	1,6	2,2
Zink	120	460

Sumber: Wisconsin of Natural Resources, 2003, *Consensus-Based Sediment Quality Guidelines*, Madison.

TEC: *Threshold Effect Concentration*

PEC: *Probable Effect Concentration*

Lampiran 5. Perhitungan Pembuatan Larutan

1. Pembuatan larutan baku induk 10.000 ppm

a. Logam Cd

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

$$10.000 \text{ ppm} = \frac{112 \text{ g/mol}}{236 \text{ g/mol}} \times \frac{\text{mg}}{0,05 \text{ L}}$$

$$\text{mg} = \frac{236 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0,05 \text{ L} \times 10.000 \text{ mg/L}}{112 \text{ g/mol}}$$

$$\text{mg} = 1.053,5 \text{ mg}$$

$$= 1,0535 \text{ g}$$

b. Logam Zn

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

$$10.000 \text{ ppm} = \frac{65 \text{ g/mol}}{189 \text{ g/mol}} \times \frac{\text{mg}}{0,05 \text{ L}}$$

$$\text{mg} = \frac{189 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0,05 \text{ L} \times 10.000 \text{ mg/L}}{65 \text{ g/mol}}$$

$$\text{mg} = 1.453,8 \text{ mg}$$

$$= 1,4538 \text{ g}$$

2. Pembuatan larutan baku 100 ppm

a. logam Cd

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$10.000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{10.000 \text{ ppm}}$$

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

b. logam Zn

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$10.000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{10.000 \text{ ppm}}$$

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

3. Pembuatan larutan baku kerja

a. Logam Cd

Konsentrasi 0,01 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,01 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,05 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,1 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,2 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,4 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,8 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 1,6 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 1,6 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1,6 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

b. Logam Zn

Konsentrasi 0,05 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,05 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,1 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,1 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,2 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,4 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 0,8 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Konsentrasi 1,6 ppm

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 1,6 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

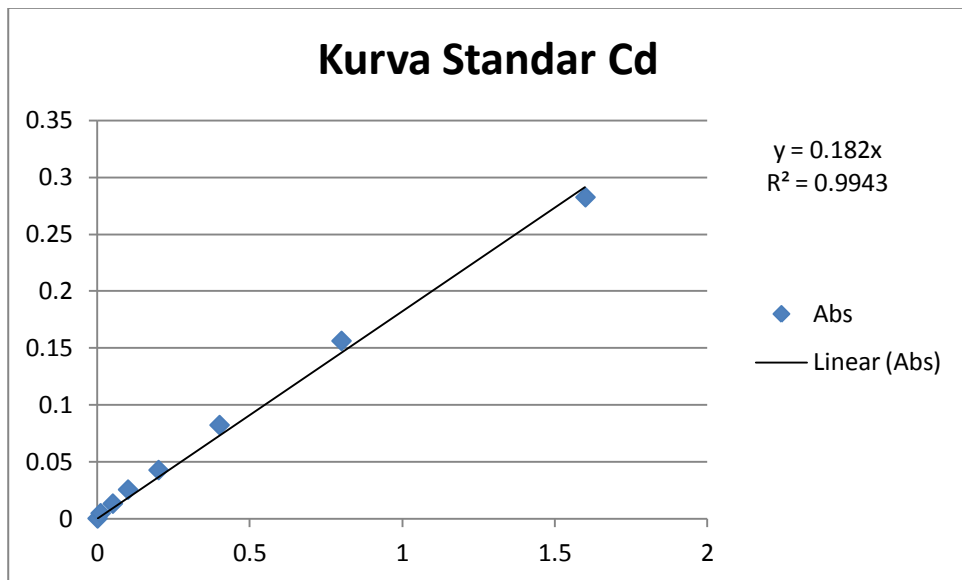
$$V_1 = \frac{1,6 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{100 \text{ ppm}}$$

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

Lampiran 6. Kurva Standar

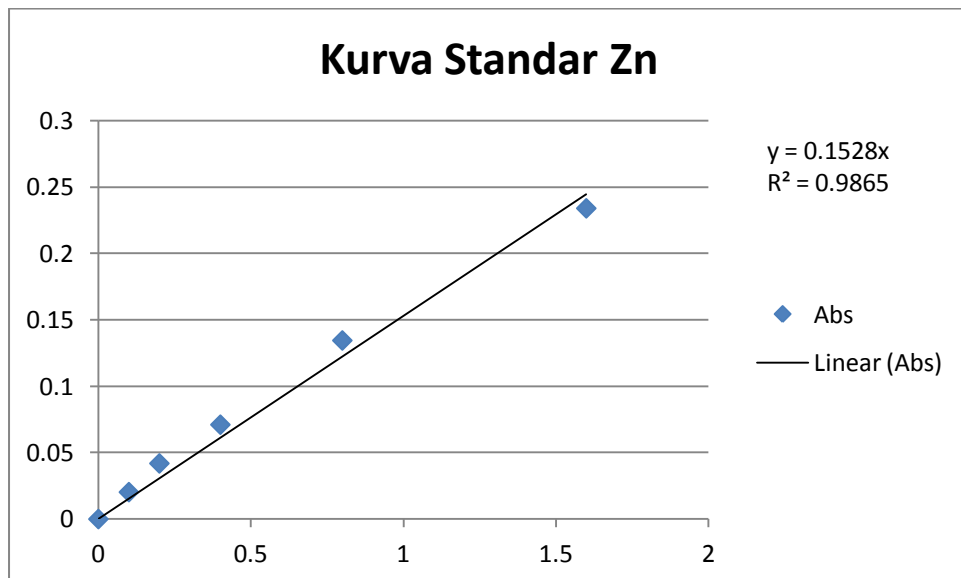
a. Logam Cd

Konsentrasi standar (ppm)	Absorbansi
0	0
0,01	0,004528
0,05	0,012993
0,10	0,025316
0,20	0,042506
0,40	0,08202
0,80	0,155976
1,60	0,282256



b. Logam Zn

Konsentrasi Standar (ppm)	Absorbansi
0	0
0,10	0,020302
0,20	0,041906
0,40	0,071084
0,80	0,134531
1,60	0,234052



Lampiran 7. Perhitungan Kadar Logam Dalam Sampel

a. Logam Cd (Musim Kemarau)

No	Lokasi	Sampel	Massa Sampel (gram)	Volume Sampel (mL)	Konsentrasi Data SSA (mg/L)	fp	Konsentrasi Sebenarnya (mg/Kg)*
1	Stasiun 1	Sedimen	0,5010	100	0,228	1	45,50
2		Akar	1,0006	25	0,038	1	0,95
3		Kulit Batang	0,9073	25	0,043	1	1,19
4		Daun	1,0006	25	0,034	1	0,85
5	Stasiun 2	Sedimen	0,4999	100	0,220	1	43,98
6		Akar	1,0007	25	0,029	1	0,73
7		Kulit Batang	0,9047	25	0,034	1	0,94
8		Daun	0,9999	25	0,039	1	0,98
9	Stasiun 3	Sedimen	0,4999	100	0,233	1	46,13
10		Akar	1,0005	25	0,032	1	0,80
11		Kulit Batang	0,9073	25	0,022	1	0,61
12		Daun	1,0008	25	0,033	1	0,83

* Konsentrasi Sebenarnya dapat diketahui dari Pers.1

b. Logam Cd (Musim Hujan)

No	Lokasi	Sampel	Massa Sampel (gram)	Volume Sampel (mL)	Konsentrasi Data SSA (mg/L)	fp	Konsentrasi Sebenarnya (mg/Kg)*
1	Stasiun 1	Sedimen	0,5010	100	0,213	1	42,52
2		Akar	1,0006	25	0,032	1	0,80
3		Kulit Batang	0,9073	25	0,023	1	0,63
4		Daun	1,0006	25	0,028	1	0,70
5	Stasiun 2	Sedimen	0,4999	100	0,265	1	53,01
6		Akar	1,0007	25	0,014	1	0,35
7		Kulit Batang	0,9047	25	0,024	1	0,66
8		Daun	0,9999	25	0,029	1	0,73
9	Stasiun 3	Sedimen	0,4999	100	0,228	1	45,61
10		Akar	1,0005	25	0,032	1	0,80
11		Kulit Batang	0,9073	25	0,022	1	0,61
12		Daun	1,0008	25	0,024	1	0,60

* Konsentrasi Sebenarnya dapat diketahui dari Pers.1

c. Logam Zn (Musim Kemarau)

No	Lokasi	Sampel	Massa Sampel (gram)	Volume Sampel (mL)	Konsentrasi Data SSA (ppm)	fp	Konsentrasi Sebenarnya (mg/Kg)*
1	Stasiun 1	Sedimen	0,5012	100	1,00	1	199,54
2		Akar	1,0005	25	0,67	1	16,74
3		Kulit Batang	0,9027	25	1,34	1	37,11
4		Daun	0,9996	25	0,81	1	20,26
5	Stasiun 2	Sedimen	0,5033	100	0,73	1	145,06
6		Akar	1,0003	25	0,46	1	11,50
7		Kulit Batang	0,9040	25	0,43	1	11,90
8		Daun	0,9999	25	0,80	1	20,00
9	Stasiun 3	Sedimen	0,5051	100	1,71	1	338,55
10		Akar	1,0004	25	0,60	1	15,00
11		Kulit Batang	0,9032	25	0,65	1	18,00
12		Daun	1,0000	25	0,92	1	23,00

* Konsentrasi Sebenarnya dapat diketahui dari Pers.1

d. Logam Zn (Musim Hujan)

No	Lokasi	Sampel	Massa Sampel (gram)	Volume Sampel (mL)	Konsentrasi Data SSA (mg/L)	fp	Konsentrasi Sebenarnya (mg/Kg)*
1	Stasiun 1	Sedimen	0,5010	100	1,01	1	201,62
2		Akar	1,0005	25	0,76	1	18,99
3		Kulit Batang	0,9027	25	0,30	1	8,27
4		Daun	1,0006	25	0,31	1	7,75
5	Stasiun 2	Sedimen	0,5000	100	1,13	1	262,03
6		Akar	1,0003	25	0,50	1	12,50
7		Kulit Batang	0,9040	25	0,20	1	5,53
8		Daun	0,9999	25	0,23	1	5,57
9	Stasiun 3	Sedimen	0,4999	100	1,69	1	338,07
10		Akar	1,0004	25	1,23	1	30,74
11		Kulit Batang	0,9032	25	0,34	1	9,37
12		Daun	1,0008	25	0,76	1	14,99

* Konsentrasi Sebenarnya dapat diketahui dari Pers.1