

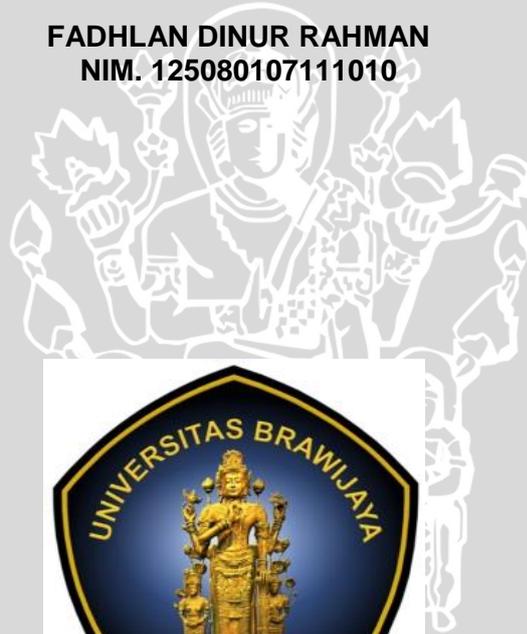
**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA) PADA AKAR DAN
DAUN MANGROVE *Avicennia marina* DI PULAU SARINAH, KECAMATAN
JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

Oleh :

**FADHLAN DINUR RAHMAN
NIM. 125080107111010**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA) PADA AKAR DAN
DAUN MANGROVE *Avicennia marina* DI PULAU SARINAH, KECAMATAN
JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh :

**FADHLAN DINUR RAHMAN
NIM. 125080107111010**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

SKRIPSI

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu (TEMBAGA) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Avicennia marina* DI PULAU SARINAH, KECAMATAN JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR

Oleh:

FADHLAN DINUR RAHMAN
NIM. 125080107111010

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 5 Agustus 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Dr. Agus Maizar S. H., S.PI, MP)
NIP. 19720529 200312 1 001
Tanggal :

16 AUG 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. Mujyanto, M.Si)
NIP. 19600317 198602 1 001
Tanggal:

16 AUG 2016

Dosen Pembimbing II

(Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS)
NIP. 19561203 198503 2 002
Tanggal:

16 AUG 2016



Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arif Wilujeng Ekawati, MS)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal

16 AUG 2016



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fadhlan Dinur Rahman

NIM : 125080107111010

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tulisan pembuatan laporan Skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak pernah terdapat tulisan, pendapat atau bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan ini di daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan skripsi ini hasil jiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, Maret 2016
Mahasiswa

Fadhlan Dinur Rahman
NIM. 125080107111010

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan segala nikmat dan kemudahan serta kekuatan hati yang luar biasa kepada saya selama penyusunan laporan ini.
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara saya yang selalu mendukung dan mendo'akan saya.
3. Dr. Ir. Mulyanto, M.Si dan Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan membimbing serta menasehati saya.
4. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang, yang telah memberikan fasilitas kuliah untuk dapat menunjang proses kegiatan Skripsi ini.
5. Tim Sarinah Bayu, Adit, Aska, dan Nhevy yang telah membantu dalam kekurangan maupun kelebihan di tim skripsi ini.
6. CAD Squad yang ada dalam susah dan senang
7. Bapak Koramil serta bapak warga sekitar yang telah mengantarkan ke Pulau sarinah dan membantu selama kegiatan lapang skripsi
8. Teman-teman MSP angkatan 2012 (Army 2012) yang selalu memberi saya semangat dan motivasi dan terima kasih buat kalian.

RINGKASAN

FADHLAN DINUR RAHMAN. Analisis Logam Berat Cu (Tembaga) pada Akar dan Daun Mangrove *Avicennia marina* di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto M.Si** dan **Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS**)

Pulau Sarinah terbentuk dari endapan lumpur lapindo yang dialirkan melalui Sungai Porong. Pulau ini telah ditanami mangrove sehingga berperan sebagai buffer (perisai alam) dan menstabilkan tanah dengan menangkap dan memerangkap endapan material dari darat yang terbawa air. Mangrove yang terdapat di pulau sarinah ini diperkirakan sudah terkontaminasi logam berat Cu karena lumpur lapindo mengandung logam Cu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat Cu di air, sedimen, akar dan daun *Avicennia marina*. Penelitian dilakukan di kawasan mangrove Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur pada bulan Maret 2016 dengan metode survey. Sampel diambil secara acak, berdasarkan lokasi atau daerah yang memiliki jenis mangrove *Avicennia marina*. Analisis sampel logam berat Cu dan kualitas air dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Negeri Malang, sedangkan untuk suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut diukur secara insitu.

Kandungan Logam berat Cu di air, rata-rata 0.0785 ppm, di sedimen rata-rata 0.5824 ppm, di akar rata-rata 0.2539 ppm dan di daun rata-rata 0.1494 ppm. Berdasarkan Keputusan Pemerintah Republik Indonesia (1990) batas kritis logam berat Cu di air adalah sebesar 2-3 ppm, maka dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat Cu di Pulau Sarinah belum melewati ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan. Faktor biokonsentrasi (BCF) berkisar antara 0.220-0.699 ppm yang menunjukkan bahwa tanaman mangrove *Avicennia marina* memiliki kemampuan sebagai akumulator tingkat sedang dalam menyerap logam berat Cu. Pada penelitian ini faktor translokasi (TF) berkisar antara 0.376-1.123 ppm dengan rata-rata sebesar 0.673 ppm, maka dapat dikatakan bahwa mangrove *Avicennia marina* belum termasuk dalam tumbuhan hiperakumulator untuk logam berat Cu. Hasil untuk kualitas air pada suhu 27 - 31°C, salinitas 24.2‰ - 25.5‰, pH 6.5 - 7.8 dan oksigen terlarut 8.24 - 8.6 mg/l. Kualitas air tersebut masih layak untuk pertumbuhan mangrove *Avicennia marina* yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004.

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu bahwa kandungan logam berat Cu terendah diperoleh di air, pada sedimen ditemukan 7.5 kali lebih besar dari pada air. Sedangkan di akar 3.5 kali lebih besar dari air, sementara di daun 1.9 kali lebih besar dari air. Saran yang dapat diberikan yaitu bahwa mangrove *Avicennia marina* dapat menyerap logam berat Cu, oleh karena itu perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap mangrove *Avicennia marina* agar logam berat Cu di dalam air dan sedimen dapat berkurang serta mengukur konsentrasi logam berat Cu pada bagian mangrove *Avicennia marina* yang lain seperti batang dan buah dengan mengumpulkan lebih banyak sampel selama periode waktu yang panjang.

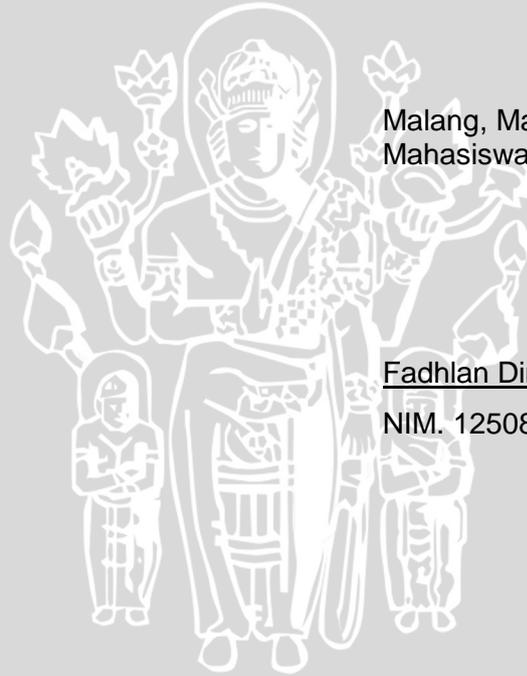
KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu penulis dapat menyajikan Laporan Skripsi yang berjudul Analisis Logam Berat Cu (Tembaga) pada akar dan daun Mangrove *Avicennia marina* di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kurang, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, Maret 2016
Mahasiswa

Fadhlan Dinur Rahman
NIM. 125080107111010

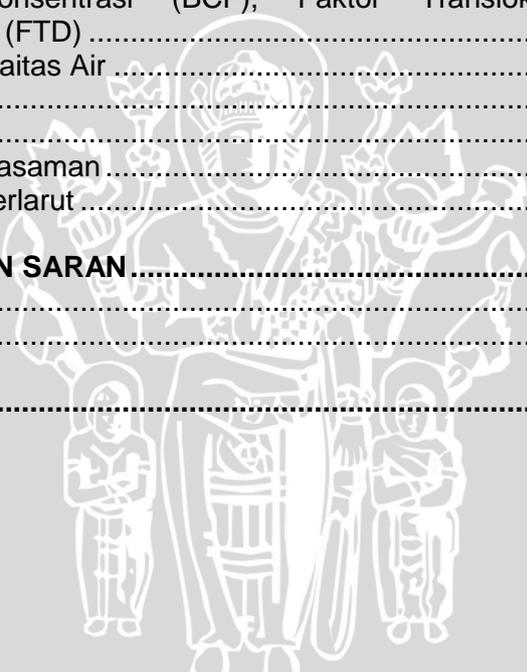


DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Tempat dan Waktu.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Logam Berat.....	5
2.1.1 Tembaga (Cu).....	6
2.1.2 Fungsi Tembaga (Cu) di Tanaman.....	8
2.2 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Oleh Tanaman.....	8
2.2.1 Transpor Aktif.....	9
2.2.2 Transpor Pasif.....	10
2.2.3 Proses Pengangkutan Logam Berat Oleh Akar.....	11
2.3 Definisi Mangrove.....	13
2.4 Jenis Mangrove <i>Avicennia marina</i>	15
2.5 Parameter Lingkungan.....	16
2.5.1 Suhu.....	16
2.5.2 Salinitas.....	17
2.5.3 Derajat Keasaman.....	17
2.5.4 Oksigen Terlarut.....	18
3. MATERI DAN METODE	19
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel.....	19
3.3 Prosedur Pengambilan Sampel.....	20
3.3.1 Pengambilan Sampel Air.....	20
3.3.2 Pengambilan Sampel Sedimen.....	20
3.3.3 Pengambilan Sampel Mangrove.....	20
3.4 Analisis Sampel.....	21
3.4.1 Analisis Logam Berat Cu di Air.....	21
3.4.2 Analisis Logam Berat Cu di Sedimen.....	22
3.4.3 Analisis Logam Berat Cu di Akar dan Daun.....	22
3.5 Parameter Kualitas Air.....	23



3.5.1 Suhu	23
3.5.2 Salinitas	23
3.5.3 Derajat Keasaman	24
3.5.4 Oksigen Terlarut	24
3.6 Analisis Data	24
3.6.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	24
3.6.2 Faktor Translokasi	25
3.6.3 Fitoremediasi (FTD)	25
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian	26
4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan	27
4.3 Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah	29
4.4 Analisis Kandungan Logam Cu pada <i>Avicennia marina</i>	30
4.4.1 Logam Berat Cu pada Air	31
4.4.2 Logam Berat Cu pada Sedimen	32
4.4.3 Logam Cu pada Akar <i>Avicennia marina</i>	33
4.4.4 Logam Cu pada Daun <i>Avicennia marina</i>	34
4.5 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD)	34
4.6 Parameter Kualitas Air	36
4.6.1 Suhu	37
4.6.2 Salinitas	38
4.6.3 Derajat Keasaman	39
4.6.4 Oksigen Terlarut	40
5. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43



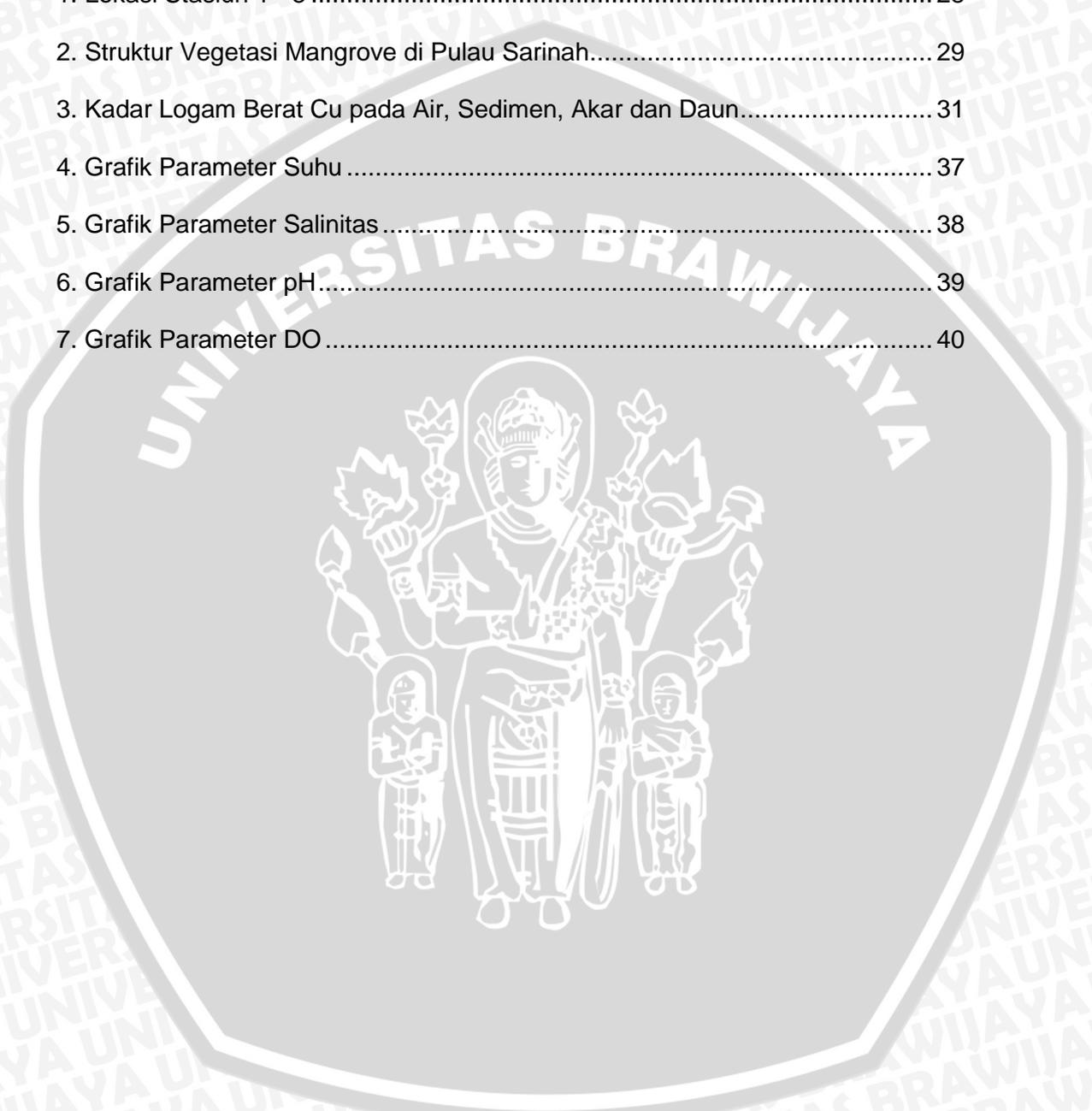
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan Penelitian.....	19
2. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat Cu.....	35
3. Parameter Kualitas Air.....	37



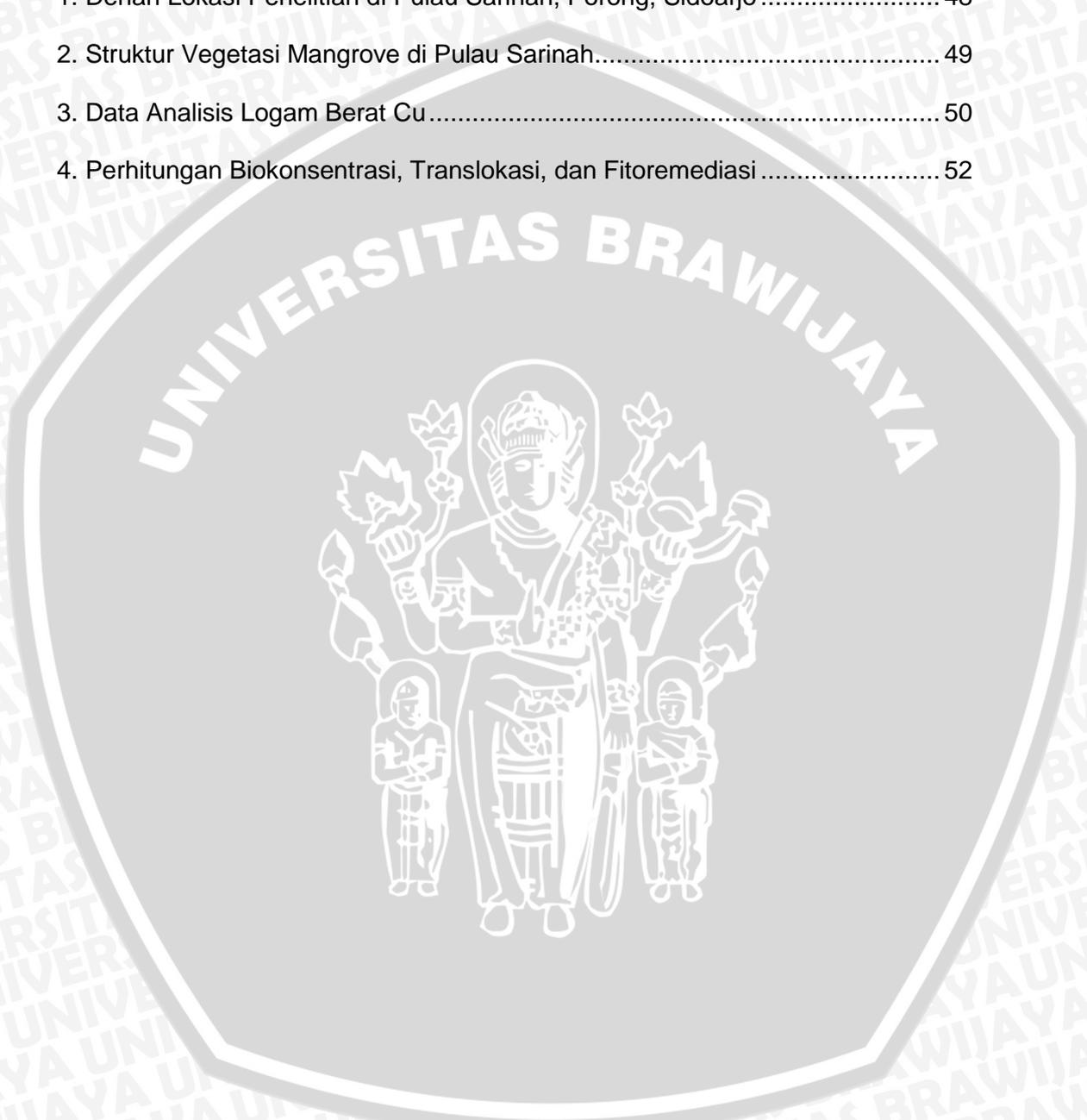
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi Stasiun 1 - 5	28
2. Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah.....	29
3. Kadar Logam Berat Cu pada Air, Sedimen, Akar dan Daun.....	31
4. Grafik Parameter Suhu	37
5. Grafik Parameter Salinitas.....	38
6. Grafik Parameter pH.....	39
7. Grafik Parameter DO	40



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Denah Lokasi Penelitian di Pulau Sarinah, Porong, Sidoarjo	48
2. Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah.....	49
3. Data Analisis Logam Berat Cu.....	50
4. Perhitungan Biokonsentrasi, Translokasi, dan Fitoremediasi.....	52



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di estuari. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem lainnya. Secara ekologis mangrove memiliki banyak fungsi sebagai penghasil sejumlah detritus, perangkap sedimen, pelindung pantai dari hempasan gelombang air laut serta penyerap logam berat dan pestisida yang mencemari laut (Deri, *et al.*, 2013). Mangrove yang tumbuh di muara sungai merupakan tempat penampungan bagi limbah-limbah yang terbawa aliran sungai. Mangrove memiliki kemampuan 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 ekstrem (Mastaller, 1996 *dalam* Panjaitan, 2009).

Peristiwa pengeboran oleh PT Lapindo Brantas pada Mei 2006, menyebabkan semburan lumpur panas yang membawa bahan pencemar masuk ke perairan Sungai Porong Sidoarjo. Salah satu bahan pencemar yang masuk ke dalam sungai porong adalah logam berat Cu. Kandungan logam Cu pada sampel lumpur lapindo di Sungai Porong berdasarkan penelitian Juniawan *et al* (2013), berkisar antara 0.83 mg/kg-1.31 mg/kg. Menurut Surbakti (2011) *dalam* Setiawan (2013), logam berat Cu masuk ke dalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari aktifitas manusia, sebagai contoh adalah buangan industri yang memakai Cu dalam proses produksinya, misalnya industri galangan kapal. Logam berat Cu digunakan sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, buangan rumah tangga dan lain sebagainya.

Sungai Porong merupakan terusan Sungai Brantas (Floodway) yang berhulu di Kota Mojokerto (Bendung Lengkong Baru), mengalir ke arah timur dan bermuara di Selat Madura. Sungai ini membatasi Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan. Dengan terjadinya bencana Lumpur Sidoarjo pada 30 Mei 2006 dan kemudian pada November 2006 pemerintah menetapkan bahwa Sungai Porong sebagai tempat pembuangan Lumpur Sidoarjo menuju ke laut, maka fungsi Sungai Porong selain sebagai floodway, juga berfungsi sebagai saluran yang mengalirkan endapan lumpur ke muara (Rukmantoro, 2012).

Pulau Sarinah merupakan pulau buatan yang berasal dari endapan lumpur lapindo. Luas pulau 94 ha itu kini sudah ditanami mangrove dengan tinggi 3 sampai 4 meter. Mangrove yang tumbuh di Pulau Sarinah yaitu jenis *Rhizophora* sp, *Avicennia Marina*, *Avicennia Alba*, *Sonneratia* sp. Mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah diperkirakan sudah terkontaminasi logam berat yang berasal dari sedimennya. Hal ini dikarenakan endapan lumpur lapindo itu membawa salah satu logam berat yaitu logam berat Cu. Di Pulau Sarinah *Avicennia Marina* merupakan jenis yang mendominasi dan salah satu spesies mangrove yang mampu mengakumulasi logam berat. Rohmawati (2007), mengemukakan bahwa pohon *Avicennia marina* memiliki kemampuan penanggulangan materi toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Lumpur Lapindo yang mulai keluar pada tahun 2006 di Porong secara terus menerus, kemudian pemerintah menetapkan bahwa Sungai Porong sebagai tempat pembuangan Lumpur Sidoarjo menuju ke laut. Hal ini

berlangsung 10 tahun, kemudian Dinas PU, Dinas Perikanan, dan Dinas Pariwisata membuat pulau buatan seluas 94 ha yang terbentuk dari endapan lumpur lapindo dan diberi nama Pulau Sarinah. Setelah pulau terbentuk, Dinas Perikanan, Balai Lingkungan Hidup, dan Pak Wibowo berinisiatif untuk menanam vegetasi mangrove di Pulau Sarinah. Mangrove yang ditanam antara lain adalah *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba*.

Mangrove jenis *Avicennia marina* ini menyerap logam berat yang berasal dari endapan lumpur lapindo. Logam berat yang terkandung di dalam lumpur lapindo antara lain adalah logam berat Cu. Menurut penelitian yang dilakukan Syafriotman (2015), diketahui bahwa logam berat yang terkandung pada air, sedimen, akar dan daun mangrove Pulau Sarinah ini antara lain adalah logam berat Cu. Kisaran kandungan logam berat pada sedimen berkisar antara 0,300-0,409. Maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kandungan logam berat Cu pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina* serta kemampuan tanaman mangrove *Avicennia marina* dalam menyerap logam berat Cu.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

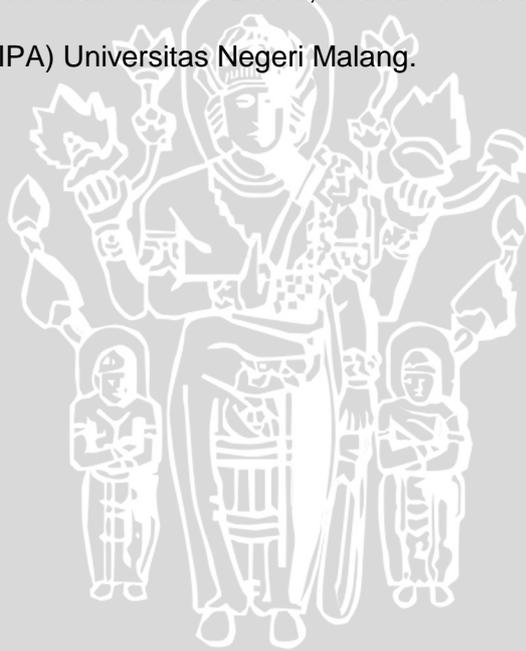
1. Untuk menganalisis kandungan logam berat Cu pada air, sedimen, akar, dan daun *Avicennia marina* di kawasan mangrove Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa timur.
2. Untuk menganalisis kemampuan tanaman mangrove *Avicennia marina* dalam menyerap logam berat Cu di Kawasan Mangrove Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian ini, dapat digunakan sebagai data awal yang dapat dijadikan sebagai acuan penelitian selanjutnya, dan dengan mempelajari secara langsung dan melakukan penelitian dapat menambah pengetahuan ataupun wawasan yang lebih mengenai peran hutan mangrove, yaitu salah satunya sebagai penyerap logam berat.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - April 2016 di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Negeri Malang.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanis dan sebagainya. Untuk kepentingan biologi Clark (1986); Diniah (1995) dalam Yudhanegara (2005) membagi logam ke dalam tiga kelompok yaitu:

1. Logam ringan seperti natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca) dan lain-lain, biasanya diangkut sebagai kation aktif di dalam larutan yang encer
2. Logam transisi seperti besi (Fe), tembaga (Cu), kobalt (Co), mangan (Mn) diperlukan dalam konsentrasi yang rendah, tetapi dapat menjadi racun dalam konsentrasi yang tinggi
3. Logam berat dan metaloid seperti raksa (Hg), timah hitam (Pb), timah (Sn), selenium (Se) dan arsen (As), umumnya tidak diperlukan dalam kegiatan metabolisme dan sebagai racun bagi sel dalam konsentrasi rendah.

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas $> 5 \text{ g/cm}^3$ dalam air laut. Logam berat terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Dalam kondisi alami, logam berat dibutuhkan oleh organisme untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya (Effendi, 2000). Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Logam berat memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air. Mengendapnya logam berat bersama dengan padatan

tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan sekitarnya (Fitriyah *et al.*, 2013).

Organisme yang pertama terpengaruh akibat penambalan polutan logam berat ke tanah atau habitat lainnya adalah organisme dan tanaman yang tumbuh di tanah atau habitat tersebut. Dalam ekosistem alam terdapat interaksi antar organisme baik interaksi positif maupun negatif yang menggambarkan bentuk transfer energi antar populasi dalam komunitas tersebut. Dengan demikian pengaruh logam berat tersebut pada akhirnya akan sampai pada hierarki rantai makanan tertinggi yaitu manusia. Logam-logam berat diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Saeni, 1997 *dalam* Panjaitan 2009).

2.1.1 Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah logam merah muda yang lunak, dapat ditempa, dan liat yang melebur pada suhu 1038°C . Potensial elektroda standarnya positif (+0.34 V), logam ini tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer. Logam Cu banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas dan zat warna yang bisa bercampur dengan logam lain seperti aloi dengan perak, kadmium, timah putih dan seng (Merian, 1994 *dalam* Panjaitan, 2009).

Palar (2004), juga mengemukakan bahwa Cu merupakan salah satu jenis logam esensial, yaitu logam yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit, namun bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan efek toksik. Pada tumbuhan secara umum, logam Cu memegang peranan penting dalam pertumbuhannya, yaitu sebagai activator enzim. Kekurangan logam Cu mengakibatkan tumbuhan akan berdaun kecil dan berwarna kuning, bahkan efek lanjutannya mengakibatkan tumbuhan gagal memproduksi bunga.

Tembaga berperan dalam membantu proses fotosintesis, pembentuk klorofil dan berperan dalam fungsi reproduksi. Gejala yang terjadi pada tanaman yang kekurangan tembaga daun yang masih muda akan layu dan kemudian mati. Kandungan tembaga yang berlebihan juga akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman terbatas. Dampak dari kandungan tembaga yang berlebih pada tanaman adalah pertumbuhan tanaman akan kerdil, percabangan terbatas dan pembentukan akar terhambat (Wulandari, 2012).

Secara biologis Cu tersedia dalam bentuk Cu^+ dan Cu^{2+} dalam garam inorganik dan kompleks inorganik. Perpindahan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah di bumi ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, pengairan, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan pH. Kondisi tanah yang asam akan meningkatkan kelarutan Cu, sedangkan pada kondisi basa Cu cenderung dipresipitasi oleh tanah, sehingga akan terlarut dan terbawa air yang mengakibatkan defisiensi Cu pada tanaman. Variasi kualitas tanah mempengaruhi pengambilan Cu oleh akar tanaman. Pada tanaman, Cu diakumulasi di akar dan di dinding sel serta didistribusikan melalui berbagai cara (Merian, 1994 dalam Panjaitan, 2009)

Selain manfaat Cu sebagai elemen mikro, Cu dapat terakumulasi di jaringan tubuh, jika konsentrasinya melebihi maka akan bersifat toksik. Penyebab utama logam berat menjadi toksik adalah karena sifatnya yang tidak dapat dihancurkan (*nondegradable*) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan. Pada manusia, keracunan Cu dapat mengakibatkan gejala seperti muntah-muntah, rasa terbakar di daerah esofagus dan lambung, kram perut (kolik), diare yang kemudian disusul dengan hipotensi, kematian sel-sel hati (nekrosis hati) dan koma (Supriharyono, 2000).

2.1.2 Fungsi Tembaga (Cu) di Tanaman

Kandungan normal unsur cuprum (Cu) didalam jaringan tanaman berkisar antara 5 ppm sampai 20 ppm (Havlin *et al.* 2005). Di dalam tanaman, unsur Cu merupakan komponen esensial sejumlah enzim tanaman, seperti diamin oksidase, askorbat oksidase, o-difenol oksidase, sitokrom-c oksidase, superoksid dismutase, plastosianin oksidase, dan kuionol oksidase (Munawar, 2011). Oleh karena itu, tanpa adanya pasokan Cu yang cukup, enzim-enzim tersebut tidak akan aktif dan menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Havlin *et al.* (2005) menyebutkan bahwa enzim polifenol oksidase dan diamin oksidase sangat penting dalam sintesis lignin, senyawa penyusun dinding sel yang memberikan kekuatan agar tanaman dapat tumbuh tegak. Oleh karena itu, tanaman yang kahat Cu mudah roboh dan peka terhadap penyakit. Seperti halnya Fe, Cu terlibat dalam reaksi redoks ($\text{Cu}^{2+} + e^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{+}$) atau transpot elektron dalam fotosintesis dan respirasi, yang menghasilkan adenosin trifosfat (ATP), yang merupakan sumber energi utama untuk sintesis protein, lemak, membran sel, dan serapan hara secara aktif.

Enzim plastosianin oksidase merupakan katalis transfer elektron dalam respirasi. Pada spesies tanaman tertentu, kadar Cu yang berlebihan dalam tanaman akan bersifat racun. Menurut Lepp (1981), kadar Cu yang tinggi dalam jaringan tanaman menyebabkan mitosis, peningkatan aktivitas enzim katalase dan IAA-oksidase, peningkatan aktivitas enzim peroksidase, penurunan asam nukleat, khususnya dalam embrio, mengurangi aktifitas amilase, dan RNA-ase, serta mengurangi aktifitas protease dalam endosperma.

2.2 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Oleh Tanaman

Menurut Priyanto dan Prayitno (2009), penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan mangrove dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu:

1. Penyerapan oleh akar

Akar tumbuhan akan membentuk suatu zat Khelat yang disebut Fitokhelatin dengan perubahan pH. Fitokhelatin adalah suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin.

1. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat.

2. Lokalisasi logam pada jaringan

Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Tumbuhan mangrove mampu mengalirkan oksigen melalui akar ke dalam sedimen tanah untuk mengatasi kondisi anaerob pada sedimen tersebut. Jika logam berat memasuki jaringan, terdapat mekanisme yang sangat jelas, pengambilan (*up taken*) logam berat oleh tumbuhan di lahan basah adalah melalui penyerapan dari akar, setelah itu tumbuhan dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan glikosida yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun dan bagian lainnya, sedangkan ekskresinya terjadi melalui transpirasi (Ali, *et al.*, 2012).

2.2.1 Transpor Aktif

Pada sel-sel akar tumbuhan terdapat penumpukan mineral. Artinya, konsentrasi mineral di dalam sel lebih tinggi dari pada di luar sel, atau potensial air di luar sel lebih tinggi dibandingkan dengan potensial air di dalam sel. Oleh

karena itu, osmosis dari luar sel ke dalam sel tetap berlangsung untuk mencegah plasmolysis. Akan tetapi, keadaan ini menghambat pengambilan mineral dari luar ke dalam sel melalui difusi, terutama karena membran sel memiliki permeabilitas yang sangat rendah. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan transpor aktif yang melibatkan energi dari ATP agar ion-ion dapat masuk ke dalam sel. ATP adalah molekul pembawa energi di dalam sel. Transpor aktif merupakan transpor partikel-partikel melalui membrane semipermeabel yang bergerak melawan gradien konsentrasi yang memerlukan energi dalam bentuk ATP. Transpor aktif berjalan dari larutan yang memiliki konsentrasi rendah ke larutan yang memiliki konsentrasi tinggi, sehingga dapat tercapai keseimbangan di dalam sel (Kimball, 1999).

2.2.2 Transpor Pasif

Dapat berlangsung karena adanya perbedaan konsentrasi larutan di antara kedua sisi membran. Pada transpor pasif tidak memerlukan energi metabolik. Transpor pasif ini bersifat spontan. Transpor pasif dibedakan menjadi tiga, yaitu difusi sederhana (simple diffusion), difusi dipermudah atau difasilitasi (facilitated diffusion), dan osmosis. Terdapat dua proses fisikokimiawi yang penting dalam transport materi dalam sel yaitu difusi dan osmosis (Alkatiri, 1996).

1. Difusi dan Osmosis

Sel-sel akar mempunyai isi yang berkonsentrasi tinggi. Makin masuk ke dalam akar, konsentrasi sel-selnya makin tinggi, ini berarti bahwa makin masuk ke dalam akar defisit tekanan difusi makin besar dan air berdifusi dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi. Larutan tanah yang memiliki luas tak terbatas, pada umumnya memiliki konsentrasi yang rendah, jadi defisit tekanan difusi ada rendah (sedikit). Pemasukan air dari tanah ke dalam sel-sel akar dengan jalan difusi dan osmosis berdasarkan hukum gas yang berlaku juga untuk zat cair dan

zat padat. Air berdifusi dari suatu larutan yang encer ke larutan yang lebih pekat, atau dengan kata-kata lain, air berdifusi dari daerah yang defisit tekanan difusinya kecil ke daerah yang defisit tekanan difusinya besar. Keadaan seperti ini kita jumpai pada larutan tanah, pada umumnya larutan tanah merupakan larutan yang konsentrasinya jauh lebih rendah dari pada konsentrasi larutan yang ada didalam sel-sel akar. Hasil penyelidikan menunjukkan pula bahwa nilai osmosis sel-sel tanaman itu mengalami perubahan sesuai dengan keadaan air di dalam tanah (Dwidjoseputro, 1994).

2.2.3 Proses Pengangkutan Logam Berat Oleh Akar

Proses pengangkutan logam berat dari dalam tanah oleh tumbuhan berawal dari air di dalam tanah diserap oleh rambut akar. Air dan mineral dari tanah memasuki tumbuhan melalui epidermis akar, melintasi korteks akar, dan masuk ke dalam stele. Dari stele air dan mineral – mineral terlarut di dalam xilem (Chambell, 2008). Air mengalir karena ada perbedaan kepekatan (konsentrasi) cairan di antara sel. Pemasukan air ke dalam akar sebagai gerakan horisontal, maka bagian - bagian akar yang dilewatinya adalah bulu akar, sel - sel korteks, sel - sel endodermis, sel - sel perisikel, dan akhirnya air itu sampai pada pembuluh kayu (xilem) (Dwidjoseputro, 1994). Air tanah mempunyai kepekatan larutan yang lebih encer dibandingkan dengan cairan sel sehingga air tanah dapat masuk ke rambut akar. Air yang masuk ini mengakibatkan sel tumbuhan mengembang. Air didorong keluar dari satu sel ke sel berikutnya sampai ke pembuluh kayu. Selanjutnya, air diangkut oleh pembuluh kayu melalui batang sampai ke daun. Naiknya air ke daun dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain tekanan akar, kapilaritas batang, dan daya isap daun. Berikut ini akan dijabarkan mengenai ketiga faktor pengangkutan air dan mineral tumbuhan.

1. Tekanan Akar

Rambut akar mengambil air dari dalam tanah secara osmosis. Osmosis adalah gerakan air dari larutan yang kurang pekat ke larutan yang lebih pekat melalui selaput semipermeabel. Selaput semipermeabel adalah selaput yang hanya dapat dilalui oleh air. Rambut akar mengambil air secara osmosis karena dinding-dinding selnya bersifat semipermeabel dan cairan selnya lebih pekat daripada air tanah. Saat rambut akar menyerap air, cairan sel rambut akar akan menjadi lebih encer daripada cairan sel-sel yang terletak disebelah dalam rambut akar. Karena sel bagian dalam lebih pekat, maka sel bagian dalam akan menyerap air dari rambut akar. Dengan cara ini, air akan bergerak dari sel ke sel sampai pada pembuluh kayu. Pergerakan air secara osmosis dari sel ke sel pada akar menimbulkan suatu tekanan yang disebut tekanan akar. Tekanan akar akan mendorong air sehingga naik ke pembuluh kayu di batang. Tekanan akar tampak pada sebagian besar tumbuhan, tapi hal ini terjadi jika tanah cukup lembab, dan bila kelembaban udara tinggi artinya ketika transpirasi sedang sangat rendah. Tetesan air akan terlihat keluar dari bukaan (hidatoda) pada ujung atau tepi daun rerumputan atau daun arbei. Fenomena itu disebut gutasi. Jika tumbuhan ditempatkan pada kondisi atmosfer yang cukup kering, atau di tanah yang berkelembapan rendah atau sekaligus dalam kedua keadaan tersebut, maka tekanan akar tidak muncul sebab air dalam batangnya berada di bawah tegangan dan bukan di bawah tekanan (Salisbury, F. B. & C. W. Ross, 1995).

2. Kapilaritas Batang

Air yang sudah sampai ke pembuluh kayu batang akan terus naik hingga ke daun. Naiknya air pada pembuluh kayu batang disebabkan oleh adanya kapilaritas batang. Kapilaritas merupakan interaksi antara permukaan singgung dari suatu bahan cair dan bahan padat, sehingga permukaan cair tersebut berubah bentuk, dari datar menjadi agak mengerut. Kapilaritas menyebabkan

naiknya cairan ke dalam tabung yang sempit, yang terjadi karena zat cair tersebut membasahi dinding tabung (dengan adanya adesi) lalu tertarik ke atas. Hal itu terlihat jelas dari lengkungan meniskus di puncak kolom zat cair itu (Salisbury, F. B. & C. W. Ross, 1995). Cara kerja kapilaritas ini seperti sumbu kompor yang direndam di dalam cairan (air atau minyak). Walaupun hanya bagian bawah sumbu yang terendam cairan, bagian atas sumbu dapat menjadi basah karena cairan merembes dari bagian bawah ke bagian atas. Kapilaritas pada pembuluh kayu ini dapat terjadi karena pembuluh kayu merupakan pembuluh yang sangat halus berupa pipa-pipa kapiler. Pembuluh xilem dapat kita pandang sebagai pembuluh kapiler, sehingga air naik di dalamnya sebagai akibat adanya adhesi antara dinding xilem dengan molekul-molekul air.

3. Daya Isap Daun

Air di dalam daun dapat keluar melalui stomata. Keluarnya air tersebut melalui proses transpirasi (penguapan). Transpirasi menyebabkan cairan sel pada daun menjadi lebih pekat, sehingga sel daun menyerap air dari pembuluh kayu pada tulang daun. Air yang diambil dari pembuluh kayu daun akar digantikan oleh air dari pembuluh kayu batang. Air di pembuluh kayu batang akan digantikan oleh air dari pembuluh kayu akar. Seluruh proses tersebut akhirnya menimbulkan aliran air terus menerus dari akar sampai ke daun. Tenaga yang ditimbulkan dari proses transpirasi disebut daya isap daun.

2.3 Definisi Mangrove

Hutan mangrove merupakan ekosistem hutan yang dapat tumbuh pada muara sungai yang dekat dengan laut, yaitu pada kawasan estuari baik pada daerah tropis maupun subtropis. Sehingga dapat dikatakan bahwa ekosistem mangrove merupakan ekosistem hutan yang terdapat pada daerah antara daratan dan lautan. Berdasarkan tempat hidupnya yang berada dekat dengan

pantai, mangrove juga sering disebut dengan hutan pantai, hutan pasang surut maupun hutan payau. Pada suatu ekosistem mangrove itu sendiri akan menjadi kesatuan yang memiliki peran yang sangat penting baik bagi kehidupan di darat maupun di laut. Hutan mangrove terdapat di sepanjang garis pantai di kawasan tropis, dan menjadi pendukung berbagai jasa ekosistem, termasuk produksi perikanan dan siklus unsur hara. Mangrove merupakan salah satu habitat hutan yang terdapat di Indonesia. (Danato *et al.*, 2012).

Hutan mangrove adalah hutan yang tumbuh di daerah pantai, biasanya terdapat di daerah teluk dan muara sungai yang dicirikan oleh (1) tidak terpengaruh iklim (2) dipengaruhi pasang surut (3) tanah tergenang air laut (4) tanah rendah pantai (5) hutan tidak mempunyai struktur tajuk (6) jenis-jenis pohonya biasanya terdiri atas api-api (*Avicennia* sp), pedada (*Sonneratia* sp), bakau (*Rhizophora* sp), lacing (*Bruguiera* sp), nyirih (*Xylocarpus* sp), nipah (*Nypa* sp), dan lain-lain (Soerianegara dan Indrawan, 1982).

Hutan mangrove tumbuh pada daerah pantai yang terlindung atau pantai yang datar. Biasanya di tempat yang tidak memiliki muara sungai, terdapat ekosistem mangrove yang agak tipis, namun pada tempat yang mempunyai muara sungai besar atau delta yang alirannya banyak mengandung lumpur dan pasir, mangrove biasanya tumbuh meluas. Mangrove tidak tumbuh di pantai terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut yang kuat karena hal ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur dan pasir, substrat yang diperlukan untuk pertumbuhannya (Nontji, 2005 dalam Muhaerin, 2008). Hutan mangrove dapat tumbuh pada berbagai macam substrat yang berpasir, berbatu hingga berlumpur. Mangrove dapat tumbuh pada berbagai jenis substrat yang bergantung pada proses pertukaran air untuk memelihara pertumbuhan mangrove (Dahuri 2001).

2.4 Jenis Mangrove *Avicennia marina*

Avicennia marina merupakan pelopor dari spesies mangrove yang mungkin paling luas dari semua mangrove. Tumbuh di seluruh indo-pasifik bagian Barat. *Avicennia marina* berupa belukar atau pohon yang tumbuh tegak atau menyebar, dengan ketinggian pohon mencapai 30 meter dan tumbuh di atas lumpur berpasir, pada bagian tepi menjorok ke laut. Populasi *Avicennia marina* lebih toleran terhadap dingin (di daerah Australia misalnya) (Duke, 2006). Klasifikasi *Avicennia marina* menurut Cronquist (1981) dalam Dasuki (1991) adalah:

- Regnum : Plantae (Tumbuhan)
- Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
- Class : Magnoliopsida (Tumbuhan berbiji belah)
- Sub Class : Asteridae (Tumbuhan berbiji belah)
- Order : Lamiales (Tumbuhan berbunga)
- Family : Acanthaceae (Tumbuhan berbunga daun tunggal)
- Genus : *Avicennia*
- Species : *Avicennia marina*

Avicennia marina juga di kenal dengan nama api-api, dengan nama daerah lainnya seperti kayu kendeke, kayu ting (Manado), kibalanak (Sunda), api-api brayu, api-api kacang, peape (Madura). Di Indonesia, api-api memiliki sejumlah nama, di antaranya mangi-mangi, sia-sia, boak, koak, merana pejapi, papi, atau nyapi. Pohon api-api memiliki beberapa ciri, antara lain memiliki akar napas yakni akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. Reproduksi bersifat kryptovivipary, yaitu biji tumbuh keluar dari kulit biji saat masih menggantung pada tanaman induk, tetapi tidak tumbuh keluar menembus buah sebelum biji jatuh ke tanah. Buah berbentuk bulir seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm,

daun berbentuk elips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm, lebar daun 3-4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu dan suram. Bentuknya semak atau pohon dengan tinggi 12 m dan kadang-kadang mencapai 20 m, memiliki akar napas yang berbentuk seperti pensil, bunga bertipe majemuk dengan 8-14 bunga setiap tangkai. Bentuk buah seperti kacang, tumbuh pada tanah berlumpur, daerah tepi sungai, daerah kering serta toleran terhadap salinitas yang sangat tinggi (Halidah, 2014). Berbeda dengan *Avicennia alba* yang mempunyai bentuk buah seperti kerucut atau cabe yang berwarna hijau muda kekuningan. Akarnya berbentuk seperti jari atau asparagus yang tipis. Kulit kayu bagian luar pohon ini berwarna keabu-abuan atau kecoklatan. Bentuk daun *Avicennia alba* meruncing pada bagian ujung dengan permukaan yang halus, berwarna hijau mengkilat pada bagian atas dan pucat pada bagian bawahnya (Noor *et al.*, 2006).

2.5 Parameter Lingkungan

2.5.1 Suhu

Sebagian besar suhu dalam perairan dipengaruhi oleh musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, serta aliran dan kedalaman air (Effendi, 2003). Suhu perairan mempengaruhi proses akumulasi logam berat yang masuk ke perairan. Semakin tinggi suhu perairan maka kelarutan logam berat akan semakin tinggi pula (Wardhana, 2004).

Suhu yang baik untuk kehidupan mangrove tidak kurang dari 20°C, sedangkan kisaran musiman tidak melebihi 5°C. Suhu yang tinggi (>40 °C) cenderung tidak mempengaruhi pertumbuhan dan kahidupan tumbuhan mangrove. Kolehmeinen *et al.*, (1973) dalam Supriharyono (2002).

2.5.2 Salinitas

Menurut (Yani, 2003) semakin jauh dari daratan, maka salinitas air laut akan semakin meningkat. Salinitas juga dapat mempengaruhi keberadaan konsentrasi logam berat yang ada di perairan, bila salinitas tersebut menurun maka akan menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat akumulasi logam berat semakin besar. Tidak semua biota laut memiliki toleransi terhadap perubahan salinitas.

Umumnya mangrove tumbuh pada daerah asin (bergaram) yang diperlukan untuk kestabilan ekosistem mangrove, pada umumnya banyak jenis mangrove yang kurang bersaing pada kondisi air tawar (Lugo, 1980). Salinitas air dan salinitas tanah rembesan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan, daya tahan, dan zonasi spesies mangrove. Tumbuhan mangrove tumbuh subur di daerah estuaria dengan salinitas 10-30 ppt (Kusmana *et al.*, 2003).

2.5.3 Derajat Keasaman

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada $pH < 5$, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondiosida bebas. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Toksisitas logam dapat memperlihatkan peningkatan pH rendah (Effendi, 2003).

Pada umumnya air laut mempunyai nilai pH lebih besar dari 7 yang cenderung bersifat basa, namun dalam kondisi tertentu nilainya dapat menjadi lebih rendah dari 7 sehingga menjadi bersifat asam. Perairan yang bersifat asam tergolong tidak sehat. Perairan yang menerima limbah organik dalam jumlah

yang besar berpotensi memiliki tingkat keasaman yang tinggi. Derajat keasaman suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan (Irawan *et al.* 2009).

2.5.4 Oksigen Terlarut

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) menunjukkan besarnya kandungan oksigen yang terlarut dalam suatu perairan. Konsentrasi DO dipengaruhi oleh suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Konsentrasinya bersifat berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk perairan (Effendi, 2003).

Oksigen terlarut merupakan faktor pembatas bagi kehidupan organisme. Perubahan konsentrasi oksigen terlarut dapat menimbulkan efek langsung yang berakibat pada kematian organisme perairan, sedangkan pengaruh yang tidak langsung adalah meningkatkan toksisitas bahan pencemar yang pada akhirnya dapat membahayakan organisme itu sendiri. Rendahnya DO dapat meningkatkan kadar toksisitas logam berat (Salmin, 2005).

Kadar oksigen terlarut (dissolved oxygen, DO) dapat dijadikan ukuran untuk menentukan mutu air. Kehidupan di air dapat bertahan jika ada oksigen terlarut minimum 5 mg oksigen setiap liter air (5 ppm). Selbihnya bergantung kepada ketahanan organisme, derajat aktivitasnya, kehadiran pencemar, suhu air dan sebagainya (Romimohtarto dan Juwana, 2004).

BAB III

MATERI DAN METODE

3.1 Metode Penelitian

Materi penelitian ini adalah logam berat Cu pada air, sedimen, akar, dan daun mangrove *Avicennia marina*. Parameter kualitas air yang digunakan antara lain yaitu suhu, salinitas, derajat keasaman, dan oksigen terlarut. Alat dan bahan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian

No	Parameter	Alat dan Bahan
1	Sedimen	Cetok, kantong plastik
2	Mangrove Akar	Pisau, kantong plastik
	Mangrove Daun	Kantong plastik
3	Suhu (°C)	Thermometer
4	Salinitas (‰)	Refraktometer
5	DO (ppm)	DO Meter
6	Derajat Keasaman	pH Meter
7	Cu	Timbangan sartorius, oven, hot plate, beaker glass, labu ukur, AAS, kertas saring, larutan standart

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di kawasan mangrove Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survey. Metode survey digunakan untuk memperoleh data primer berupa nilai kandungan logam berat. Sampel yang diambil adalah air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina*.

Penentuan lokasi penelitian dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu lokasi penelitian ditentukan berdasarkan lokasi atau daerah yang memiliki jenis mangrove *Avicennia marina*, penentuan stasiun pengambilan sampel didasarkan pada karakteristik pohon mangrove. Pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

3.3 Prosedur Pengambilan Sampel

3.3.1 Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air di perairan dengan cara menggunakan botol air mineral 600ml dan ditandai sesuai dengan lokasi pengambilan. Sampel air diambil secara langsung dan dimasukkan ke dalam botol dan ditambahkan pengawet yaitu HNO_3 pekat sebanyak 15ml dengan tujuan untuk menurunkan pH supaya kondisi asam, agar kandungan logam berat dalam air tetap terikat. Kemudian dimasukkan ke dalam *cool box* dan setelah ± 24 jam dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam berat Cu

3.3.2 Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil menggunakan cetok yang kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik sebanyak yang diperlukan untuk masing-masing titik pengambilan. Sampel sedimen yang diambil yaitu sedimen dengan ketebalan 10 cm. Kemudian dimasukkan ke dalam *cool box* dan setelah ± 24 jam dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam berat Cu

3.3.3 Pengambilan Sampel Mangrove

Sampel akar dan daun diambil dari pohon *Avicennia marina* dengan ukuran diameter batang berkisar 5-10 cm. Pengukuran diameter dengan cara mengukur keliling batang menggunakan meteran, kemudian dicari jari-jari menggunakan rumus lingkaran $K = 2\pi r$ kemudian setelah diketahui jari-jarinya

baru dihitung diameternya dengan rumus $d = 2r$. Cara pengambilan akar dan daun mangrove *Avicennia marina* adalah sebagai berikut:

a. Akar

Akar yang diambil adalah akar nafas *pneumatophore* pada bagian ujung akar dari pohon yang berukuran sama yang berada di dalam sedimen atau air. Sampel akar diambil dengan hati-hati menggunakan tangan dan pisau, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik sebanyak yang diperlukan.

b. Daun

Daun yang diambil adalah daun yang sudah tua pada pangkal ranting, berwarna hijau tua dengan panjang 4-8 cm sebanyak 30 lembar daun dan dimasukkan ke dalam kantong plastik. Kemudian sampel dibawa ke laboratorium untuk dianalisa. Menurut Panjaitan (2009), menyatakan bahwa daun yang diambil adalah daun tua pada pangkal ranting, karena konsentrasi logam daun tua lebih tinggi dibanding daun muda. Hal ini disebabkan oleh kemampuan daun muda di dalam mengabsorpsi suatu unsur hara lebih rendah dari pada daun tua.

3.4 Analisis Sampel

3.4.1 Analisis Logam Berat Cu di Air

Prosedur analisis logam berat Cu pada air menurut Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UM, 2015 adalah:

- 1) Mengambil air sampel dengan pipet volume 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml.
- 2) Menambahkan 5 ml aquaregia, dipanaskan di atas kompor listrik sampai asat lalu didinginkan.
- 3) Menambahkan larutan HNO_3 encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, panaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.

- 4) Menyaring ke labu 100 ml dan menambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 5) Kemudian membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.4.2 Analisis Logam Berat Cu di Sedimen

Prosedur analisis logam berat Cu pada sedimen menurut Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UM, 2015 adalah:

- 1) Menimbang contoh ± 2 gr, masukkan kedalam cawan porselen.
- 2) Masukkan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu $\pm 103^{\circ}$ C selama 2 jam
- 3) Mendinginkan, menambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl ; 1HNO_3) panaskan diatas kompor listrik sampai asat, lalu dinginkan.
- 4) Menambahkan larutan HNO_3 encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, panaskan diatas kompor listrik perlahan – lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
- 5) Menyaring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 6) Kemudian baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.4.3 Analisis Logam Berat Cu di Akar dan Daun

Prosedur analisis logam berat Cu pada akar dan daun menurut Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UM, 2015 adalah:

- 1) Menimbang contoh ± 2 gr, masukkan kedalam cawan porselen.
- 2) Masukkan kedalam tanur lalu dipanaskan pada suhu $\pm 103^{\circ}$ C selama 2 jam

- 3) Mendinginkan, menambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl; 1HNO₃) dipanaskan diatas kompor listrik sampai mendidih, lalu didinginkan.
- 4) Menambahkan larutan HNO₃ encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, dipanaskan diatas kompor listrik perlahan – lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
- 5) Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, dikocok sampai homogen.
- 6) Kemudian dibaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.5 Parameter Kualitas Air

3.5.1 Suhu

Pengukuran suhu menggunakan thermometer Hg menurut Siregar (2009) adalah:

- 1) Memasukkan thermometer Hg ke dalam perairan dengan arah berlawanan dari cahaya matahari dan ditunggu beberapa saat sampai air raksa dalam *thermometer* berhenti pada skala tertentu
- 2) Membaca skala pada *thermometer*, dan jangan sampai tangan menyentuh bagian air raksa *thermometer* karena akan mempengaruhi skala °C.
- 3) Mencatat dalam skala °C.

3.5.2 Salinitas

Pengukuran salinitas menggunakan refraktometer menurut Mandagi *et al.*, (2013) adalah:

- 1) Melakukan kalibrasi refraktometer dengan aquadest
- 2) Meneteskan air sampel yang ingin diketahui salinitasnya
- 3) Mengarahkan pada cahaya matahari

- 4) Menentukan salinitas perairan dengan melihat skala pada sisi kanan atas
- 5) Mencatat hasilnya.

3.5.3 Derajat Keasaman

Pengukuran derajat keasaman menggunakan pH meter menurut Kurniawan *et al.*, (2013) adalah:

- 1) Menyiapkan pH meter
- 2) Menyalakan pH meter dengan menekan tombol on atau off
- 3) Memasukkan pH meter kedalam perairan dan ditunggu hingga angka yang ditunjukkan pada layar berhenti dan dicatat hasilnya.

3.5.4 Oksigen Terlarut

Pengukuran oksigen terlarut menggunakan DO meter merk Lutro menurut Kamsuri (2013) adalah:

- 1) DO meter dicelupkan langsung ke dalam air.
- 2) Tekan tombol ON
- 3) Ditunggu beberapa saat hingga angka dilayar stabil (tidak berubah).

3.6 Analisis Data

3.6.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Menurut Panjaitan (2009), akumulasi logam berat dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat dengan rumus:

$$BCF_{Cu} = \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}}$$

Di perairan, faktor biokonsentrasi (BCF) adalah rasio konsentrasi bahan kimia dalam organisme dari konsentrasi kimia di perairan tersebut. BCF sering dinyatakan dalam satuan liter per kilogram (rasio mg kimia per kg organisme

untuk mg kimia per liter air). BCF mungkin hanya rasio yang diamati, atau model partisi yang didasarkan pada dua asumsi: yaitu partisi kimia polutan, antara perairan dan organisme perairan dan lingkungan perairan (Hemond dan Fechner, 2000).

3.6.2 Faktor Translokasi

Faktor translokasi (TF) merupakan perbandingan antara kandungan logam berat pada daun dan akar untuk menentukan kemampuan tanaman *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam berat. Menurut Lorestani *et al.*, (2001) dalam Yoon *et al.*, (2006), TF dihitung dengan rumus:

$$TF_{Cu} = \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}$$

Menurut Siahaan *et al.*, (2013), penghitungan nilai faktor translokasi juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan. Untuk menjadi tumbuhan hiperakumulator, besar faktor translokasi harus lebih dari satu ($TF > 1$).

3.6.3 Fitoremediasi (FTD)

Fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara nilai BCF dan TF. FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah (Yoon *et al.*, 2006). Untuk mengetahui nilai FTD tersebut maka dihitung menggunakan rumus:

$$FTD = BCF - TF.$$

Menurut Ma *et al.*, (2006) dalam Puspita (2013), untuk mengurangi kandungan tumbuhan sebagai sarannya dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam pada tanah atau sedimen dapat dilakukan dengan fitoremediasi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur memiliki kepadatan penduduk sejumlah 55.156 jiwa. Secara geografis terletak diantara $112^{\circ} 42' 19.87''$ – $112^{\circ} 44' 0.56''$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 31' 3.20''$ – $7^{\circ} 32' 30.03''$ Lintang Selatan. Kecamatan Jabon merupakan salah satu kecamatan yang ada di Sidoarjo yang memiliki 15 desa dengan luas wilayah sebesar 80.998 km^2 , memiliki pantai berbentuk landai dengan sedimentasi lumpur dan merupakan daratan rendah dengan banyaknya curah hujan rata-rata 2.356 mm/tahun dengan jumlah hujan 94 hari. Suhu permukaan laut antara $27-28^{\circ}\text{C}$, dengan salinitas $31-32\text{‰}$. Jarak dari pusat kota sekitar 21 km (Pemkab Sidoarjo, 2012).

Kecamatan Jabon merupakan salah satu wilayah yang berbatasan langsung dengan Sungai Porong batas sebelah utara Desa Tambak Kalisogo, sebelah selatan Desa Kedungringin (Kec. Beji), sebelah barat Desa Semambung, dan sebelah timur Desa Kedung Boto (Kec. Beji). Mayoritas agama yang dianut yaitu agama Islam. Tingkat pendidikan rata-rata adalah lulusan SMA/Madrasah sederajat. (Kecamatan Jabon, 2012).

Pulau Sarinah merupakan pulau buatan yang berasal dari endapan lumpur lapindo. Luas pulau 94 ha itu kini sudah ditanami mangrove dengan tinggi 3 sampai 4 meter. Mangrove yang tumbuh di Pulau Sarinah yaitu jenis *Rhizophora* sp, *Avicennia Marina*, *Avicennia Alba*, *Sonneratia* sp. Pulau Sarinah lebih sering digunakan sebagai pusat penelitian beberapa Universitas dan aktivis lingkungan. Transportasi menuju Kecamatan Jabon dapat menggunakan kendaraan roda empat dan kendaraan roda dua. Di Kecamatan Jabon terdapat

salah satu dermaga yaitu Dermaga Tlocor, setelah sampai di Dermaga Tlocor, untuk menuju kawasan Pulau Sarinah dapat dilakukan dengan menggunakan kapal perahu milik salah satu masyarakat sekitar. Waktu yang ditempuh dari Dermaga Tlocor untuk sampai ke Pulau Sarinah sekitar 20 menit.

4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

Stasiun 1 terletak di samping dermaga Pulau Sarinah dan dekat dengan aliran Sungai Porong. Secara fisik kondisi perairan cenderung tenang dan berwarna coklat pada titik koordinat $7^{\circ} 33' 58,12''$ LS dan $112^{\circ} 52' 11,9''$ BT. Stasiun 2 terletak di tengah-tengah Pulau Sarinah terdapat *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* yang mendominasi adalah *Avicennia marina*. Hal ini disebabkan karena *Avicennia marina* memiliki batas toleran yang cukup tinggi terhadap perairan dengan kondisi yang ekstrim seperti salinitas yang tinggi, kondisi substrat yang berlumpur, ini ditunjang dengan sistem perakaran yang dimiliki *Avicennia marina* yakni dengan sistem akar nafas (*pneumatofor*) pada titik koordinat $7^{\circ} 33' 59,94''$ LS dan $112^{\circ} 52' 13,75''$ BT. Stasiun 3 terletak di dekat tambak ikan blodok terdapat juga biota kepiting biola, perairan pada stasiun ini cenderung lebih bersubstrat lumpur dan air berwarna coklat keruh pada titik koordinat $7^{\circ} 33' 59,37''$ LS dan $112^{\circ} 52' 16,47''$ BT. Stasiun 4 terletak di jembatan buntu banyak pohon-pohon liar disekitarnya yang menutupi akses jalan untuk menuju ke ujung jembatan dan terlihat gersang pada titik koordinat $7^{\circ} 33' 59,87''$ LS dan $112^{\circ} 52' 20,50''$ BT. Stasiun 5 terletak berbatasan langsung dengan laut lepas pada titik koordinat $7^{\circ} 33' 58,16''$ LS dan $112^{\circ} 52' 23,53''$ BT. Peta lokasi dapat dilihat pada **Lampiran 1**, dan untuk stasiun 1 sampai stasiun 5 dapat dilihat pada **Gambar 1**.



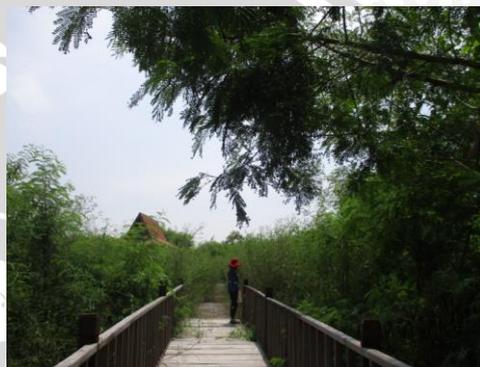
a



b



c



d



e

Gambar 1. a. Lokasi Stasiun 1

b. Lokasi Stasiun 2

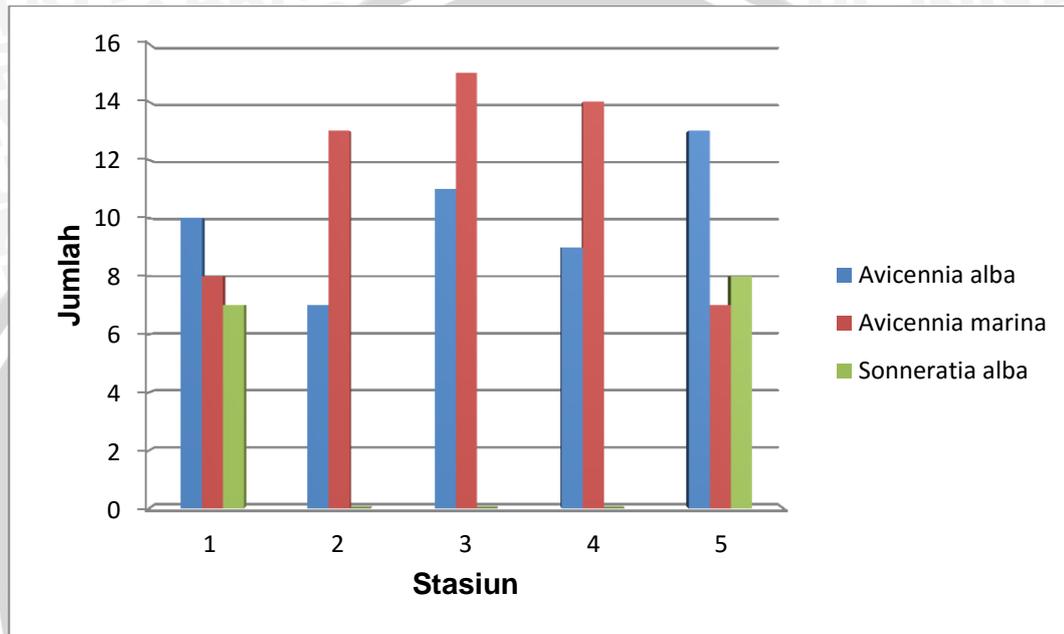
c. Lokasi Stasiun 3

d. Lokasi Stasiun 4

e. Lokasi Stasiun 5

4.3 Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan struktur vegetasi mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah dan dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis mangrove yang ditemukan yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba* dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah

Pada stasiun 1 mangrove yang mendominasi adalah jenis *Avicennia alba* dengan jumlah 10 tegakan, kemudian jenis *Avicennia marina* dengan jumlah 8 tegakan, dan jenis *Sonneratia alba* dengan jumlah 7 tegakan. Pada stasiun 2 mangrove yang mendominasi adalah jenis *Avicennia marina* dengan jumlah 13 tegakan, kemudian jenis *Avicennia alba* dengan jumlah 7 tegakan, sementara tidak terdapat jenis *Sonneratia alba*. Pada stasiun 3 mangrove yang mendominasi adalah jenis *Avicennia marina* dengan jumlah 15 tegakan, kemudian jenis *Avicennia alba* dengan jumlah 11 tegakan, sementara tidak terdapat jenis *Sonneratia alba*. Pada stasiun 4 mangrove yang mendominasi adalah jenis *Avicennia marina* dengan jumlah 14 tegakan, kemudian jenis

Avicennia alba dengan jumlah 9 tegakan, sementara tidak terdapat jenis *Sonneratia alba*. Pada stasiun 5 mangrove yang mendominasi adalah jenis *Avicennia alba* dengan jumlah 13 tegakan, kemudian *Sonneratia alba* dengan jumlah 8 tegakan, dan jenis *Avicennia marina* dengan jumlah 7 tegakan. Dapat disimpulkan bahwa dari 5 stasiun pengamatan jenis *Avicennia marina* adalah jenis mangrove yang mendominasi di Pulau Sarinah yaitu dengan jumlah 57 tegakan.

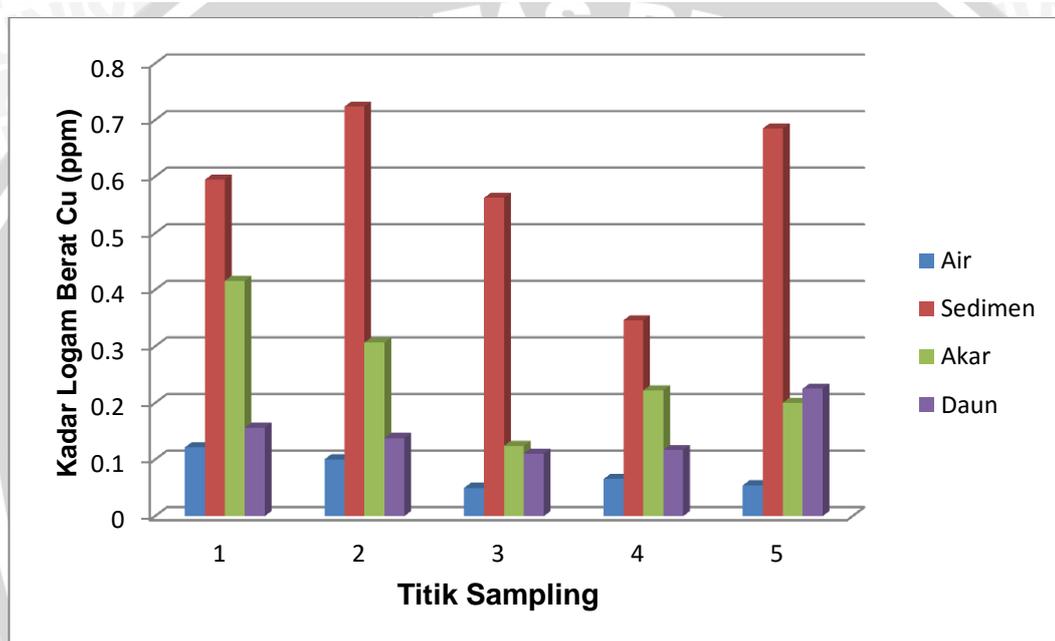
Avicennia marina adalah jenis mangrove yang paling banyak ditemukan di Pulau Sarinah. Hal ini disebabkan karena *Avicennia marina* memiliki batas toleran yang cukup tinggi terhadap perairan dengan kondisi yang ekstrim seperti salinitas yang tinggi, kondisi substrat yang berlumpur, ini ditunjang dengan sistem perakaran yang dimiliki *Avicennia marina* yakni dengan sistem akar nafas (*pneumatofor*). *Avicennia* merupakan genus yang memiliki kemampuan toleransi terhadap kisaran salinitas yang luas dibandingkan dengan genus lainnya. *Avicennia marina* mampu tumbuh dengan baik pada salinitas yang mendekati tawar sampai dengan 90‰ (MacNae, 1968 dalam Rusila et al., 1999).

4.4 Analisis Kandungan Logam Cu pada *Avicennia marina*

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kadar logam berat Cu pada sampel air, sedimen, akar, dan daun mangrove *Avicennia marina* dapat dilihat pada **Lampiran 3** yang diambil dari 5 stasiun secara acak. Data hasil pengukuran kadar logam berat Cu dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Hasil pengukuran diperoleh kadar logam berat Cu di air tertinggi pada stasiun 1 yaitu 0.1216 ppm, karena stasiun 1 terletak dekat dengan aliran sungai porong yang dipengaruhi oleh limbah industri. Kadar logam berat Cu di sedimen tertinggi pada stasiun 2 yaitu 0.7238 ppm, karena pada stasiun 2 bahan organik lebih banyak sehingga dapat mempengaruhi tingginya logam berat Cu di

sedimen, hal ini disebabkan karena sifat logam berat yang mudah mengikat bahan organik. Kadar logam berat Cu pada akar tertinggi pada stasiun 1 yaitu 0.4158 ppm, karena pada stasiun 1 akar mangrove mempunyai daya serap yang lebih tinggi terhadap logam berat dan juga dipengaruhi langsung oleh limbah industri aliran sungai porong. Kadar logam berat Cu pada daun tertinggi pada stasiun 5 yaitu 0.2252 ppm, karena pada stasiun 5 tingkat mobilitas logam berat dari akar menuju daun cukup tinggi.



Gambar 3. Kadar Logam Berat Cu pada Air, Sedimen, Akar dan Daun

4.4.1 Logam Berat Cu pada Air

Nilai kandungan rata-rata logam berat Cu pada air berkisar antara 0.0501 - 0.1216 ppm. Kandungan logam berat Cu tertinggi pada stasiun 1 yaitu 0.1216 ppm, sedangkan nilai terendah pada stasiun 3 yaitu 0.0501 ppm. Menurut penelitian yang dilakukan Erfandi (2013) berdasarkan Keputusan Pemerintah Republik Indonesia (1990) batas kritis logam berat Cu di air adalah sebesar 2-3 ppm. Nilai rata-rata kandungan logam berat Cu pada air di Pulau Sarinah yaitu sebesar 0.0785 ppm, maka dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat Cu

di Pulau Sarinah belum melewati ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan.

Kandungan logam berat Cu pada air paling rendah jika dibandingkan dengan akar, daun, sedimen. Hal ini dimungkinkan karena logam berat dalam air mengalami proses pengenceran dengan adanya pengaruh pola arus pasang surut. Rendahnya kadar logam berat dalam air laut, bukan berarti bahan cemaran yang mengandung logam berat tersebut tidak berdampak negatif terhadap perairan, tetapi lebih disebabkan oleh kemampuan perairan tersebut untuk mengencerkan bahan cemaran yang cukup tinggi (Rochyatun, 2006).

Logam berat yang berada dalam perairan jika terlarut akan mengalami beberapa proses sebagai berikut: terencerkan dan tersebar oleh adukan turbulensi dan arus laut, dipekatkan melalui, a) proses biologis dengan cara diserap ikan, kerang, ganggang, b) proses fisik dan kimiawi dengan cara absorpsi, pengendapan, pertukaran ion dan kemudian toksikan mengendap di dasar perairan dan selanjutnya toksikan terbawa langsung oleh arus dan biota (ikan). Hal ini yang menyebabkan kandungan logam berat lebih sedikit yang berada di perairan (Diliyana, 2008).

4.4.2 Logam Berat Cu pada Sedimen

Nilai kandungan rata-rata logam berat Cu pada sedimen berkisar antara 0.3462 - 0.7238 ppm. Kandungan logam berat Cu pada sedimen tertinggi pada stasiun 2 yaitu 0.7238 ppm, sedangkan terendah pada stasiun 4 yaitu 0.3462 ppm. Menurut penelitian yang dilakukan Erfandi (2013) berdasarkan Ministry of State for Population and Environment of Indonesia, and Dalhousie University, Canada (1992) batas kritis logam berat Cu di tanah atau sedimen adalah sebesar 60-125 ppm. Dengan demikian kandungan logam berat Cu pada sedimen di Pulau Sarinah belum melebihi batas kritis.

Berdasarkan **Gambar 3** nilai kandungan logam berat Cu pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan air. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan serta berikatan dengan partikel-partikel sedimen, sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Hutagalung, 1991 dalam Panjaitan, 2009). Kandungan bahan organik dalam sedimen berhubungan erat dengan jenis sedimen. Semakin halus substrat maka kemampuan menjebak bahan organik dalam sedimen semakin tinggi begitupun sebaliknya. Perbedaan karakter tekstur tanah memiliki sifat yang berbeda pula (Nybakken, 1992).

4.4.3 Logam Cu pada Akar *Avicennia marina*

Nilai kandungan rata-rata logam berat Cu pada akar *Avicennia marina* berkisar antara 0.1243 - 0.4158 ppm. Kandungan logam berat Cu pada akar *Avicennia marina* tertinggi yaitu pada stasiun 1 sebesar 0.4158 ppm, sedangkan logam berat Cu pada akar *Avicennia marina* terendah yaitu pada stasiun 3 sebesar 0.1243 ppm (**Gambar 3**). Mangrove melalui sistem perakarannya yang menghujam ke tanah dan menyebar luas mampu berfungsi menyerap kandungan polutan terutama jenis logam berat di lingkungan perairan sekitarnya, sehingga daya racun polutan tersebut pada hutan mangrove dapat berkurang (Heriyanto dan Subiandoono, 2011). Akar tumbuhan dapat mengikat logam yang berada di sedimen dengan membentuk suatu zat Khelat yang disebut Fitokhelatin. Fitokhelatin adalah suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin (Priyanto dan Prayitno, 2009).

Kadar logam akan terserap oleh akar kemudian akan ditransportasikan ke bagian organ lain. Logam-logam akan terserap oleh akar bersama-sama dengan nutrient lain yang kemudian diedarkan ke bagian lain (Amin, 2001). Konsentrasi

suatu ion lebih tinggi ditemukan di dalam akar dari pada di daun, hal ini disebabkan karena lalu lintas ion melalui akar dilakukan secara antar sel sehingga terjadi akumulasi logam pada sel sel akar (Hadi dan Sucika, 2008).

4.4.4 Logam Cu pada Daun *Avicennia marina*

Nilai kandungan rata-rata logam berat Cu pada daun *Avicennia marina* berkisar antara 0.1106-0.2252 ppm. Kandungan logam berat Cu pada daun *Avicennia marina* tertinggi pada stasiun 5 yaitu 0.2252 ppm, sedangkan kandungan logam berat Cu pada daun *Avicennia marina* terendah pada stasiun 3 yaitu 0.1106 ppm (**Gambar 3**). Menurut Soemirat (2003) proses absorpsi racun, termasuk logam berat dapat terjadi melalui beberapa bagian tumbuhan, seperti daun bagi zat yang lipofilik.

Kandungan rata-rata logam berat Cu pada daun *Avicennia marina* cukup tinggi jika dibandingkan dengan air. Menurut Hamzah (2010), kandungan logam berat pada akar tinggi, maka tinggi pula kandungan logam berat pada daun. Hal ini disebabkan adanya kemungkinan faktor penyerapan dari akar menuju daun. Tingginya konsentrasi logam pada daun diduga tingkat mobilitas logam yang tinggi. Setiawan (2013) bahwa logam berat akan didistribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses *uptake* pada akar, ditahan pada jaringan, dan dilepas ke lingkungan melalui pelepasan daun.

4.5 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD)

Pada dasarnya, tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat dan hal ini berkaitan dengan tujuan fitostabilisasi. *Bioconcentration factors* (BCF) dan *Translocation factors* (TF) bisa digunakan untuk menduga tumbuhan yang bisa dijadikan sebagai fitoremediasi (Hamzah dan Setiawan, 2010). Dengan fitoremediasi selain zat pencemar logam berat

dapat diambil oleh tanaman, tanah secara signifikan akan mengalami perbaikan bukan hanya berkurangnya zat pencemar tersebut tetapi juga akibat adanya aktivitas akar tanaman dalam meregulasi dirinya sehingga tanah secara otomatis menjadi subur kembali (Moenir, 2010). Perhitungan nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat Cu dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Data hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada

Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat Cu

Stasiun	BCF	TF	FTD
1	0.699411	0.376142	0.323269
2	0.423736	0.450277	-0.02654
3	0.220978	0.889783	-0.66881
4	0.642403	0.526079	0.116324
5	0.292427	1.123752	-0.83133

Nilai BCF berkisar antara 0.220 – 0.699. Nilai BCF tertinggi pada stasiun 1 yaitu 0.699, sedangkan nilai BCF terendah pada stasiun 3 yaitu 0.220. Oleh karena itu *Avicennia marina* termasuk dalam akumulator sedang dalam menyerap logam berat Cu. Hal ini lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Supriyantini dan Soenardjo (2015), pada mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang dengan rata-rata nilai BCF yaitu 1.157. Malayeri *et al*, (2008), menyatakan bahwa nilai BCF 1-10 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator tinggi, 0.1-1 menunjukkan tergolong akumulator sedang, 0.01-0.1 menunjukkan tergolong akumulator rendah, dan <0.01 tanaman tergolong nonakumulator.

Nilai TF tertinggi pada stasiun 5 yaitu 1.123 sedangkan TF terendah pada stasiun 1 yaitu 0.376, dengan rata-rata 0.673. Maka dapat dikatakan bahwa mangrove *Avicennia marina* bukan termasuk dalam tumbuhan hiperakumulator untuk logam berat Cu. Hal ini lebih kecil jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kariada *et al.*, (2013), pada mangrove *Avicennia marina* di Wilayah Tapak Tugurejo Semarang dengan rata-rata nilai TF yaitu 0,7925. Menurut Siahaan *et al.*, (2013), bahwa untuk menjadi tumbuhan hiperakumulator, besar faktor translokasi harus lebih dari satu ($TF > 1$). Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi pada jaringan permukaan di habitat alamiahnya.

Nilai FTD tertinggi pada stasiun 1 yaitu 0.323 sedangkan nilai FTD terendah pada stasiun 5 yaitu -0.831. Pada stasiun 1 dan 4 nilai FTD positif yaitu 0.323 dan 0.116 disebabkan nilai TF yang rendah dan BCF tinggi, sebaliknya pada stasiun 2, 3, dan 5 nilai FTD negatif yaitu -0.026, -0.668 dan -0.831 disebabkan nilai TF yang lebih tinggi dari nilai BCF, dimana FTD diperoleh dari selisih antara BCF dengan TF ($FTD + BCF - TF$). Menurut pernyataan Yoon *et al.*, (2006) yang menyatakan FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah. Puspita *et al.*, (2013) menambahkan bahwa rendahnya nilai FTD menunjukkan tingkat efektifitas biokonsentrasi logam oleh akar dan translokasi logam dari akar ke daun yang berimbang.

4.6 Parameter Kualitas Air

Pada penelitian ini data kualitas air yang diukur di Kawasan Mangrove Pulau Sarinah yaitu parameter fisika (suhu dan salinitas), dan parameter kimia (pH dan DO). Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali di setiap stasiun. Hasil pengamatan kualitas air dapat dilihat pada **Tabel 3**.

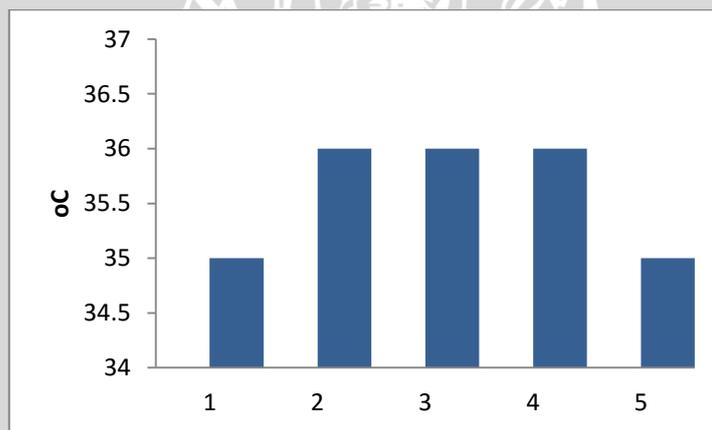
Tabel 3. Parameter Kualitas Air

Stasiun	Suhu °C	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/l)
1	35	7.5	24.2	8.52
2	36	6.5	24.39	8.37
3	36	7.8	25.17	8.24
4	36	7.4	25.5	8.6
5	35	7.6	25.33	8.4

4.6.1 Suhu

Hasil pengukuran suhu yang dilakukan pada setiap stasiun diperoleh hasil stasiun 1 yaitu 35 °C, stasiun 2 yaitu 36 °C, stasiun 3 yaitu 36 °C, stasiun 4 yaitu 36 °C, dan stasiun 5 yaitu 35 °C. Hasil parameter suhu dapat dilihat pada

Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Parameter Suhu

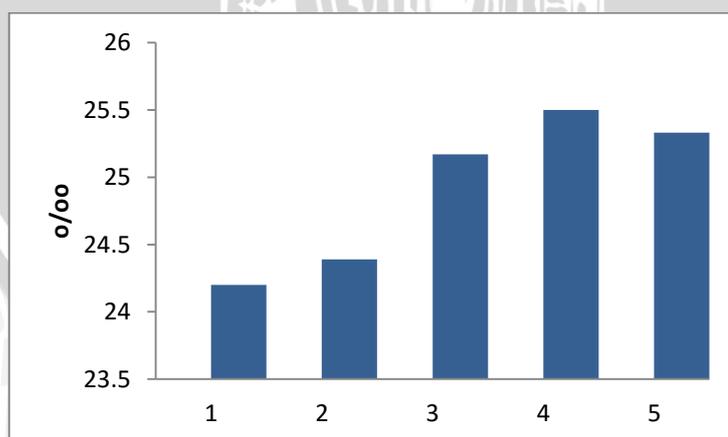
Hasil pengukuran suhu di perairan Pulau Sarinah yang telah dilakukan, nilai suhu tidak berbeda jauh antar stasiun yaitu berkisar antara 35°C – 36°C. Suhu tertinggi pada stasiun 2, 3, dan 4 yaitu 36°C sedangkan suhu terendah pada stasiun 1 dan 5 yaitu 35°C. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 nilai baku mutu suhu perairan yaitu berkisar antara 27 °C – 31 °C, maka dapat disimpulkan bahwa suhu perairan di Pulau Sarinah sudah diatas baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup

Indonesia Nomor 51 Tahun 2004. Suhu yang relatif tinggi disebabkan pada saat pengukuran dilakukan pada waktu siang hari pukul 11.30-13.00 WIB. Menurut Effendi (2003), menyatakan bahwa suhu dipengaruhi oleh waktu dalam hari pada saat pengukuran.

Pencemaran secara fisik, misalnya oleh limbah panas dari buangan pabrik dapat menyebabkan peningkatan temperatur atau suhu perairan (Subarnas, 2007). Suhu air terutama di lapisan permukaan ditentukan oleh pemanasan sinar matahari yang intensitasnya dapat berubah setiap waktu, oleh karena itu suhu air laut akan sebanding dengan perubahan intensitas penyinaran matahari. Peningkatan suhu dapat menurunkan daya larut oksigen sehingga menurunkan pH perairan dan meningkatkan daya racun bahan-bahan tertentu khususnya logam berat (Apriadi, 2005).

4.6.2 Salinitas

Hasil pengukuran salinitas yang dilakukan pada setiap stasiun diperoleh hasil stasiun 1 yaitu 24.2 ‰, stasiun 2 yaitu 24.39 ‰, stasiun 3 yaitu 25.17 ‰, stasiun 4 yaitu 25.5 ‰ dan stasiun 5 yaitu 25.33 ‰. Hasil parameter salinitas dapat dilihat pada **Gambar 5**.



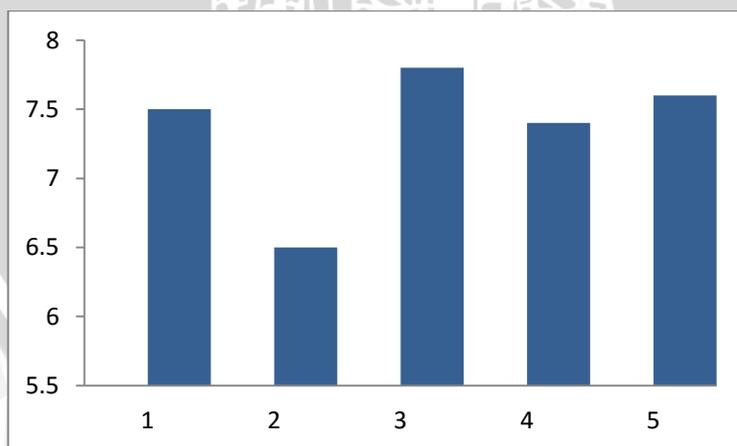
Gambar 5. Grafik Parameter Salinitas

Nilai salinitas tertinggi pada stasiun 4 yaitu 25.5‰, sedangkan nilai salinitas terendah pada stasiun 1 yaitu 24.2‰. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 salinitas yang baik untuk biota laut berkisar antara 33 - 34‰. Pada lokasi penelitian didapatkan nilai rata-rata salinitas sebesar 24,91‰ salinitas Pulau Sarinah lebih kecil karena masukan air tawar dari sungai menyebabkan rendahnya salinitas dibandingkan dengan laut lepas.

Salinitas juga dapat mempengaruhi keberadaan logam berat yang ada di perairan. Apabila adanya penurunan salinitas maka dapat menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat akumulasi logam berat semakin besar (Erlangga, 2007). Kadar garam pada perairan yang semakin tinggi, dapat mengakibatkan daya tosisitas logam berat semakin menurun (Darmono, 2001).

4.6.3 Derajat Keasaman

Hasil pengukuran pH yang dilakukan pada setiap stasiun diperoleh hasil stasiun 1 yaitu 7.5, stasiun 2 yaitu 6.5, stasiun 3 yaitu 7.8, stasiun 4 yaitu 7.4 dan stasiun 5 yaitu 7.6. Hasil parameter pH dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik Parameter pH

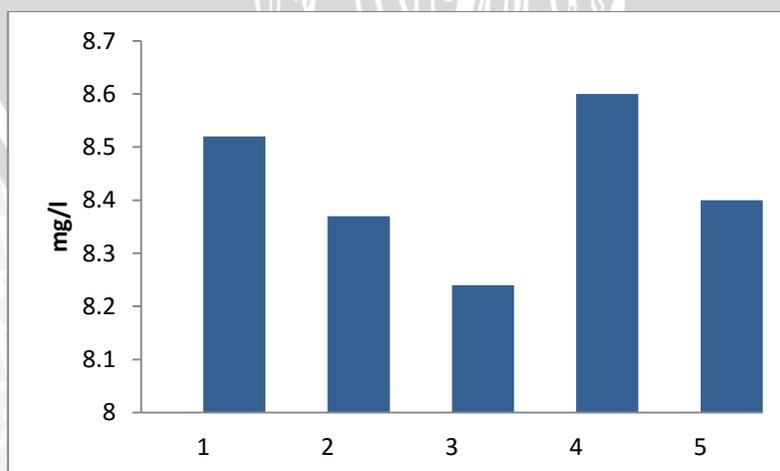
Nilai pH tertinggi pada stasiun 3 yaitu 7.8, sedangkan nilai pH terendah pada stasiun 2 yaitu 6.5. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

No. 51 Tahun 2004 pH yang baik untuk biota laut berkisar antara 7-8,5. Pada lokasi penelitian didapatkan nilai rata-rata pH sebesar 7,3 maka dapat disimpulkan bahwa kondisi pH pada setiap stasiun masih dalam kondisi yang baik untuk biota laut.

Menurut Rochyatun dan Rozak (2007), bahwa pH air akan menyebabkan daya racun logam berat semakin besar. Kesadahan yang tinggi dapat mempengaruhi daya racun logam berat, karena logam berat dalam air yang berkesadahan tinggi akan membentuk senyawa kompleks yang mengendap dalam dasar perairan. Menurut Prescott (2005), pH suatu perairan merupakan salah satu parameter yang penting dalam pemantauan kualitas perairan. Nilai pH dalam suatu perairan merupakan suatu indikasi terganggunya perairan tersebut. Berkurangnya nilai pH dalam suatu perairan ditandai dengan semakin meningkatnya senyawa organik diperairan tersebut.

4.6.4 Oksigen Terlarut

Hasil pengukuran DO yang dilakukan pada setiap stasiun diperoleh hasil stasiun 1 yaitu 8.52 mg/l, stasiun 2 yaitu 8.37 mg/l, stasiun 3 yaitu 8.24 mg/l, stasiun 4 yaitu 8.6 mg/l dan stasiun 5 yaitu 8.4 mg/l. Hasil parameter DO dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Grafik Parameter DO

Kandungan oksigen terlarut DO tertinggi pada stasiun 4 yaitu 8.6 mg/l, sedangkan DO terendah pada stasiun 3 yaitu 8.24 mg/l. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 baku mutu DO di perairan yaitu berkisar >5 mg/l. Maka dapat disimpulkan bahwa kandungan Oksigen Terlarut di perairan Pulau Sarinah merupakan perairan yang subur.

Oksigen terlarut sangat dibutuhkan dalam proses respirasi dan fotosintesis, dan proses dekomposisi serasah daun mangrove (Ali, 2012). Menurut Wahyuni *et al* (2013), menyatakan bahwa perairan yang diperuntukan untuk perikanan sebaiknya kadar oksigen tidak kurang lebih dari 5 mg/l. Oksigen terlarut berpengaruh terhadap logam berat yaitu dimana semakin rendah kadar oksigen terlarut maka semakin tinggi toksisitas logam berat, apabila semakin tinggi oksigen terlarut maka semakin rendah toksisitas logam berat.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Kandungan logam berat Cu di air rata-rata 0.0785 ppm, di sedimen rata-rata 0.5824 ppm, di akar rata-rata 0.2539 ppm sedangkan di daun rata-rata 0.1494 ppm, dan diperoleh nilai terendah pada air, pada sedimen ditemukan 7.5 kali lebih besar dari pada air, pada akar ditemukan 3.5 kali lebih besar dari air, sementara di daun ditemukan 1.9 kali lebih besar dari air.
- 2) Faktor biokonsentrasi (BCF) pada kelima stasiun berkisar antara 0.220 – 0.699 menunjukkan bahwa tanaman mangrove *Avicennia marina* memiliki kemampuan akumulator sedang dalam menyerap logam berat Cu. Faktor translokasi (TF) pada kelima stasiun berkisar antara 0.376 – 1.123 dengan rata-rata 0.673, maka dapat dikatakan bahwa tanaman mangrove *Avicennia marina* bukan termasuk dalam tumbuhan hiperakumulator untuk logam berat Cu. Nilai fitoremediasi (FTD) yang didapatkan pada kelima stasiun ini berkisar antara -0.831 – 0.323. Dengan fitoremediasi zat pencemar di dalam tanah akan berkurang dan tanah bisa subur kembali.

5.2 Saran

Mangrove *Avicennia marina* dapat menyerap logam berat Cu, oleh karena itu perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap mangrove *Avicennia marina* agar logam berat Cu di dalam air dan sedimen dapat berkurang serta mengukur konsentrasi logam berat Cu pada bagian mangrove *Avicennia marina* yang lain seperti batang dan buah dengan mengumpulkan lebih banyak sampel selama periode waktu yang panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Munawar dan Rina. 2012. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol.2 No.2
- Alkatiri, J., Bakri Syakir. 2007. Resusitasi Jantung Paru. Dalam: Sudoyo, Aru S., dkk (editor). *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*. Edisi IV. Jilid I. Jakarta: Pusat Penerbit Departemen Ilmu Penyakit Dalam FK UI.
- Amin, B 2001. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Pantai Dumai, Riau jurnal Natur Indonesia. Vol. 4(1): 80-85
- Anonim. 1997. *National Strategy for Mangrove Management in Indonesia. Volume 1: Strategy and Action Plan. Volume 2: Mangrove in Indonesia Current Status*. Jakarta: Office of the Minister of Environment, Department of Forestry, Indonesian Institute of Science, Department of Home Affairs, and The Mangrove Foundation
- Arief, A.2003. hutan Mangrove, Fungsi dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta.
- Chambell, Neil A, dkk. 2008. BIOLOGI edisi Kedelapan Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Dahuri R, Rais Y, Putra SG, Sitepu, M.J. 2001. *Pengelolaan Sumber daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Darmono. 2001. Logam Dalam Sistem Makhluk Hidup. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Dasuki,A.U.1991.Sistematika Tumbuhan Tinggi.Bandung; ITB.
- Deri, Emiyarti, dan La Ode. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. Vol. 01. (1). 38-48.
- Duke, N.C. 2006. *Australia's Mangroves: The authoritative guide to Australia's mangrove plants*. Brisbane: University of Queensland
- Dwidjoseputro. 1994. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Effendi, H. 2000. *Telaahan Kualitas Air*. Bogor: IPB
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Erfandi, D., Ishak, J. 2013. Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat pada Lahan Pertanian. Balitbangtan. Balai Penelitian Tanah

- Erlangga. 2007. Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*). Tesis Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut. Institute Pertanian Bogor. Bogor
- Fitriyah, A.W., Utomo Y., Kusumaningrum I.K. 2013. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. Skripsi. Jurusan Kimia. FMIPA. Universitas Negeri Malang. Malang
- Frank B Salisbury & Cleon W Ross. 1995. FISILOGI TUMBUHAN Jilid Satu Sel: Air, Larutan, dan Permukaan Edisi Keempat. Bandung: ITB
- Hadi., S dan Sucika., A. 2008. Studi bibit mangrove *Rhizophora stylosa* sebagai bioindikator akumulasi logam timbal (Pb). *Jurnal Pijar MIPA*. Vol. III No.1
- Halidah. 2014. *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. 11 (1): 37-44.
- Hamzah F & Setiawan A. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2 (2): 41-52
- Havlin *et al.* 2005. *Soil Fertility and Fertilizers, an Introduction to Nutrient Management*. 10th edition. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- Hemond, H. F. dan E. J. Fechner. 2000. *Chemical Fate And Transport in The Environment*. Elsevier: USA.
- Irawan, F., M. J. Geor., S. Murni. 2009. *Faktor – Faktor Penting Dalam Proses Pembesaran Ikan Di Fasilitas Nursery Dan Pembesaran*. Bidang Kosentrasi Aquaculture Program Alih Jenjang Diploma Iv. Itb- Seamolec-Vedca.
- Juniawan, A., B. Rumhayati., dan B. Ismuyanto. 2013. Karakteristik Lumpur Lapindo dan Fluktuasi Logam Berat Pb dan Cu pada Sungai Porong dan Aloo. *Sains dan Terapan Kimia*. 7 (1): 50-59
- Kamsuri, A.I., N.P.L. Pangemanan, R.A. Tumbol. 2013. Kelayakan lokasi budidaya ikan di Danau Tondano ditinjau dari parameter fisika kimia air. *Budidaya Perairan*. 1(3): 31 – 42
- Kariada. N. TM., D. Lisenor dan N. K. Dewi. 2013. Akumulasi Logam Cu pada *Avicennia marina* di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. Vol. 11 No.2
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MENLH/10/1995. Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Kimball, John W. 1999. *Biologi* Jilid 2 dan 3. Erlangga, Jakarta.
- Kurniawan, R., D. Yoswaty, S. Nedy. 2013. Analisis Bakteri Pembentuk Histamin pada Ikan Tongkol di perairan Pasie Nan Tigo Koto Tengah Padang Sumatera Utara. Universitas Riau.

Kusmana, C., Wilarso, S., Hilwan, I., Pamoengkas, P., Wibowo, C., Tiryana, T., Triswanto, A., Yunasfi, Hamzah. 2003. Teknik Rehabilitasi Mangrove Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.

Lepp, N.W. 1981. Effect of Heavy Metal Pollution on Plant. *Journal of Applications Science*. 1: 99 – 121.

M. Muhaerin. 2008. Kajian Sumberdaya Ekosistem Mangrove Untuk Pengelolaan Ekowisata Di Estuari Perancak, Jembrana, Bali. Skripsi. Fpik. Ipb

Malayeri, B.E., A. Chehregani, N. Yousefi, and B. Lorestani. 2008. Identification of the hyperaccumulator plants in copper and iron mine in Iran. *Pakistan. Journal of Biological Sciences*. 11: 490-492.

Mandagi A., Patrice N.K., Masengi K. 2013. Sebaran Suhu dan Salinitas di Teluk Manado. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. Vol 12: (2)

Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran industri*. 1(2): 115-123.

Munawar.A, 2011. Kesuburan Tanah Dan Nutrisi Tanaman. IPB Press. PT. Penebar Swadaya Anggota IKAPI.

Noor, Y.R., M. Khazali., I.N.N. Suryadiputra. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKAWI-IP. Bogor

Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta.: Gramedia

Palar H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta

_____. 2012. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.

Panjaitan, G.Y., 2009. Akumulasi logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada pohon *Avicennia marina* di hutan mangrove. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Priyanto, B., dan Prayitno J., 2009. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat.

Puspita, A. D., A. Santoso, dan B. Yulianto. 2013. Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal Of Marine Research*. 3 (1): 44-53.

Rahmawatie., Z. hidayah., I.W. Abida. 2009. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd) di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buanagan Limbah Lumpur Lapindo. 2(2): 42-50.

Rochyatun, E., M. Taufik., dan A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*. 10(1): 35-40

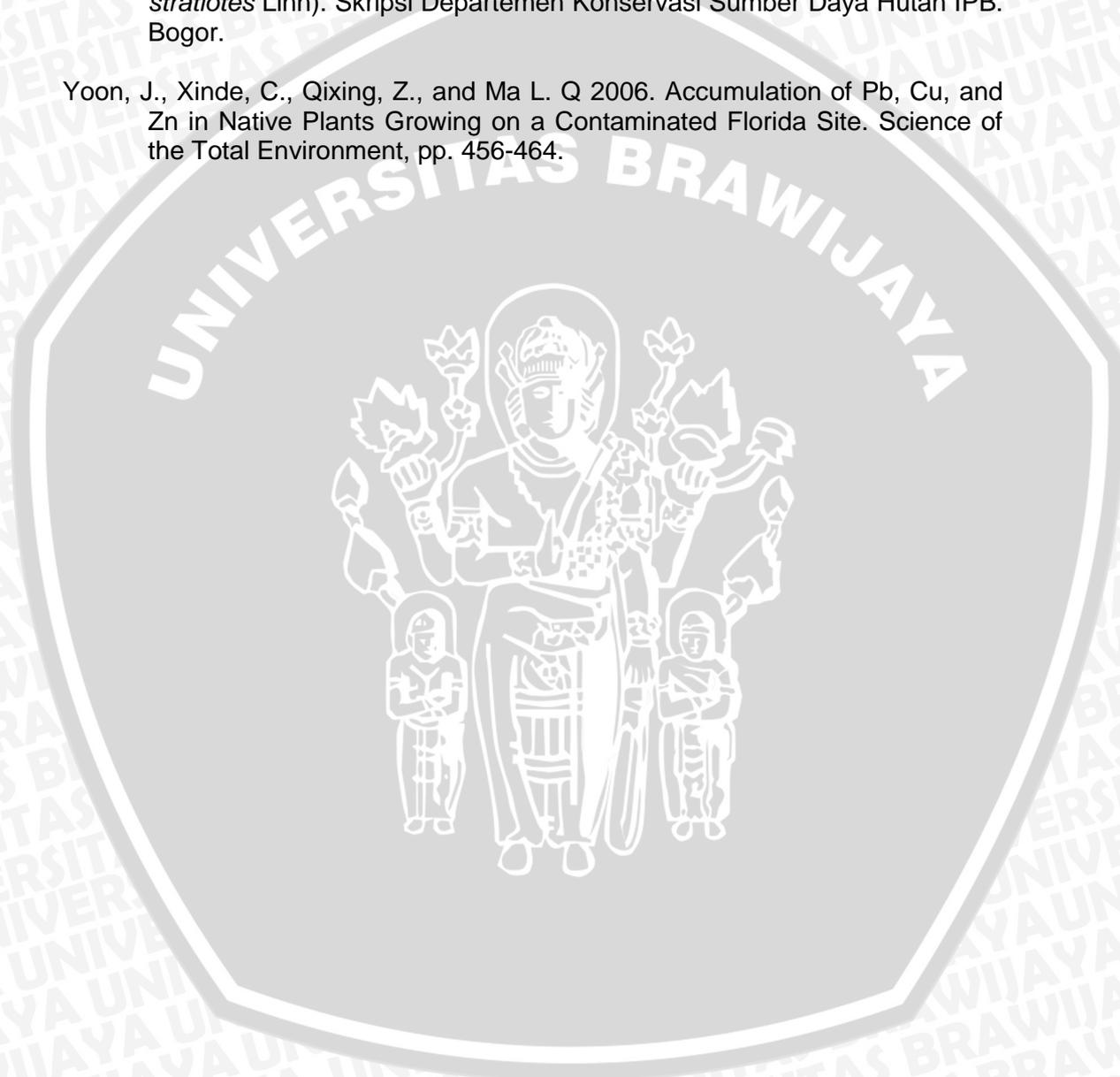
- Rohmawati, 2007. Daya Akumulasi Tumbuhan *Avicennia marina* Terhadap Logam Berat (Cu, Cd, Hg) Di Pantai Kenjeran Surabaya. Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Biologi. Universitas Islam Negeri Malang. 53 hal.
- Romimohtarto. K., dan Juwana. S. 2004. Meroplankton Laut .Djambatan .Jakarta
- Rukmantor, R. 2012. Studi Perubahan Dasar Kali Porong Akibat Sedimen Lumpur di Kabupaten Sidoarjo. Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Salmin, 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseanografi LIPI: Jakarta
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. Jurnal Ilmu Kehutanan. Vol 7 No 1
- Siahaan, M.T.A., Ambariyanto, dan B. Yulianto. 2013. Pengaruh Timbal (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. Vol 2 No 2. Halaman 111-119
- Siregar, M. H. 2009. Studi Keanekaragaman Plankton di Hulu Sungai Asahan Porse. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Soemirat, J. 2003. Toksikologi Lingkungan Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soerianegara, I dan Indrawan. 1982. Ekologi Hutan Indonesia. Departemen Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta
- Supriyantini, E dan N. Soenardjo. 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. Vol. 18(2). 98-106
- Thomlinson, P.b. 1986. The botany of mangroves, Cambridge University Press. London
- Tijitrosoepomo, G. 2007. Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta). Gajah Mada University Press: Yogyakarta. 477 hlm.
- Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran lingkungan*. Andi offset. Yogyakarta

Wulandari, S. N. 2012. Efek Tembaga (Cu) Pada Beda Potensial Listrik Permukaan Daun Tanaman Bawang Merah. FMIPA: Universitas Jember

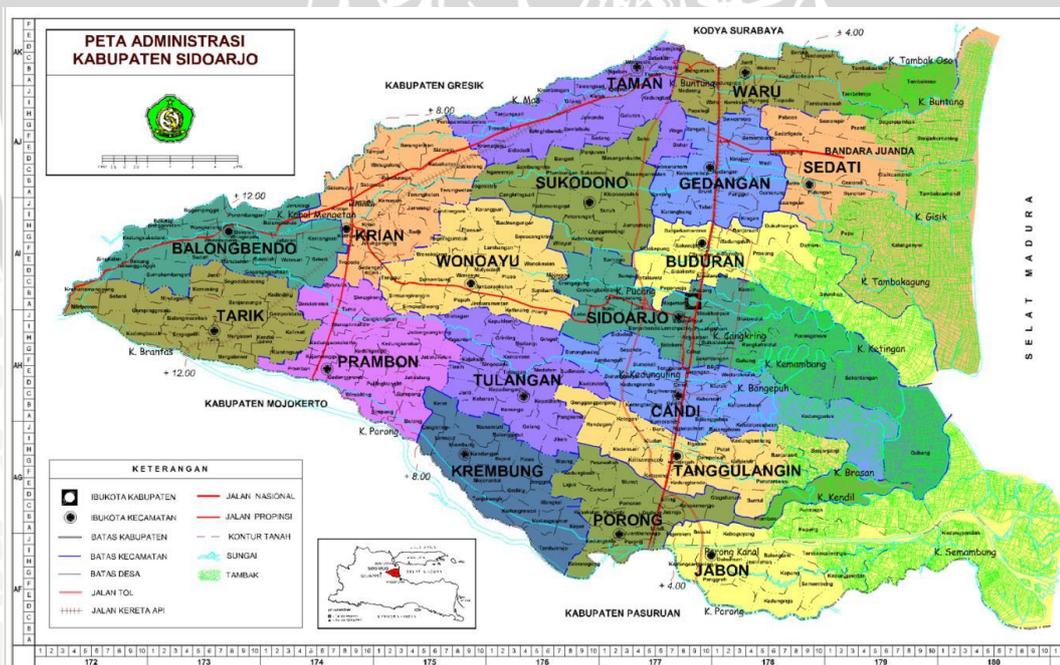
Yani, A. 2003. *Hubungan Kualitas Air Dengan Kegiatan Penduduk di Sungai Sumber*. Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia. Jakarta.

Yudhanegara, R.A. 2005. Penyerapan Unsur Logam Berat Pb dan Hg Oleh Eceng Gondok [*Eichnornia erassipes* (Mart) Solms] dan Kiapu (*Pistia stratiotes* Linn). Skripsi Departemen Konservasi Sumber Daya Hutan IPB. Bogor.

Yoon, J., Xinde, C., Qixing, Z., and Ma L. Q 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *Science of the Total Environment*, pp. 456-464.



Lampiran 1. Denah Lokasi Penelitian di Pulau Sarinah, Porong, Sidoarjo



Lampiran 2. Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah

Stasiun	Jenis	Pohon	Pancang	Semai	Jumlah
		Ind/10m ²	Ind/5m ²	Ind/2m ²	
1	<i>Avicennia alba</i>	5	5	-	10
	<i>Avicennia marina</i>	4	4	-	8
	<i>Sonneratia alba</i>	2	5	-	7
2	<i>Avicennia alba</i>	3	4	-	7
	<i>Avicennia marina</i>	5	6	2	13
	<i>Sonneratia alba</i>	-	-	-	-
3	<i>Avicennia alba</i>	4	6	1	11
	<i>Avicennia marina</i>	5	7	3	15
	<i>Sonneratia alba</i>	-	-	-	-
4	<i>Avicennia alba</i>	2	5	2	9
	<i>Avicennia marina</i>	4	7	3	14
	<i>Sonneratia alba</i>	-	-	-	-
5	<i>Avicennia alba</i>	5	5	3	13
	<i>Avicennia marina</i>	2	3	2	7
	<i>Sonneratia alba</i>	3	4	1	8

Lampiran 3. Data Analisis Logam Berat Cu

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM KIMIA Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341- 562180 Laman: www.um.ac.id		FPO 5.10-1
	FORMULIR		
JUDUL LAPORAN HASIL PENGUJIAN		Tgl. Terbit / Revisi : 13 Mei 2016 Halaman : 1-2 File : Fadhlan Dinur Rahman	

Nomor : 051/UN.32.3.7.3/LT/2016
 Nama Pemilik : Fadhlan Dinur Rahman
 NIM : 125080107111010
 Alamat : Jl. Veteran Malang – 65145
 Jenis contoh : Cair dan padat
 Tanggal Terima Sampel : 28 April 2016
 Tanggal Uji Sampel : 10 Mei 2016
 Metode Uji : AAS
 Kondisi khusus dari contoh : tidak ada
 Hasil Pengujian : Kadar Tembaga (Cu)

No	Kode Sampel	Massa Sampel Yang ditimbang	Konsentrasi (ppm) Cu	Keterangan
1	Sedimen 1	1,0016 g	0,5945	• X gram sampel sedimen, akar, dan dau yang ditimbang telah dilarutkan dalam HNO ₃ hingga 50 mL • Prin screen analisis kadar Pb terlampir.
2	Sedimen 2	1,0000 g	0,7238	
3	Sedimen 3	1,0014 g	0,5625	
4	Sedimen 4	1,0016 g	0,3462	
5	Sedimen 5	1,0011 g	0,6853	
6	Mar Daun 1	0,5015 g	0,1564	
7	Mar Daun 2	0,5007 g	0,1381	
8	Mar Daun 3	0,5005 g	0,1106	
9	Mar Daun 4	0,5010 g	0,1170	
10	Mar Daun 5	0,5008 g	0,2252	
11	Mar Akar 1	0,5004 g	0,4158	
12	Mar Akar 2	0,5008 g	0,3067	
13	Mar Akar 3	0,5004 g	0,1243	



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM)
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM KIMIA

Jalan Semarang 5, Malang 65145
 Telepon: 0341- 562180
 Laman: www.um.ac.id

**FPO
 5.10-1**

FORMULIR	Tgl. Terbit / Revisi : 13 Mei 2016
JUDUL LAPORAN HASIL PENGUJIAN	Halaman : 2-2
	File : Fadhlan Dinur Rahman.

1	2	3	5	6
14	Mar Akar 1	0,5004 g	0,2224	
15	Mar Akar 1	0,5011 g	0,2004	
16	Air 1	-	0,1216	
17	Air 2	-	0,1005	
18	Air 3	-	0,0501	
19	Air 4	-	0,0657	
20	Air 5	-	0,0547	

13 Mei 2016
 Kepala Laboratorium Kimia,



Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si
 NIP 196705011996031002



Lampiran 4. Perhitungan Biokonsentrasi, Translokasi, dan Fitoremediasi

- Stasiun 1:

$$\begin{aligned} BCF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}} \\ &= \frac{0.4158}{0.5945} \\ &= 0.6994 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}} \\ &= \frac{0.1564}{0.4158} \\ &= 0.3761 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FTD &= BCF - TF \\ &= 0.6994 - 0.3761 \\ &= 0.3232 \end{aligned}$$

- Stasiun 2:

$$\begin{aligned} BCF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}} \\ &= \frac{0.3067}{0.7238} \\ &= 0.4237 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}} \\ &= \frac{0.1381}{0.3067} \\ &= 0.4502 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FTD &= BCF - TF \\ &= 0.4237 - 0.4502 \\ &= -0.0265 \end{aligned}$$

- Stasiun 3:

$$BCF_{Cu} = \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0.1243}{0,5625} \\ &= 0.2209 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}} \\ &= \frac{0.1106}{0.1243} \\ &= 0.8897 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FTD &= BCF - TF \\ &= 0.2209 - 0.8897 \\ &= -0.6688 \end{aligned}$$

- Stasiun 4:

$$\begin{aligned} BCF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}} \\ &= \frac{0.2224}{0,3462} \\ &= 0.6424 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}} \\ &= \frac{0.117}{0.2224} \\ &= 0.5260 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FTD &= BCF - TF \\ &= 0.6424 - 0.5260 \\ &= 0.1163 \end{aligned}$$

- Stasiun 5:

$$\begin{aligned} BCF_{Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}} \\ &= \frac{0.2004}{0,6853} \\ &= 0.2924 \end{aligned}$$

$$TF_{Cu} = \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}$$

$$= \frac{0.2252}{0.2004}$$

$$= 1.1237$$

$$FTD = BCF - TF$$

$$= 0.2924 - 1.1237$$

$$= -0.8313$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

