

**ANALISIS LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA MANGROVE *Avicennia alba*
DI PULAU SARINAH, KECAMATAN JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh:

MEIDINA NUR AZKA

NIM. 125080101111053



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

**ANALISIS LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA MANGROVE *Avicennia alba*
DI PULAU SARINAH, KECAMATAN JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

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

Oleh:

MEIDINA NUR AZKA

NIM. 125080101111053



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA MANGROVE *Avicennia alba*
DI PULAU SARINAH, KECAMATAN JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR

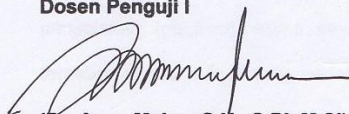
Oleh :

MEIDINA NUR AZKA

NIM. 125080101111053

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 15 Juli 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

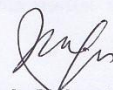
Dosen Penguji I



(Dr. Asus Maizar S.H., S.Pi, M.Si)
NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal : 20 JUL 2016

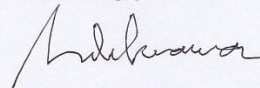
Menyetujui,
Dosen Pembimbing I



(Dr. Ir. Mulyanto, M.Si)
NIP. 19600317 198602 1 001

Tanggal : 20 JUL 2016

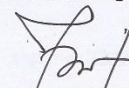
Dosen Penguji II



(Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc)
NIP. 19790331 200501 1 003

Tanggal : 20 JUL 2016

Dosen Pembimbing II



(Dr. Yuni Kilawati, S.Pi, M.Si)
NIP. 19730702 200501 2 001

Tanggal : 20 JUL 2016



Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal : 20 JUL 2016

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Meidina Nur Azka

NIM : 125080101111053

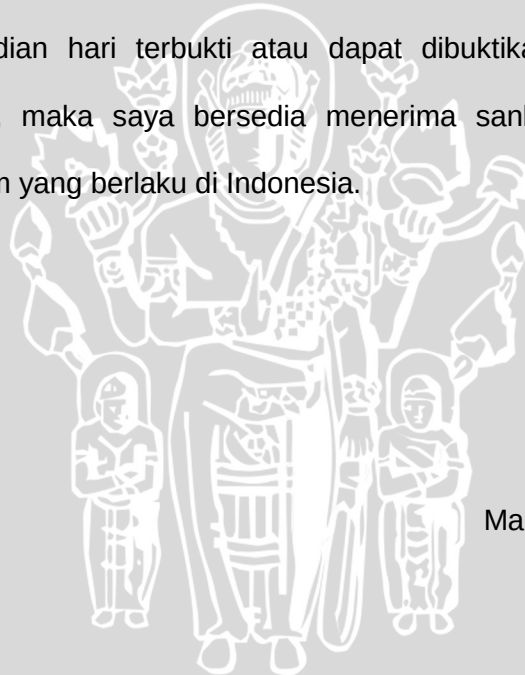
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Malang, 23 Maret 2016

Meidina Nur Azka

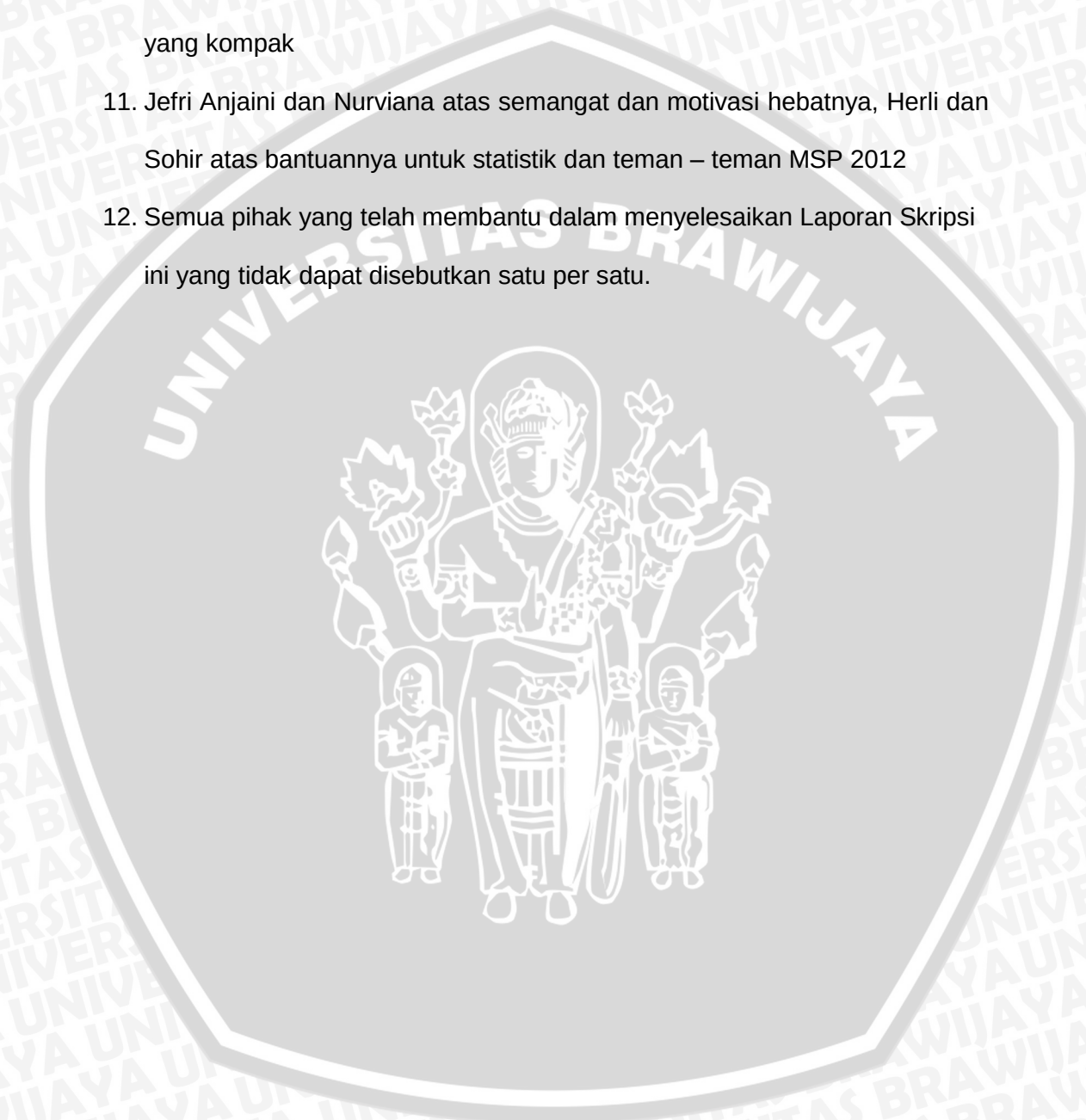


UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. atas berkah dan karunia-Nya sehingga penulis diberi kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan laporan Skripsi
2. Bapak Dr. Ir. Mulyanto M.Si sebagai Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Yuni Kilawati S.Pi, M.Si sebagai Dosen Pembimbing II yang memberi masukan dan bimbingan mulai penyusunan usulan Skripsi sampai dengan selesainya laporan Skripsi
3. Bapak Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi, MS sebagai Dosen Penguji I dan Bapak Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc sebagai Dosen Penguji II atas masukan dan saran sampai dengan selesainya laporan Skripsi
4. Keluarga Tercinta: Ayah Ir. Nurul Rusdi, Ibu R. Nurhidayati, Adik Saffanah Nur Fadhila, Adik M. Nurraihan Naufal, Adik M. Nadhif Nur Khairi yang telah memberi motivasi, doa dan dukungan materiil selama ini
5. Dico Oktovian Prihastama, atas perhatian semangat dan motivasi yang tak kunjung hentinya sehingga dapat tersusun laporan Skripsi ini
6. Sahabat SMA: Arini Izzati, Wini Maylani, Annisa Tri Kartika, Isfan Putra, Dhani Prayogi untuk waktu dan dukungannya yang tak pernah henti hingga 6 tahun ini
7. Sahabat Tersayang: Astri Palindatu, Ayu Nhevy Tia, Nadia Oktavia Fauziyyah, Yuni Dwi Selestiawati untuk dukungan dan motivasinya
8. Keluarga Fisheries Choir: Nisa Susnada, Rizky Hadju, Kak Rahman Arif, Kak Rizky Fitria, Kak Yaumil Nuraga, Kak Indra Chaniago, Kak Alvin Wastu, I Putu Oka, Aris Prianggono, Nina Carolina, Ilham Pangestu atas semangat dan dukungan yang telah diberikan

9. Keluarga Kosan Ungu: Annisa Syarifuddin, Defit Yafie, Dyayu Paramitha, Cindisa Kalamulya, Febriza, Cindy Bagar, Syeril, Amo, Dea, Dhila dan Rina untuk pengalaman tinggal bersama lebih dari 2 tahun
10. Tim Sarinah: Bayu, Adit, Fadlan dan Nhevy atas terbentuknya tim skripsi yang kompak
11. Jefri Anjaini dan Nurviana atas semangat dan motivasi hebatnya, Herli dan Sohir atas bantuannya untuk statistik dan teman – teman MSP 2012
12. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.



RINGKASAN

MEIDINA NUR AZKA. Analisis Logam Berat Tembaga (Cu) pada Mangrove *Avicennia alba* di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto M.Si** dan **Dr. Yuni Kilawati S.Pi, M.Si**)

Latar belakang penelitian di pulau Sarinah ini adalah menjelaskan tentang adanya pulau Sarinah yang merupakan hasil pembentukan dari buangan lumpur lapindo yang dialirkan melalui Sungai Porong. Mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah ini diperkirakan mengandung logam berat yang berasal dari sedimennya. Hal ini disebabkan karena endapan lumpur lapindo itu mengandung salah satu logam berat yaitu logam berat Cu. Logam berat Cu ini merupakan logam berat yang dapat terakumulasi di perairan maupun sedimen. Selain itu logam berat ini juga dapat terserap ke dalam mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah salah satunya adalah mangrove jenis *Avicennia alba*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan logam berat Cu di air, sedimen, akar, dan daun *Avicennia alba*. Untuk mengetahui faktor biokonsentrasi (BCF), faktor translokasi (TF) dan nilai fitoremediasi (FTD) logam berat Cu pada mangrove *Avicennia alba*.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengukuran kualitas perairan (*insitu*) dan analisis sampel logam berat (*exsitu*). Parameter yang diukur pada pengukuran kualitas air secara *insitu* adalah suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut. Parameter yang diukur pada pengukuran logam berat adalah Cu.

Hasil penelitian menunjukkan kandungan logam berat Cu pada air hasil rata-rata berkisar antara 0,050 - 0,121 ppm, pada sedimen hasil rata-rata berkisar antara 0,346 - 0,723 ppm, pada akar hasil rata-rata berkisar antara 0,289 - 0,487 ppm, sedangkan pada daun hasil rata-rata berkisar antara 0,194 - 0,443 ppm. Faktor biokonsentrasi (BCF) pada kelima stasiun berkisar antara 0,471 - 0,835 ppm. Faktor translokasi (TF) pada kelima stasiun berkisar antara 0,578 - 1,532 ppm dengan rata-rata sebesar 0,814 ppm. Nilai fitoremediasi (FTD) yang didapatkan pada kelima stasiun ini berkisar antara -0,696 hingga 0,199 ppm.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai dasar informasi manajemen kawasan mangrove untuk pemerintah dan masyarakat sekitar bahwa kondisi Pulau Sarinah masih normal sehingga diperlukan adanya konservasi oleh pemerintah agar lingkungan di Pulau Sarinah tetap stabil dan terjaga.

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 Tembaga (Cu) pada Mangrove *Avicennia alba* 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 kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.



Malang,

Penulis

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	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Waktu dan Tempat	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Logam Berat	5
2.1.1 Pengertian Logam Berat	5
2.1.2 Karakteristik Logam Berat Cu	6
2.1.3 Toksisitas Logam Berat Cu	7
2.1.4 Logam Berat Cu pada Sedimen	8
2.1.5 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Tumbuhan	9
2.2 Mangrove	10
2.2.1 Ekosistem Mangrove	10
2.2.2 Fungsi Mangrove	11
2.2.3 Deskripsi dan Klasifikasi Mangrove <i>Avicennia alba</i>	12
2.3 Parameter Kualitas Air	13
2.3.1 Suhu	13
2.3.2 Salinitas	14
2.3.3 Derajat Keasaman	14
2.3.4 Oksigen Terlarut	15
3. METODOLOGI	17
3.1 Materi Penelitian	17
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel	17
3.3 Prosedur Pengambilan Sampel	18
3.3.1 Pengambilan Sampel Air	18
3.3.2 Pengambilan Sampel Sedimen	18
3.3.3 Pengambilan Sampel Mangrove	19
3.4 Analisis Logam Berat	19
3.4.1 Analisis Logam Berat Cu di Air	20
3.4.2 Analisis Logam Berat Cu di Sedimen	20

3.4.3 Analisis Logam Berat Cu di Akar dan Daun	21
3.5 Parameter Kualitas Air	21
3.5.1 Suhu	21
3.5.2 Salinitas	22
3.5.3 Derajat Keasaman	22
3.5.4 Oksigen Terlarut	22
3.6 Analisis Data	22
3.6.1 Analisis Perbandingan Logam Berat Tembaga (Cu)	23
3.6.2 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	23
3.6.3 Faktor Translokasi	24
3.6.4 Fitoremediasi (FTD)	24
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 Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu)	31
4.4.1 Logam Berat Tembaga (Cu) di Air	32
4.4.3 Logam Berat Tembaga (Cu) di Akar	34
4.4.4 Logam Berat Tembaga (Cu) di Daun	35
4.4.5 Akumulasi Tembaga (Cu) dalam Akar dan Daun <i>Avicennia alba</i>	36
4.5 Perbandingan Kandungan Tembaga (Cu)	36
4.5.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	37
4.5.2 Faktor Translokasi (TF)	37
4.5.3 Faktor Fitoremediasi (FTD)	38
4.6 Parameter Kualitas Air	38
4.6.1 Suhu	39
4.6.2 Salinitas	41
4.6.3 Derajat Keasaman	42
4.6.4 Oksigen Terlarut	43
5. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai Faktor BCF, Faktor TF, dan nilai FTD Logam Berat	37
2. Parameter Kualitas Air	39

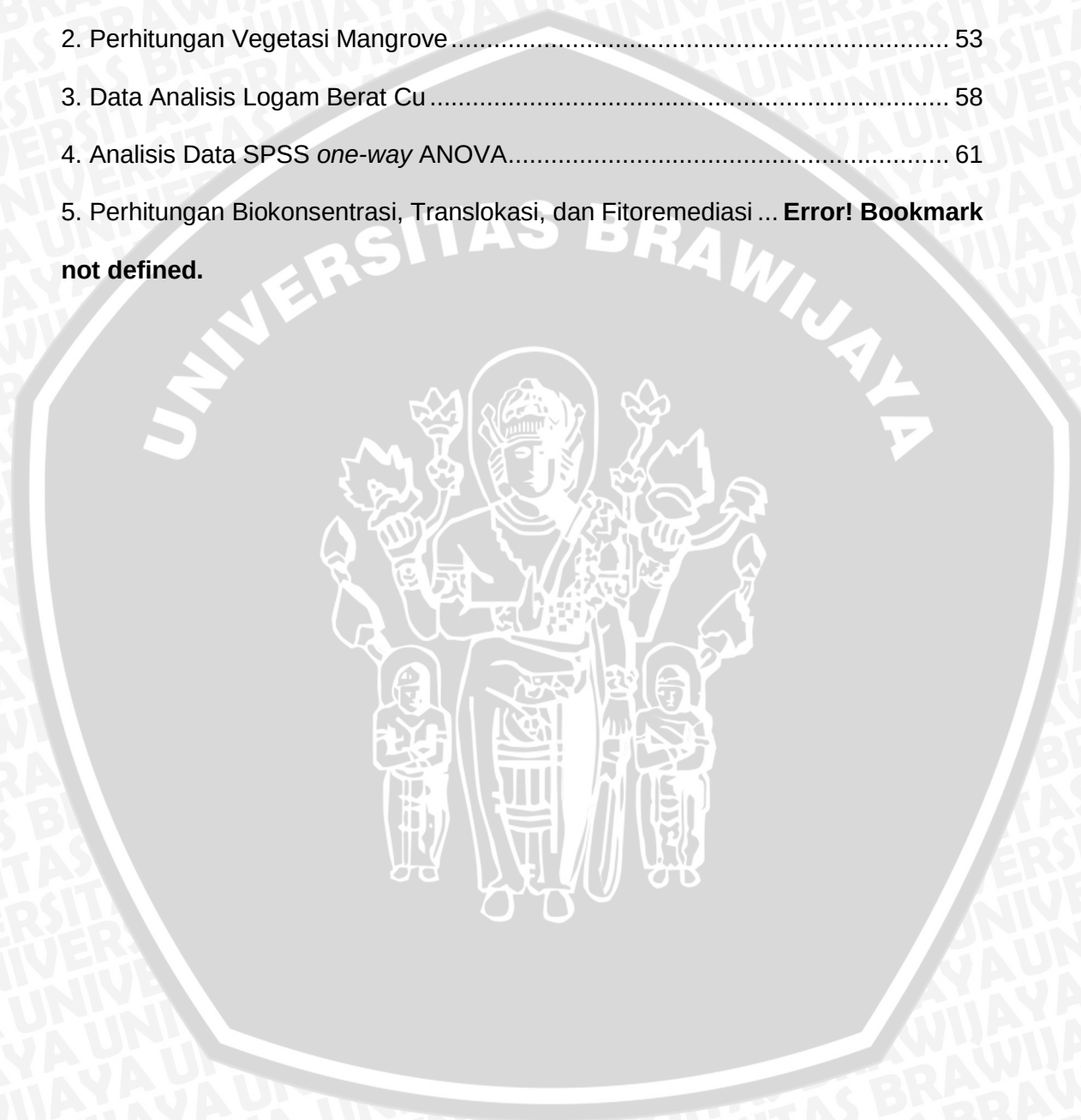


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi Stasiun 1	27
2. Lokasi Stasiun 2	28
3. Lokasi Stasiun 3	28
4. Lokasi Stasiun 4	28
5. Lokasi Stasiun 5	29
6. Kerapatan Jenis Relatif Mangrove di Pulau Sarinah	30
7. Kadar Logam Berat Cu pada Air, Sedimen, Akar	32
8. Grafik Rata-rata Suhu Perairan di Pulau Sarinah	40
9. Grafik Rata-rata Salinitas Perairan di Pulau Sarinah	41
10. Grafik Rata-rata pH Perairan di Pulau Sarinah	42
11. Grafik Rata-rata DO Perairan di Pulau Sarinah	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Denah Lokasi Penelitian di Pulau Sarinah, Porong, Sidoarjo	52
2. Perhitungan Vegetasi Mangrove	53
3. Data Analisis Logam Berat Cu	58
4. Analisis Data SPSS <i>one-way</i> ANOVA.....	61
5. Perhitungan Biokonsentrasi, Translokasi, dan Fitoremediasi ...	Error! Bookmark not defined.



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Sarinah yang sedimennya berasal dari endapan lumpur lapindo ini telah ditanami banyak tanaman mangrove. Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat menyerap bahan organik dan anorganik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat (Wittig 1993 *dalam* Amin, 2001). Melalui akarnya, vegetasi ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air dan dapat pula berpengaruh pada mangrove itu sendiri (Sukardjo dan Toro, 1994 *dalam* Amin, 2001). Tanaman mangrove berperan sebagai *buffer* (perisai alam) dan menstabilkan tanah dengan menangkap dan memerangkap endapan material dari darat yang terbawa air. Mangrove tumbuh subur dan luas di daerah delta dan aliran sungai yang besar dengan muara yang lebar. Di pantai yang tidak ada sungainya, daerah mangrove sempit. Mangrove mempunyai toleransi besar terhadap kadar garam dan dapat berkembang di daratan bersalinitas tinggi dimana tanaman biasa tidak dapat tumbuh (Murdiyanto, 2003).

Peristiwa lumpur lapindo muncul pertama kali pada tanggal 29 Mei 2006 di desa Renokenongo kecamatan Porong, kabupaten Sidoarjo. Lumpur keluar dari sumber bekas pengeboran PT. Lapindo Brantas terus mengalir menggenangi berbagai sarana dan prasarana milik masyarakat. Luapan lumpur dengan volume yang sangat besar telah menenggelamkan sawah, tanah ladang, perumahan penduduk, fasilitas sosial dan umum yang ada di delapan desa pada kecamatan Porong, Jabon dan Tanggul Angin. Volume awal semburan lumpur berkisar antara 80.000-120.000 m³ per hari dan air yang terpisah dari endapan lumpur berkisar 35.000-84.000 m³ per hari (Wiguna *et al.*, 2009).

Dengan terjadinya bencana lumpur lapindo, Sungai Porong yang merupakan bagian dari Sungai Brantas ini ditetapkan pemerintah sebagai tempat pembuangan luapan lumpur lapindo. Maka fungsi Sungai Porong selain sebagai *floodway* DAS Brantas, juga berfungsi sebagai saluran untuk mengalirkan endapan lumpur. Perubahan tersebut mempengaruhi kondisi air, pemukiman dan keadaan di sekitar wilayah tersebut. Perubahan yang lain juga muncul yaitu adanya pulau Sarinah yang merupakan hasil pembentukan dari buangan lumpur lapindo yang dialirkan melalui Sungai Porong (Nurry, 2014).

Mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah ini diperkirakan sudah terkontaminasi logam berat yang berasal dari sedimennya. Hal ini disebabkan karena endapan lumpur lapindo itu membawa salah satu logam berat yaitu logam berat Cu (Erwiyansyah *et al.*, 2015). Logam berat tembaga (Cu) ini merupakan logam berat yang dapat terakumulasi di perairan maupun terendapkan dalam sedimen. Selain itu logam berat ini juga dapat terserap ke dalam biota mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah salah satunya adalah jenis *Avicennia alba*.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat akumulasi Cu pada jaringan mangrove *Avicennia alba*. Penelitian ini penting karena bila organisme, baik biota maupun mangrove, terpapar dalam jumlah yang tinggi akan mengakibatkan gangguan dalam metabolisme dan terhambatnya pertumbuhan, bahkan kematian (Sunaryo, 2013).

1.2 Rumusan Masalah

Lumpur Lapindo yang mulai keluar pada tahun 2006 di Porong secara terus menerus dialirkan ke sungai Porong menuju muara sungai. Hal ini berlangsung bertahun-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 tanaman mangrove di Pulau Sarinah. Mangrove yang ditanam antara lain adalah *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba*.

Mangrove jenis *Avicennia alba* ini menyerap logam berat yang berasal dari endapan lumpur lapindo. 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 Cu. Kisaran kandungan logam berat pada sedimen berkisar antara 0,300-0,409. Menurut Wiguna (2009) dalam Erwiyansyah *et al.*, (2015) lumpur lapindo mengandung beberapa unsur logam seperti Cu sebesar 20-29 ppm. Maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah kandungan logam berat tersebut terakumulasi, khususnya di akar dan daun mangrove *Avicennia alba*. Selain itu Pulau Sarinah juga merupakan pulau baru, sehingga belum banyak penelitian yang dilakukan mengenai analisis logam berat pada mangrove di Pulau Sarinah.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

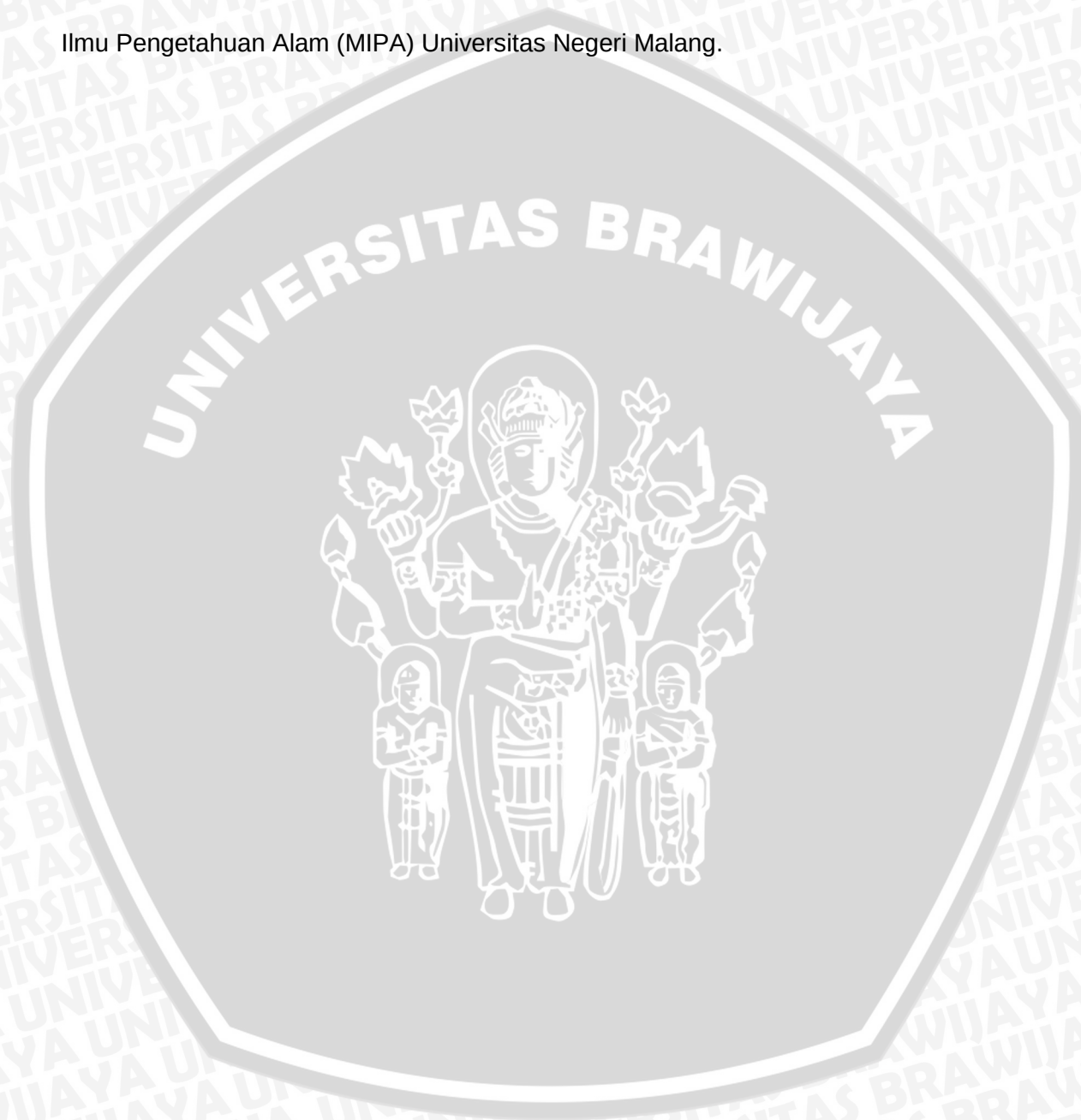
1. Untuk menganalisis kandungan logam berat Cu di air, sedimen, akar, dan daun *Avicennia alba*
2. Untuk menganalisis kemampuan mangrove *Avicennia alba* dalam mengakumulasi logam berat Cu ditinjau dari faktor biokonsentrasi (BCF), faktor translokasi (TF), dan nilai fitoremediasi (FTD)

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat menganalisis kemampuan mangrove *Avicennia alba* dalam mengakumulasi logam berat Cu dan dapat digunakan sebagai data awal yang dapat dijadikan sebagai acuan penelitian selanjutnya.

1.5 Waktu dan Tempat

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



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

2.1.1 Pengertian Logam Berat

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 ini, 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).

Logam berat dibagi menjadi dua golongan, yaitu logam berat esensial dan nonesensial. Logam berat esensial diperlukan dalam proses fisiologis hewan, sehingga logam golongan ini merupakan unsur nutrisi penting yang jika kekurangan dapat menyebabkan kelainan proses fisiologis atau disebut penyakit defisiensi mineral. Mineral ini biasanya terikat dengan protein, termasuk enzim untuk proses metabolisme tubuh, yaitu kalsium (Ca), fosforus (P), kalium (K), natrium (Na), klorin (Cl), sulfur (S), magnesium (Mg), besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn), kobalt (Co), iodin (I), dan selenium (Se). Logam berat nonesensial adalah golongan logam yang tidak berguna, atau belum diketahui kegunaannya dalam tubuh hewan, sehingga hadirnya unsur tersebut lebih dari normal dapat menyebabkan keracunan. Logam tersebut bahkan sangat

berbahaya bagi makhluk hidup, seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As), kadmium (Cd), dan aluminium (Al) (Arifin, 2008).

2.1.2 Karakteristik Logam Berat Cu

Salah satu logam berat yang termasuk bahan beracun dan berbahaya adalah Cu, merupakan salah satu logam berat yang banyak dimanfaatkan dalam industri, terutama dalam industri elektroplating, tekstil dan industri logam (*alloy*). Ion Cu (II) dapat terakumulasi di otak, jaringan kulit, hati, pankreas dan miokardium. Oleh karena itu, proses penanganan limbah menjadi bagian yang sangat penting dalam industri (Fitriyah *et al.*, 2013).

Logam berat tembaga (Cu) adalah logam berat yang terkandung pada perairan alami. Tembaga merupakan unsur esensial bagi tumbuhan dan hewan. Peran tembaga terhadap tumbuhan adalah sebagai penyusun plastocyanin yang berfungsi pada transpor elektron dalam proses fotosintesis. Kadar tembaga pada perairan alami biasanya $< 0,02$ mg/L, pada air tanah sebesar 12mg/L dan pada air laut kadar tembaga berkisar antara 0,001 – 0,025 mg/L. Pada air minum, kandungan tembaga maksimum sebesar 0,1 mg/L (Effendi, 2003).

Menurut Surbakti (2011) logam berat tembaga (Cu) masuk kedalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari aktifitas yang dilakukan manusia. Dalam kondisi normal keberadaan Cu di perairan ditemukan dalam bentuk senyawa ion CuCO_3^- dan CuOH^- . Bila dalam perairan terjadi peningkatan kelarutan Cu, maka konsentrasi Cu melebihi ambang batas yang seharusnya. Setelah itu akan terjadi peristiwa biomagnifikasi terhadap biota perairan. Peristiwa biomagnifikasi dapat diidentifikasi melalui akumulasi Cu dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari terjadinya konsumsi Cu dalam jumlah berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh.

Tembaga (Cu) dibutuhkan sebagai unsur yang berperan dalam pembentukan enzim oksidatif dan pembentukan kompleks Cu-protein yang selain Zn. Tembaga (Cu) dalam tubuh berfungsi sebagai sintesa hemoglobin dan tidak mudah dieksresikan dalam urine karena sebagian terikat dengan protein, sebagian dieksresikan melalui empedu ke dalam usus dan dibuang ke feses, sebagian lagi menumpuk dalam hati dan ginjal (Febrita *et al.*, 2013).

2.1.3 Toksisitas Logam Berat Cu

Toksisitas yang dimiliki logam berat Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya apabila logam ini masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme (Handayani, 2006). Gejala yang terjadi pada tanaman yang kekurangan logam berat Cu dapat ditemukan pada bagian daun. Daun yang masih muda akan layu dan kemudian mati. Kandungan logam berat Cu yang berlebihan juga akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman terbatas. Dampak dari kandungan Cu yang berlebih pada tanaman adalah pertumbuhan tanaman kerdil, percabangan terbatas dan pembentukan akar terhambat (Wulandari, 2012).

Selain manfaat logam berat Cu sebagai elemen mikro, Cu dapat terakumulasi di jaringan tubuh, dan jika konsentrasinya melebihi yang ditentukan maka akan bersifat toksik (Supriharyono, 2000). Penyerapan logam berat Cu ke dalam darah dapat terjadi pada kondisi asam yang terdapat dalam lambung. Pada saat proses penyerapan bahan makanan yang telah diolah pada lambung oleh darah. Sehingga Cu yang ada turut diserap oleh darah. Dalam darah, Cu terdapat dalam 2 bentuk ionisasi, yaitu Cu⁺ dan Cu⁺⁺. Apabila jumlah Cu dalam kedua bentuk itu yang terserap berada dalam jumlah normal, maka sekitar 93% dari serum Cu berada dalam seruloplasma dan 7% lainnya berada dalam fraksi – fraksi albumin dan asam amino. Serum Cu albumin ditransfortasikan ke dalam

jaringan-jaringan tubuh. Tembaga (Cu) juga berikatan dengan sel darah merah sebagai eritrocuprein, yaitu sekitar 60% eritrosit-Cu, sedangkan sisanya merupakan fraksi-fraksi yang labil. Darah selanjutnya akan membawa Cu ke dalam hati. Dari hati, Cu dikirimkan ke dalam kandung empedu. Kemudian dari empedu, Cu dikeluarkan kembali ke usus untuk selanjutnya dibuang melalui feces (Cahyani, 2012).

2.1.4 Logam Berat Cu pada Sedimen

Logam berat yang masuk ke perairan muara akan tersebar dan sebagian lagi akan terikat pada partikel tersuspensi dan akan mengendap ke dasar perairan. Proses sedimentasi logam berat menyebabkan logam berat akan terakumulasi di dalam sedimen sehingga akan menimbulkan dampak ekologis yang membahayakan lingkungan dan organisme benthik pada khususnya (Clark, 1986 dalam Harlyan dan Julinda, 2015). Sedimen berperan penting di dalam penentuan kualitas air, karena sedimen sebagai tujuan akhir tempat penampungan dari logam-logam berat, sampai saat ini analisis logam berat terbatas pada sampel air dan belum menjawab wilayah sedimen. Untuk mengevaluasi tingkat pencemaran yang terjadi, maka upaya analisis kandungan tembaga dalam sedimen dipandang sangat penting (Fitriyah, 2013).

Sedimen dapat digunakan sebagai indikator pencemaran karena perannya sebagai 'sink' bagi bahan-bahan pencemar dari daratan. Kontaminan logam yang telah berada di sedimen akan diserap oleh organisme benthik yang selanjutnya logam tersebut akan ditransfer dari sedimen ke rantai makanan yang lebih tinggi. Namun demikian, ketersediaan secara biologis (*bioavailability*) logam tersebut bagi organisme benthik tergantung oleh banyak faktor termasuk, karakteristik geokimia sedimen dan fraksinasi logam-logam tersebut diantara

komponen sedimen yang berbeda (Kiratli & Ergin,1996; Wang *et al.*, 2002 *dalam* Arifin dan Fadhlina, 2009).

2.1.5 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Tumbuhan

Proses absorpsi unsur logam berat menurut Soemirat (2003), dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan, yaitu: 1) akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik; 2) daun bagi zat lipofilik; dan 3) stomata untuk memasukkan gas. Banyaknya konsentrasi logam berat yang terkandung pada tumbuhan mangrove merupakan usaha translokalisasi yang dilakukan tumbuhan terhadap polutan disekitarnya seperti mengumpulkannya dalam satu organ akar, batang atau daun. Proses masuknya konsentrasi logam berat pada jaringan tumbuhan bisa melalui xylem pada akar mangrove kemudian disalurkan ke semua bagian daun mangrove melalui stomata. Selain daun akumulasi logam berat juga terjadi pada organ bagian akar karena ekresi yang dilakukan mangrove pengeluaran ion toksik akan melalui akar dalam bentuk ion-ion. Secara aktif ion-ion tersebut akan ditarik dari xylem kembali ke xylem parenchym dan kemudian dilepaskan dari akar kembali ke sedimen (Andayani dan Purbayanti, 1981 *dalam* Heriyanto dan Subiandono, 2011).

Mekanisme yang mungkin dilakukan tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik adalah: 1) penanggulangan (ameliorasi) yaitu jika konsentrasi di dalam tubuh terlalu tinggi maka akan dipindahkan melalui lokalisasi yaitu perpindahan intraseluler atau ekstraseluler yang biasanya dilakukan di akar, ekskresi yang dilakukan di daun-daun tua, dilusi yaitu melemahkan atau pengenceran dan inaktivasi secara kimia; 2) toleransi yaitu mengembangkan sistem metabolik untuk lebih beradaptasi pada konsentrasi toksik yang tinggi (Fitter dan Hay, 1991 *dalam* Panjaitan, 2009).

Penyerapan dapat melalui pengikatan aktif dan pasif. Pengikatan aktif melibatkan reaksi metabolisme terjadi pada biomaterial yang hidup sedangkan pengikatan pasif hanya terjadi pada biomaterial yang telah mati, pada penelitian ini termasuk pengikatan pasif. Pada pengikatan pasif, penyerapan terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lainnya melalui mekanisme kimia dan fisika seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi secara keseluruhan (Rahman *et al.*, 2014). Pengambilan ion logam berat dapat terjadi di bagian luar sel maupun di bagian dalam struktur sel. Metode pengambilan ion logam berat yang tidak tergantung pada siklus metabolisme sel disebut biosorpsi atau pengambilan ion logam secara pasif, sedangkan yang tergantung pada siklus metabolisme dan masuk ke dalam sel disebut bioakumulasi atau penyerapan secara aktif. Pengambilan ion logam oleh mikroorganisme hidup dapat terjadi secara aktif maupun pasif. Pengambilan ion logam berat oleh sel hidup dipengaruhi oleh lamanya kontak, pH larutan logam, kondisi kultur, konsentrasi awal ion logam, dan konsentrasi sel dalam larutan (Kapoor & Viraraghavan, 1995; Gadd, 1992 *dalam* Triatmojo *et al.*, 2014).

2.2 Mangrove

2.2.1 Ekosistem Mangrove

Sumberdaya ekosistem mangrove bersifat alami dan dapat terbaharui (*renewable resources*) yang harus dijaga keutuhan fungsi dan kelestariannya, supaya dapat menunjang pembangunan dan dapat dimanfaatkan secara optimal dengan pengelolaan yang lestari. Ekosistem hutan mangrove memiliki berbagai sifat kekhususan dipandang dari kepentingan keberadaan dan peranannya dalam ekosistem sumberdaya alam, yaitu: (1) letak hutan mangrove terbatas pada tempat-tempat tertentu dan luasnya terbatas pula, (2) peranan ekologis dari ekosistem hutan mangrove bersifat khas, berbeda dengan peran ekosistem

hutan lainnya, (3) hutan mangrove memiliki potensial hasil yang bernilai ekonomis tinggi (Suhendrata, 2001).

Menurut Adiwijaya (2009), mangrove adalah suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas tersebut di daerah pasang surut. Hutan mangrove adalah tipe hutan yang secara alami dipengaruhi oleh pasang surut air laut, tergenang pada saat pasang naik dan bebas dari genangan pada saat pasang rendah. Ekosistem mangrove adalah suatu sistem yang terdiri dari atas lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi.

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang hidup di kawasan intertidal atau daerah estuari, dimana daerah estuari merupakan daerah mangrove. Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya. Mangrove juga merupakan tempat untuk mencari makan, memijah dan berkembang biak bagi udang, ikan, kerang, dan kepiting. Selain itu, ekosistem mangrove juga berfungsi sebagai perangkap sedimen dan mencegah erosi serta penstabil bentuk daratan di daerah estuari (Harty, 1997).

2.2.2 Fungsi Mangrove

Estuari dan ekosistem mangrove mempunyai fungsi utama yaitu penghasil bahan pelapukan yang menjadi sumber makanan bagi plankton, sehingga penting bagi keberlanjutan rantai makanan. Selanjutnya mangrove juga berfungsi untuk tempat memijah dan berkembang biak sekaligus tempat berlindung dari ikan-ikan, kerang, dan biota laut lainnya dari predator (Dahuri, 2003).

Ekosistem mangrove memiliki fungsi sebagai penyedia keanekaragaman hayati (*biodiversity*), sebagai penghasil plasma nutfah (*genetic pool*) dan menunjang keseluruhan sistem kehidupan di sekitarnya. Habitat mangrove merupakan tempat hidupnya insecta, moluska, crustacea dan invertebrata lain, selain itu habitat mangrove merupakan tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat mengasuh (*nursery ground*), tempat memijah (*spawning ground*) dan tempat berlindung yang aman bagi berbagai juvenile dan larva ikan serta kerang (*shellfish*) dari predator (Muhaerin, 2008).

Fungsi lain dari tumbuhan mangrove dalam mengurangi pencemaran adalah kapasitasnya sebagai pendukung kehidupan mikroorganisme pengurai limbah. Banyaknya organisme mikro yang hidup dalam lahan basah akan meningkatkan kinerja pembersihan secara menyeluruh, dikarenakan organisme mikro tersebut mencerna bahan pencemar dalam rangka memperoleh energi (Kusumastuti *et al.*, 2011).

2.2.3 Deskripsi dan Klasifikasi Mangrove *Avicennia alba*

Avicennia alba merupakan tumbuhan pioner yang biasanya mendominasi di daerah terbuka yaitu seperti tepi sungai atau daerah berlumpur. Dimana daerah tersebut merupakan daerah yang sangat mendukung bagi pertumbuhan tanaman mangrove, sehingga hal tersebut mempengaruhi hubungan geomorfologi dengan erosi pantai (Bird, 1986 dalam Rodtassana dan Pongparn, 2012). Menurut Kamaruzzaman (2011), mangrove jenis *Avicennia alba* merupakan spesies mangrove yang berkayu, berbiji, dan merupakan tanaman yang banyak ditemui di sepanjang garis pantai atau daerah intertidal termasuk daerah estuari dan laguna.

Avicennia alba dapat tumbuh mencapai 25 m. 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. Buah pohon ini berbentuk seperti kerucut atau cabe yang berwarna hijau muda kekuningan (Noor et al., 2006).

Klasifikasi *Avicennia alba* menurut Plantamor (2012), yaitu:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Sub Kelas : Asteridae
Ordo : Scrophulariales
Famili : Acanthaceae
Genus : *Avicennia*
Spesies : *Avicennia alba*

2.3 Parameter Kualitas Air

2.3.1 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).

Kenaikan suhu perairan dapat menimbulkan beberapa masalah diantaranya dapat menurunkan jumlah oksigen dalam perairan, terganggunya kehidupan ikan, kerang dan biota lainnya, kecepatan reaksi kimia menjadi

meningkat. Bahkan jika kenaikan suhu telah melebihi batas kemungkinan akan mengakibatkan kematian (Fardiaz, 1992).

2.3.2 Salinitas

Menurut Irawan *et al.* (2009), salinitas diartikan sebagai ukuran yang menggambarkan tingkat keasinan (NaCl) dari suatu perairan. Satuan salinitas dapat dinyatakan dalam bentuk promil (‰) atau satu per seribu. Misalnya 35 gr dalam 1 L air (1000 ml) maka salinitasnya adalah 35 ‰ atau dalam istilah lainnya disebut *Partical Salinity Unit*. Nilai salinitas untuk air tawar adalah 0‰, air payau (1‰-30‰), air laut diatas 30‰.

Menurut Yani (2003), semakin jauh dari daratan, maka salinitas air laut akan semakin meningkat. Tidak semua biota laut memiliki toleransi terhadap perubahan salinitas. 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.

2.3.3 Derajat Keasaman

Nilai Derat Keasaman (pH) berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat akan meningkat jika nilai pH rendah, begitu juga sebaliknya toksisitas logam berat menurun jika nilai pH tinggi. Pada pH tinggi logam akan mengalami pengendapan. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada pH <5, alkalinitasnya dapat mencapai nol. Nilai pH tinggi nilai alkalinitasnya juga tinggi dan nilai karbondioksida bebasnya rendah. Biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH. Biasanya biota akuatik menyukai pH 7-8,5. pH berpengaruh terhadap biokimia suatu perairan (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. Derajat keasaman suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan. Nilai pH yang rendah dan tergolong asam akan memberi dampak bagi biota laut. Efek yang ditimbulkan jika pH air laut tergolong asam antara lain penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos, bertambahnya jenis algae hijau yang berfilamen, proses nitrifikasi terhambat, dan penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos. Perairan yang bersifat asam tergolong tidak sehat. Perairan yang menerima limbah organik dalam jumlah yang besar berpotensi memiliki tingkat kemasaman yang tinggi (Irawan *et al.*, 2009).

2.3.4 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). Menurut Sastrawijaya (2009), oksigen terlarut (DO) merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berasa, tidak berbau dan sedikit larut dalam air. Dalam bertahan hidup organisme kerang sangat bergantung pada ketersediaan oksigen terlarut dengan kehidupan di air kurang lebih sekitar 5 mg/l oksigen terlarut selebihnya dari ketahanan organisme, derajat keaktifannya, kehadiran bahan pencemar, suhu dan sebagainya.

Rendahnya DO dapat menambah tingkatakumulasi logam berat karena DO yang rendah identik dengan kenaikan suhu dimana suhu yang tinggi dapat

menyebabkan logam berat semakin banyak terikat di oksigen perairan.

Kandungan DO untuk biota dalam suatu perairan minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (Salmin, 2005).



3. METODOLOGI

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kadar logam berat Cu pada air, sedimen, dan akar serta daun mangrove *Avicennia alba*. Parameter kualitas air yang digunakan antara lain yaitu suhu, salinitas, derajat keasaman, oksigen terlarut.

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di kawasan mangrove Pulau Sarinah, Desa Tlocor, 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 alba*. Berikut lokasi pengambilan sampel dilakukan di 5 stasiun yaitu:

- 1.) Stasiun 1 :lokasi ini dekat dengan dermaga tempat kapal menuju Pulau Sarinah berhenti.
- 2.) Stasiun 2 :lokasi ini berada sekitar 30 meter dari lokasi stasiun 1, disekitarnya terdapat lebih banyak pohon *Avicennia marina* dibandingkan dengan *Avicennia alba*
- 3.) Stasiun 3 :lokasi ini berada sekitar 30 meter dari lokasi stasiun 2, berada dekat dengan jembatan dan terdapat biota kepiting biola dan ikan blodok dikarenakan terdapat aliran sungai pada stasiun ini
- 4.) Stasiun 4 :lokasi ini berada sekitar 30 meter dari lokasi stasiun 3 dan berada di jembatan, pada stasiun 4 ini pohon-pohon disekitarnya sudah menutupi akses jalan untuk menuju ke ujung jembatan

5.) Stasiun 5 : lokasi ini merupakan muara sungai yang dari stasiun 1 mengalir.

Lokasi ini berbatasan langsung dengan laut.

3.3 Prosedur Pengambilan Sampel

Prosedur pengambilan sampel pada penelitian ini antara lain adalah pengambilan sampel air, pengambilan sampel sedimen, pengambilan sampel akar mangrove *Avicennia alba* dan pengambilan sampel daun *Avicennia alba*.

3.3.1 Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara menggunakan botol air mineral 600ml dan ditandai sesuai dengan lokasi pengambilan sampel. Setiap stasiun diambil sampel air secara komposit. Setelah itu sampel ditambahkan pengawet yaitu HNO_3 pekat sebanyak 15 ml hingga pH air < 2 dengan tujuan agar kandungan logam berat dalam air tetap terikat dan tidak menguap. Kemudian sampel air dimasukkan ke dalam *coolbox* yang sudah berisi es dengan tujuan agar sampel air membeku sehingga metabolisme yang ada pada air berhenti dan selanjutnya dianalisis kandungan logam berat Cu di laboratorium.

3.3.2 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen diambil di 3 titik yaitu pada bagian atas permukaan tanah, bagian bawah permukaan tanah, dan bagian yang berada didekat akar nafas di setiap stasiun. Sampel diambil secara komposit dengan menggunakan cetok dan dimasukkan kedalam kantong plastik sebanyak 250 g pada masing-masing stasiun. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam *coolbox* dan selanjutnya dianalisis kandungan logam berat Cu di laboratorium. Hal ini sesuai dengan pendapat Apriadi (2005) yang menyatakan bahwa pengambilan sedimen diambil sebanyak ± 200 g dari tiap stasiun. Kemudian sampel tersebut

dimasukkan ke dalam kantong plastik dan selanjutnya diukur kandungan logam berat Cu dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

3.3.3 Pengambilan Sampel Mangrove

Sampel akar dan daun diambil dari pohon *Avicennia alba* 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. Cara pengambilan akar dan daun yang diambil dari pohon *Avicennia alba* antara lain:

a. Akar

Sampel akar diambil dengan hati-hati menggunakan tangan dan pisau dikumpulkan sebanyak 5 g pada satu pohon. Akar yang diambil adalah akar nafas atau *pneumatophora* pada bagian ujung akar dari pohon yang berukuran sama yang berada di dalam sedimen atau air kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik 250 g. Hal ini sesuai dengan pendapat Panjaitan (2009) yang menyatakan bahwa sampel akar diambil dari pohon dengan panjang berkisar 28-35 cm.

b. Daun

Daun yang diambil adalah daun yang sudah tua berwarna hijau tua dengan panjang 4-8 cm yang terletak di pangkal ranting. Pengambilan daun sekitar 30 lembar daun dan dimasukkan ke dalam kantong plastik 250 g. Sampel dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

3.4 Analisis Logam Berat

Analisis logam berat pada penelitian ini adalah analisis logam berat Cu di air, analisis logam berat Cu di sedimen, analisis logam berat Cu di akar dan

daun. Logam berat dianalisis dengan menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

3.4.1 Analisis Logam Berat Cu di Air

(Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UM, 2015)

- 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 tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 5) Membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.4.2 Analisis Logam Berat Cu di Sedimen

(Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UM, 2015)

- 1) Menimbang contoh ± 2 g, masukkan kedalam cawan porselen.
- 2) Memasukkan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu $\pm 103^\circ \text{C}$ selama 2 jam
- 3) Mendinginkan, tambahkan 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) Membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.4.3 Analisis Logam Berat Cu di Akar dan Daun

(Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UM, 2015)

- 1) Menimbang contoh ± 2 g, masukkan kedalam cawan porselen.
- 2) Memasukkan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu $\pm 103^{\circ}$ C selama 2 jam
- 3) Mendinginkan, tambahkan 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) Membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.5 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini antara lain adalah suhu, salinitas, derajat keasaman dan oksigen terlarut. Semua parameter ini diukur menggunakan alat dari laboratorium Ilmu Kelautan, FPIK Universitas Brawijaya.

3.5.1 Suhu (Siregar, 2009)

- 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 (Mandagi *et al.*, 2013)

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 (Kurniawan *et al.*, 2013)

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 mencatat hasilnya

3.5.4 Oksigen Terlarut (Kamsuri, 2013)

1) Memasukkan elektron dari DO meter dengan cara mencelupkan langsung ke dalam air

2) Menekan tombol ON pada DO meter

3) Menunggu beberapa saat hingga angka dilayar DO meter stabil dan mencatat hasilnya

3.6 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini adalah analisis perbandingan logam berat Cu, faktor biokonsentrasi, faktor translokasi dan nilai fitoremediasi. Analisis perbandingan logam berat Cu menggunakan ANOVA satu arah dalam software Statistical Produk and Service Solution (SPSS) 16.0.

3.6.1 Analisis Perbandingan Logam Berat Tembaga (Cu)

Analisis perbandingan kadar logam berat Cu dalam akar dan daun mangrove *Avicennia alba* antar stasiun menggunakan ANOVA satu arah (*one-way ANOVA*). Analisis variansi adalah suatu prosedur untuk uji perbedaan mean beberapa populasi. Konsep analisis variansi didasarkan pada konsep distribusi F dan biasanya dapat diaplikasikan untuk berbagai macam kasus maupun dalam analisis hubungan antara berbagai variabel yang diamati. Dalam perhitungan statistik, analisis variansi sangat dipengaruhi asumsi – asumsi yang digunakan seperti kenormalan dari distribusi, homogenitas variansi dan kebebasan dari kesalahan (Safar *et al.*, 2007).

Analisis perbandingan logam berat tembaga dalam akar dan daun mangrove (*Avicennia alba*) pada 5 stasiun dengan menggunakan software Statistical Product and Service Solution (SPSS) 16.0 yang bertujuan untuk mengetahui apakah kadar logam berat tembaga dalam akar dan daun *Avicennia alba* antar tiga stasiun sama atau berbeda. Pengujian dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

- H_0 : kandungan Cu dalam akar *dan* daun *Avicennia alba* tidak berbeda.
- H_1 : kandungan Cu dalam akar *dan* daun *Avicennia alba* berbeda.

Keputusan hipotesis menurut Misbahuddin dan Hasan (2013), untuk uji ini berdasarkan perbandingan antara F-hitung dan F-tabel adalah:

- F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak (H_1 diterima)
- F hitung $\leq$ F tabel, maka H_0 diterima (H_1 ditolak)

3.6.2 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).

3.6.3 Faktor Translokasi

Faktor translokasi (TF) merupakan perbandingan antara kandungan logam berat pada daun dan akar untuk menentukan kemampuan tanaman *Avicennia alba* 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 ($TF > 1$). Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi pada jaringan permukaan di habitat alamiahnya.

3.6.4 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.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Menurut website Pemerintah Kabupaten Sidoarjo (2015) lokasi penelitian secara administratif termasuk dalam Kecamatan Jabon dan 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 dan memiliki pantai berbentuk landai dengan sedimentasi lumpur. Garis pantainya merupakan daerah dataran rendah yang tertutup hutan mangrove (kawasan lindung). Suhu permukaan laut antara $27-28^{\circ}\text{C}$, dengan salinitas $31-32\text{‰}$. Jarak dari pusat kota sekitar 21 km (Pemkab Sidoarjo, 2012).

Menurut data yang didapatkan dari Kecamatan Jabon (2012), Kecamatan Jabon berbatasan langsung dengan batas-batas wilayah sebelah utara Desa Tambak Kalisogo, sebelah selatan Desa Kedungringin (Kec. Beji), sebelah barat Desa Semambung, dan sebelah timur Desa Kedung Boto (Kec. Beji). Jumlah penduduk sebanyak 3.738 jiwa dengan jumlah laki-laki 1.861 jiwa dan perempuan 1.177 jiwa. Mayoritas agama yang dianut yaitu agama Islam. Tingkat pendidikan rata-rata adalah lulusan SMA/Madrasah sederajat.

Transportasi menuju Kecamatan Jabon dapat menggunakan kendaraan roda empat dan kendaraan roda dua. Pada saat memasuki wilayah Kecamatan Jabon dapat dilihat sungai yang cukup panjang yaitu Sungai Porong. Terdapat rumah-rumah penduduk meski tak sepadat di daerah perkotaan. Setelah sampai pada salah satu dermaga wilayah Sungai Porong, transportasi menuju Pulau Sarinah dilakukan dengan menggunakan kapal perahu milik salah satu masyarakat sekitar. Waktu yang ditempuh untuk sampai ke Pulau Sarinah sekitar

20 menit dari dermaga Sungai Porong. Menurut Dewi (2012) Pulau Sarinah memiliki spesies yang mendominasi yakni *Avicennia marina*, *Avicennia alba* dan *Sonneratia alba*.

4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

Stasiun 1 terletak di samping dermaga Pulau Sarinah dan dekat dengan aliran Sungai Porong pada titik kordinat $7^{\circ} 33' 58,12''$ LS dan $112^{\circ} 52' 11,9''$ BT. Stasiun 2 terletak di tengah - tengah Pulau Sarinah dan terdapat lebih banyak pohon *Avicennia marina* dibandingkan dengan *Avicennia alba* pada titik kordinat $7^{\circ} 33' 59,94''$ LS dan $112^{\circ} 52' 13,75''$ BT. Stasiun 3 terletak di dekat jembatan yang terdapat biota kepiting biola dan ikan blodok pada titik kordinat $7^{\circ} 33' 59,37''$ LS dan $112^{\circ} 52' 16,47''$ BT. Stasiun 4 terletak di jembatan yang pohon-pohon disekitarnya sudah menutupi akses jalan untuk menuju ke ujung jembatan pada titik kordinat $7^{\circ} 33' 59,87''$ LS dan $112^{\circ} 52' 20,50''$ BT. Stasiun 5 terletak berbatasan langsung dengan laut pada titik kordinat $7^{\circ} 33' 58,16''$ 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, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 dibawah ini.



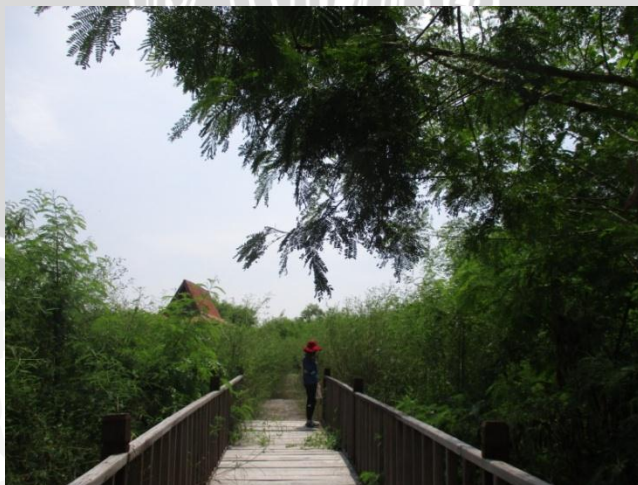
Gambar 1. Lokasi Stasiun 1



Gambar 2. Lokasi Stasiun 2



Gambar 3. Lokasi Stasiun 3



Gambar 4. Lokasi Stasiun 4



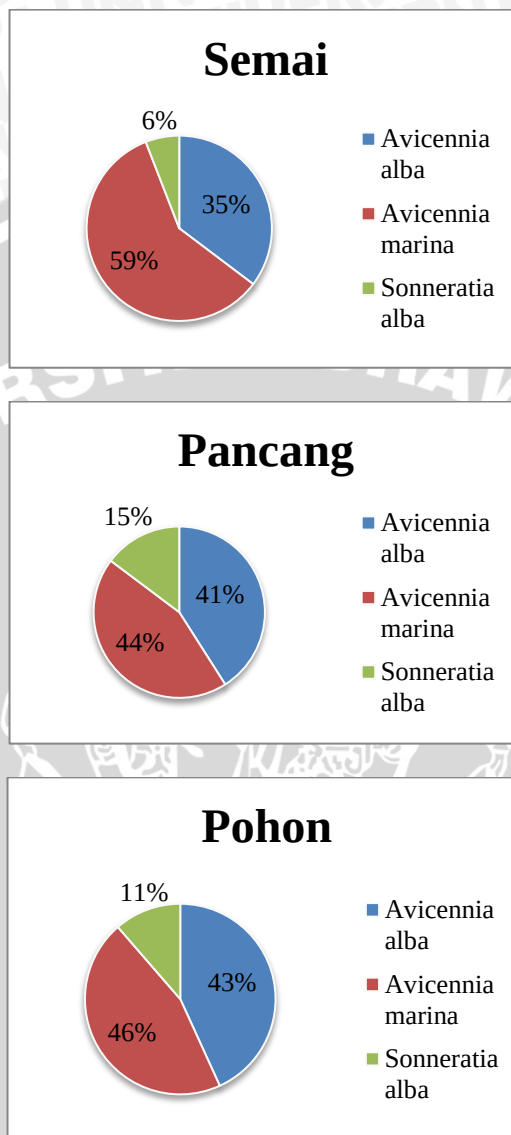
Gambar 5. Lokasi Stasiun 5

4.3 Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 3 jenis mangrove yang ditemukan yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*. Setiap stasiun pengamatan dibuat *line transect* menggunakan tali rafia dengan kriteria pohon berukuran 10x10 m, pancang berukuran 5x5 m, dan semai berukuran 2x2 m. Kerapatan mangrove menurut jenis dan ukurannya dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa kerapatan jenis pada mangrove *Avicennia alba* ukuran pohon sebanyak 0,038 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 43,19%, ukuran pancang sebanyak 0,2 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 40,98%, dan ukuran semai sebanyak 0,3 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 35,29%. Kerapatan jenis mangrove *Avicennia marina* ukuran pohon sebanyak 0,04 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 45,45%, ukuran pancang sebanyak 0,216 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 44,27%, dan ukuran semai sebanyak 0,5 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 58,82%. Kerapatan jenis mangrove *Sonneratia alba* ukuran pohon sebanyak 0,01 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 11,36%, ukuran pancang sebanyak 0,072 ind/m² dengan kerapatan jenis relatif sebesar 14,75%, dan ukuran semai sebanyak 0,05 ind/m²

dengan kerapatan jenis relatif sebesar 5,89%. Perhitungan kerapatan jenis mangrove dan kerapatan jenis relatif mangrove dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 6. Kerapatan Jenis Relatif Mangrove di Pulau Sarinah

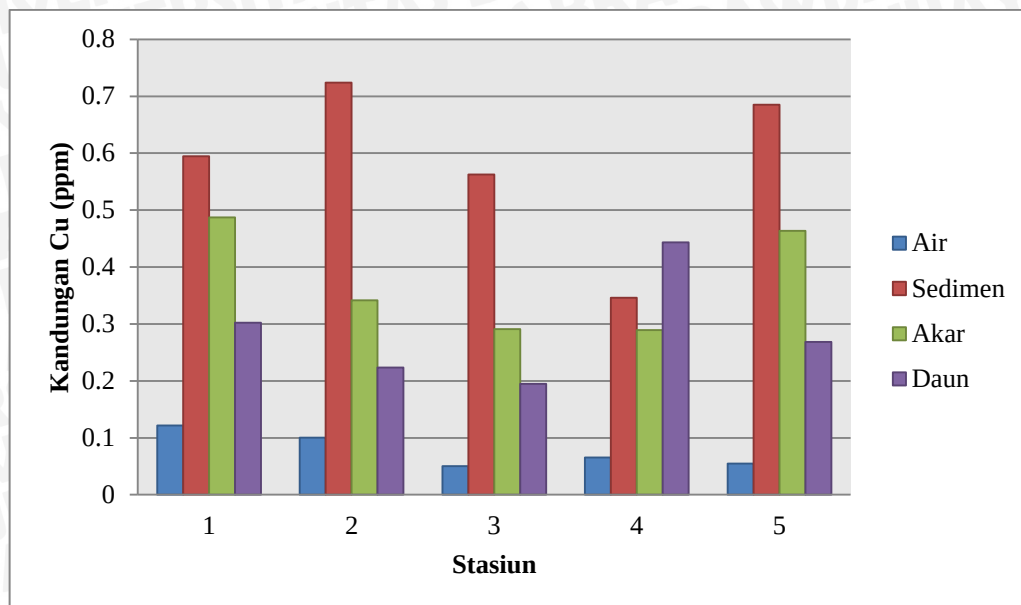
Dari ke 3 jenis mangrove yang telah dihitung kerapatan jenis dan kerapatan jenis relatifnya, mangrove jenis *Avicennia marina* yang paling banyak ditemukan di Pulau Sarinah. Dalam penelitian ini tidak ditemukan data awal penanaman mangrove di Pulau Sarinah, tidak menutup kemungkinan bahwa mangrove jenis *Avicennia marina* ini merupakan spesies yang paling banyak

ditanam pada saat pertama kali dilakukan penanaman mangrove di Pulau Sarinah. Hal ini juga bisa saja 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 Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu)

Hasil analisis kandungan logam berat Cu pada sampel air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia alba* terlampir pada Lampiran 3 yang diambil dari 5 stasiun dengan karakteristik kondisi lingkungan yang berbeda. Berikut data hasil pengukuran kadar logam berat dapat dilihat pada Gambar 7.

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh kadar logam berat Cu yang berbeda-beda baik pada sampel air, sedimen, maupun pada sampel akar dan daun mangrove *Avicennia alba* pada masing-masing stasiun. Terdapat perbedaan untuk stasiun 4 yaitu kadar logam berat Cu yang diperoleh pada daun lebih tinggi dari kadar logam berat Cu yang diperoleh pada akar, sedangkan di stasiun lainnya kadar logam berat Cu pada daun lebih rendah daripada di akar. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya pengaruh lingkungan di sekitar stasiun 4 yang cenderung lebih gersang dari stasiun lainnya. Namun, hal ini tidak dapat dijelaskan secara lebih detail atau lebih spesifik lagi dikarenakan pengambilan sampel tidak ada pengulangan untuk seluruh stasiun.



Gambar 7. Kadar Logam Berat Cu pada Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Avicennia alba*

4.4.1 Logam Berat Tembaga (Cu) di Air

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, didapatkan hasil rata-rata kandungan logam berat Cu berkisar antara 0,050 – 0,121 ppm. Kandungan logam berat Cu terendah yaitu pada stasiun 3 sebesar 0,050 ppm sedangkan yang tertinggi pada stasiun 1 sebesar 0,121 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. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa logam berat Cu belum melebihi batas kritis pada perairan Pulau Sarinah. Dalam pengendapan logam berat di air, parameter lingkungan seperti pH menjadi faktor penting. Tetapi terdapat faktor lain yang menyebabkan logam berat Cu di stasiun 1 lebih tinggi daripada stasiun lainnya. Seperti sumber penyebab terdapat logam berat Cu di perairan, proses pengadukan, maupun kedalaman serta dekat dengan dermaga penyebrangan.

Jika dilihat dari hasil yang didapat kandungan logam berat di air tidak setinggi sedimen, akar dan daun. Hal ini sesuai dengan penelitian Diliyana

(2008) bahwa 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.

4.4.2 Logam Berat Tembaga (Cu) di Sedimen

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, didapatkan hasil rata-rata kandungan logam berat Cu berkisar antara 0,346 – 0,723 ppm. Kandungan logam berat Cu terendah yaitu pada stasiun 4 sebesar 0,346 ppm sedangkan yang tertinggi pada stasiun 2 sebesar 0,723 ppm. Konsentrasi logam berat Cu pada setiap stasiun menunjukkan hasil konsentrasi yang tidak jauh berbeda dari setiap titik pengambilan sampel. Menurut Emiryati (2004) dalam Deri *et al.*, (2013) hal tersebut diakibatkan oleh perairan pada Pulau Sarinah adalah tipe semi tertutup yang terlindung oleh Pulau Sarinah sehingga sirkulasi yang terjadi hanya secara vertikal yang akan mendistribusikan unsur logam secara merata di perairan.

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. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa logam berat Cu belum melebihi batas kritis pada sedimen Pulau Sarinah. Perbandingan baku mutu logam berat pada sedimen terhadap lokasi tidak dibandingkan dengan dengan pedoman mutu yang dikeluarkan oleh Kementrian Lingkungan Hidup

karena sampai saat ini Indonesia belum mengatur batasan jumlah logam berat yang dianjurkan pada sedimen.

Kandungan logam berat di sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan air hal ini sesuai dengan pendapat Trisnawaty et al., (2013) bahwa tekstur sedimen juga mempengaruhi kadar logam berat yang terkandung dalam sedimen dimana sedimen dengan tekstur lempung berdebu lebih banyak terjadi pengendapan logam berat. Tekstur sedimen yang memiliki bentuk padat dan mudah mengikat logam berat dalam proses pengendapan. Menurut Setiawan (2013) logam berat yang masuk dalam lingkungan sebagian akan masuk ke terserap masuk ke dalam tanah (sedimen) dan sebagian akan masuk dalam sistem aliran sungai yang selanjutnya akan terbawa ke laut. Logam berat yang masuk dalam ekosistem laut akan mengendap ke dasar perairan dan terserap dalam sedimen, sehingga biasanya kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air.

4.4.3 Logam Berat Tembaga (Cu) di Akar

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, didapatkan hasil rata-rata kandungan logam berat Cu berkisar antara 0,289 – 0,487 ppm. Kandungan logam berat Cu terendah yaitu pada stasiun 4 sebesar 0,289 ppm sedangkan yang tertinggi pada stasiun 1 sebesar 0,487 ppm. Menurut penelitian yang dilakukan Erfandi (2013) dalam Alloway (1995) batas kritis logam berat Cu pada tanaman adalah sebesar 20-100 ppm. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa logam berat Cu belum melebihi batas kritis pada tanaman mangrove *Avicennia alba* di Pulau Sarinah. *Avicennia alba* merupakan salah satu spesies dari genus *Avicennia* sp. Yang dikenal memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Cu pada akar. Menurut Deri et al., (2013) *Avicennia* sp. adalah satu spesies mangrove yang mampu menyerap logam berat Cu melalui akarnya.

Menurut Heriyanto dan Subiandono (2011) 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. Hal ini sesuai dengan pendapat Mulyadi (2009) bahwa secara umum mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampungan terakhir bagi limbah dari aktivitas perkotaan yang terbawa aliran sungai. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukan limbah. Mangrove alam berperan efektif dalam melindungi pantai dari tekanan alam dan erosi.

4.4.4 Logam Berat Tembaga (Cu) di Daun

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, didapatkan hasil rata-rata kandungan logam berat Cu berkisar antara 0,194 – 0,443 ppm. Kandungan logam berat Cu terendah yaitu pada stasiun 3 sebesar 0,194 ppm sedangkan yang tertinggi pada stasiun 4 sebesar 0,443 ppm. Menurut penelitian yang dilakukan Erfandi (2013) dalam Alloway (1995) batas kritis logam berat Cu pada tanaman adalah sebesar 20-100 ppm. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Amin (2001) tumbuhan *Avicennia sp.* mampu mengakumulasi logam berat Cu di bagian daun baik daun muda maupun daun tua. Cu juga sangat berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat proses fotosintesis (Kamaruzzaman *et al.*, 2008).

Menurut Moenir (2010) translokasi logam dari akar kebagian – bagian tanaman yang lain dilakukan setelah logam berat masuk di dalam akar tanaman untuk selanjutnya didistribusikan kebagian – bagian tanaman yang lain (batang dan daun) melalui jaringan pengangkut (xylem dan floem). Hal ini sesuai dengan

pendapat 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.

4.4.5 Akumulasi Tembaga (Cu) dalam Akar dan Daun *Avicennia alba*

Hasil analisis hubungan kandungan logam berat yang diakumulasi oleh akar dan daun *Avicennia alba* dengan ANOVA satu arah menggunakan software SPSS (Statistical Product and Service Solution) 16.0 didapatkan hasil F hitung sebesar 2,117 sedangkan F tabel sebesar 0,184 (Sig. 0,05) maka F hitung > F table yang berarti H_0 ditolak. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan antara kandungan logam berat yang terakumulasi di akar dan daun mangrove *Avicennia alba* pada setiap stasiun. Hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.5 Perbandingan Kandungan Tembaga (Cu)

Mengetahui akumulasi logam berat Cu dalam *Avicennia alba* dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam berat yang terdapat pada sedimen, akar dan daun mangrove dapat dilihat pada Lampiran 5 yang dikenal dengan BCF. TF merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung proses perpindahan/translokasi logam berat pada daun dibagi dengan konsentrasi logam berat pada akar (MacFarlane *et al.*, 2007).

Pada dasarnya tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat dan hal ini berkaitan dengan tujuan fitostabilisasi. BCF dan TF bisa digunakan untuk menduga tumbuhan yang bisa dijadikan sebagai fitoremediator (Hamzah dan Setiawan, 2010). Untuk nilai FTD pada hasil penelitian ini diperoleh nilai minus untuk stasiun 2, stasiun 3 dan stasiun 4. Hal ini disebabkan karena pada stasiun-stasiun tersebut laju penyerapan sedimen ke akar lebih besar dari laju penyerapan akar ke daun sehingga logam berat Cu yang dibuang lebih

banyak dari pada yang diakumulasi. Data hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat

Stasiun	BCF	TF	FTD
1	0,819	0,620	0,199
2	0,471	0,653	-0,181
3	0,517	0,669	-0,151
4	0,835	1,532	-0,696
5	0,676	0,578	0,097

Keterangan :

- BCF : *Bioconcentration Factor* yaitu perbandingan kandungan logam berat antara akar dengan sedimen
- TF : *Translocation Factor* yaitu perbandingan kandungan logam berat antara daun dengan akar
- FTD : Fitoremediasi yaitu selisih antara BCF dengan TF

4.5.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Berdasarkan Tabel 1, nilai BCF pada kelima stasiun berkisar antara 0,471-0,835 ppm menunjukkan bahwa tanaman mangrove *Avicennia alba* memiliki kemampuan sebagai akumulator sedang dalam menyerap logam berat Cu. Menurut Malayeri *et al.*, (2008) bahwa nilai BCF 1-10 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator tinggi, 0,1-1 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator sedang, 0,01-0,1 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator rendah dan <0,01 menunjukkan tanaman tergolong non akumulator.

4.5.2 Faktor Translokasi (TF)

Faktor Translokasi (TF) pada kelima stasiun berkisar antara 0,578 - 1,532 ppm dengan rata – rata sebesar 0,814 ppm yang dapat dilihat pada Tabel 1, maka dapat dikatakan bahwa mangrove *Avicennia alba* belum termasuk dalam tumbuhan hiperakumulator untuk logam berat Cu. Menurut Siahaan *et al.*, (2013)

bahwa untuk menjadi tumbuhan hiperakumulator besar faktor translokasi harus lebih dari satu ($TF > 1$). Kariada dan Irsadi (2014) dalam penelitiannya menyampaikan bahwa mangrove bukan saja mampu tumbuh di tanah dengan konsentrasi unsur beracun yang tinggi, tetap mereka juga mengumpulkan atau mengakumulasi unsur tersebut didalam batang dan daun dengan jumlah yang mungkin lebih tinggi dan mematikan bagi organisme hidup lainnya.

4.5.3 Faktor Fitoremediasi (FTD)

Nilai FTD yang didapatkan pada kelima stasiun ini berkisar antara -0,696 hingga 0,199 ppm yang dapat dilihat pada Tabel 1. Pada stasiun 2, 3, dan 4 nilai FTD diperoleh negatif dikarenakan nilai TF lebih tinggi daripada nilai BCF. Namun pada stasiun 1 dan 5 nilai FTD diperoleh positif dikarenakan nilai TF lebih rendah daripada nilai BCF. Menurut pendapat Yoon *et al.*, (2006) menyatakan bahwa fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara nilai BCF dan TF. FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah. Puspita *et al.*, (2013) menambahkan bahwa rendahnya nilai FTD menunjukkan tingkat efektifitas bokonsentrasi logam oleh akar dan translokasi logam dari akar ke daun yang berimbang.

4.6 Parameter Kualitas Air

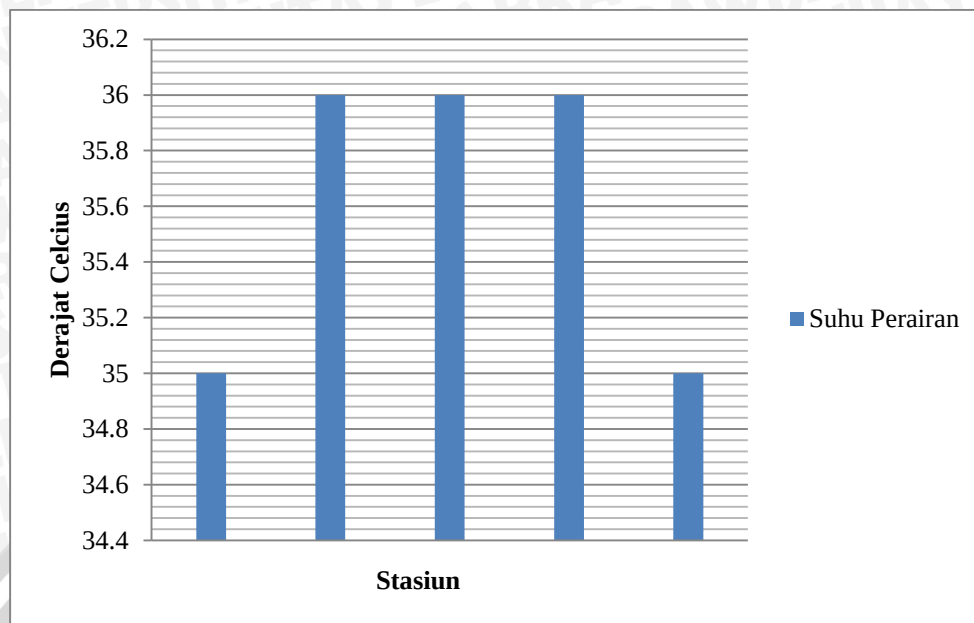
Data kualitas air yang diukur pada kawasan mangrove Pulau Sarinah selama penelitian yaitu parameter fisika (suhu dan salinitas) dan parameter kimia (pH dan DO). Pengukuran dilakukan sebanyak 1 kali di setiap 1 stasiun atau tidak ada pengulangan pengambilan sampel. Hasil pengamatan kualitas air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Kualitas Air

Stasiun	Suhu (°C)	pH	Salinitas (‰)	DO (mg/L)
1	35	7,5	24,20	8,5
2	36	6,5	24,39	8,4
3	36	7,8	25,17	8,2
4	36	7,4	25,50	8,6
5	35	7,6	25,33	8,4
Standar KLH (2004)	27 °C – 31 °C	6 - 8,5	33 ‰ - 44 ‰	> 5 mg/L

4.6.1 Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing stasiun didapatkan hasil suhu di perairan Pulau Sarinah yaitu berkisar antara 35 °C – 36 °C yang dapat dilihat pada Tabel 2. Pada stasiun 1 didapatkan suhu sebesar 35 °C. Pada stasiun 2 didapatkan suhu sebesar 36 °C. Pada stasiun 3 didapatkan suhu sebesar 36 °C. Pada stasiun 4 didapatkan suhu sebesar 36 °C. Pada stasiun 5 didapatkan suhu sebesar 35 °C.



Gambar 8. Grafik Rata-rata Suhu Perairan di Pulau Sarinah

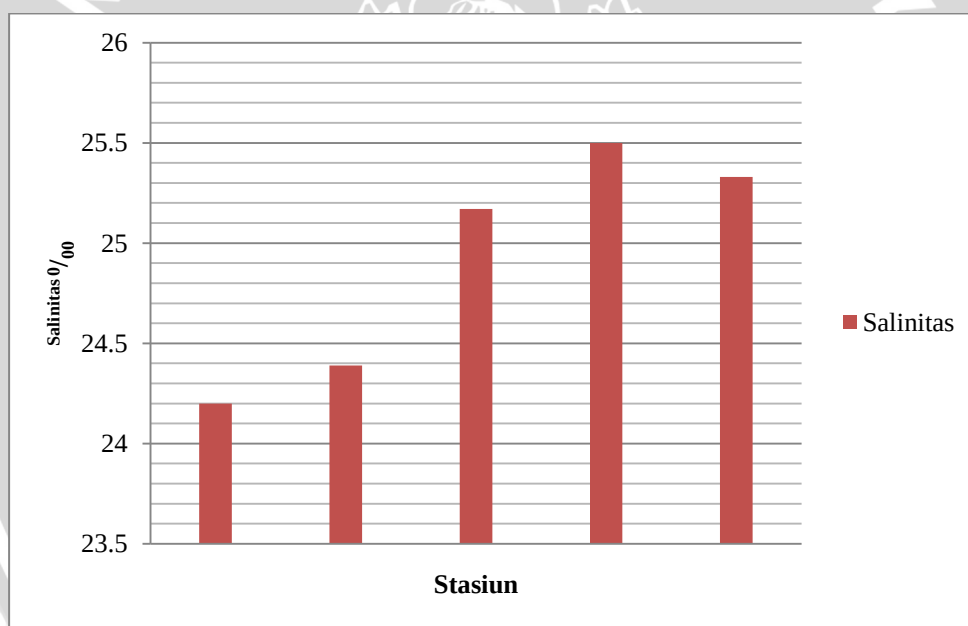
Pengukuran suhu terendah selama pengamatan yaitu stasiun 1 dan stasiun 5 sebesar 35 °C dan pengukuran tertinggi yaitu pada stasiun 2, stasiun 3 dan stasiun 4 sebesar 36 °C. Suhu tinggi disebabkan karena intensitas cahaya yang masuk di daerah ini tinggi dan proses pengambilan sampel yang sudah beranjak siang. Nilai baku mutu suhu perairan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup yaitu berkisar antara 27 °C – 31 °C, jika dibandingkan dengan rata-rata suhu perairan di Pulau Sarinah, Muara Sungai Porong pada setiap stasiun dapat diambil kesimpulan bahwa nilai suhu yang diukur pada lokasi penelitian sudah diatas baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia Nomor 51 Tahun 2004.

Menurut Apriadi (2005) 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.

4.6.2 Salinitas

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing stasiun didapatkan hasil salinitas di perairan Pulau Sarinah yaitu berkisar antara 24,20‰ - 25,50‰ yang dapat dilihat pada Tabel 2. Pada stasiun 1 didapatkan salinitas sebesar 24,20‰. Pada stasiun 2 didapatkan salinitas sebesar 24,39‰. Pada stasiun 3 didapatkan salinitas sebesar 25,17‰. Pada stasiun 4 didapatkan salinitas sebesar 25,50‰. Pada stasiun 5 didapatkan salinitas sebesar 25,33‰.



Gambar 9. Grafik Rata-rata Salinitas Perairan di Pulau Sarinah

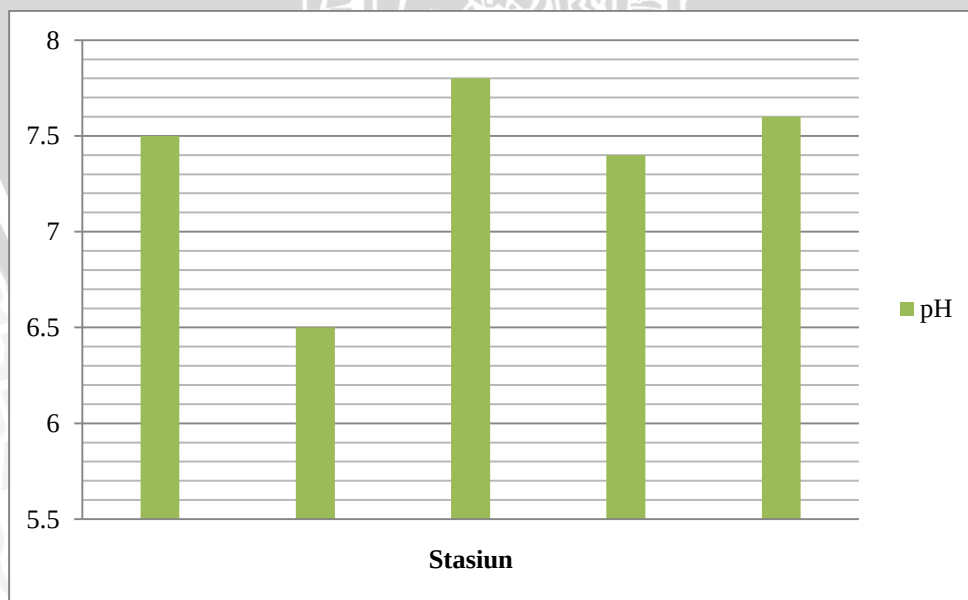
Pengukuran salinitas terendah selama pengamatan yaitu stasiun 1 sebesar 24,20‰ dan pengukuran tertinggi yaitu pada stasiun 4 sebesar 25,50‰. Berdasarkan baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, salinitas yang baik untuk biota laut berkisar antara 33-34‰. Pada lokasi penelitian

didapatkan rata-rata sebesar 24,91‰ yang berada di muara sungai sehingga salinitas yang didapatkan semakin kecil karena masukan air tawar dari sungai menyebabkan rendahnya salinitas dibandingkan dengan laut lepas.

Salinitas 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 toksisitas logam berat semakin menurun (Darmono, 2001).

4.6.3 Derajat Keasaman

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing stasiun didapatkan hasil pH di perairan Pulau Sarinah yaitu berkisar antara 6,5-7,8 yang dapat dilihat pada Tabel 2. Pada stasiun 1 didapatkan pH sebesar 7,5. Pada stasiun 2 didapatkan pH sebesar 6,5. Pada stasiun 3 didapatkan pH sebesar 7,8. Pada stasiun 4 didapatkan pH sebesar 7,4. Pada stasiun 5 didapatkan pH sebesar 7,6.



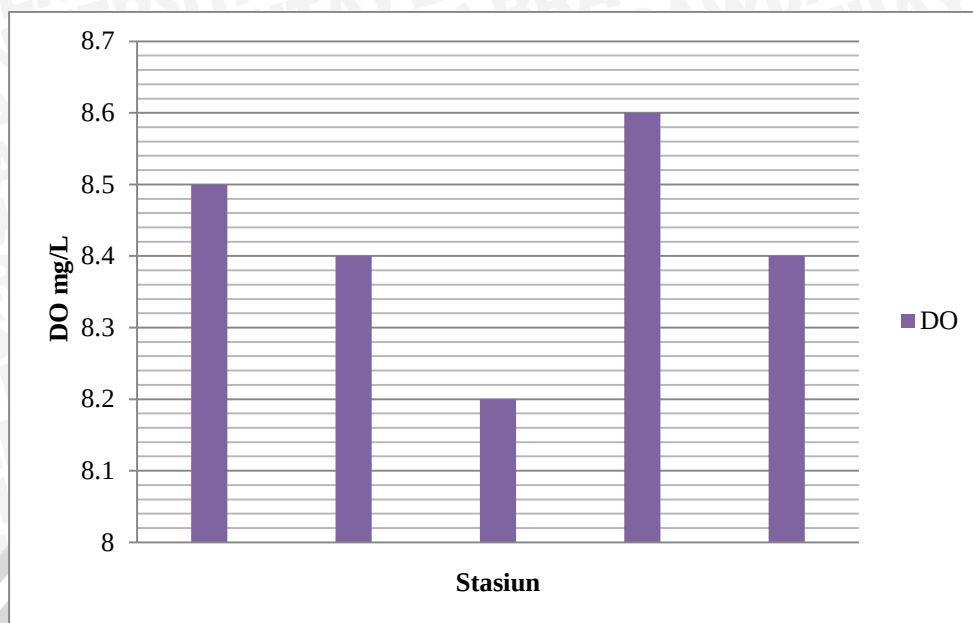
Gambar 10. Grafik Rata-rata pH Perairan di Pulau Sarinah

Pengukuran pH terendah selama pengamatan yaitu stasiun 2 sebesar 6,5 dan pengukuran tertinggi yaitu pada stasiun 3 sebesar 7,8. Berdasarkan baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, pH yang baik untuk biota laut berkisar antara 7-8,5. Pada lokasi penelitian didapatkan rata-rata sebesar 7,3. Jika dibandingkan lokasi penelitian pada setiap stasiun dengan baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi pH pada setiap stasiun masih dalam kondisi yang baik untuk biota laut.

Menurut Prescott (2005) dalam Sa'ban *et al.*, (2013) 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 di perairan tersebut.

4.6.4 Oksigen Terlarut

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing stasiun didapatkan hasil DO di perairan Pulau Sarinah yaitu berkisar antara 8,2-8,6 mg/L yang dapat dilihat pada Tabel 2. Pada stasiun 1 didapatkan DO sebesar 8,5 mg/L. Pada stasiun 2 didapatkan DO sebesar 8,4 mg/L. Pada stasiun 3 didapatkan DO sebesar 8,2 mg/L. Pada stasiun 4 didapatkan DO sebesar 8,6 mg/L. Pada stasiun 5 didapatkan DO sebesar 8,4 mg/L.



Gambar 11. Grafik Rata-rata DO Perairan di Pulau Sarinah

Pengukuran pH terendah selama pengamatan yaitu stasiun 3 sebesar 8,2 mg/L dan pengukuran tertinggi yaitu pada stasiun 4 sebesar 8,6 mg/L. Berdasarkan baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, DO yang baik untuk biota laut berkisar < 5 mg/L. Pada lokasi penelitian didapatkan rata-rata DO sebesar 8,4 mg/L. Jika dibandingkan lokasi penelitian pada setiap stasiun dengan baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, maka dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi DO pada setiap stasiun masih dalam kondisi yang baik untuk biota laut.

Rendahnya kadar oksigen diperairan juga dipengaruhi oleh suhu perairan. Dimana kenaikan suhu dapat menyebabkan turunnya nilai oksigen terlarut di perairan karena tingginya suhu menyebabkan aktifitas metabolisme dan respirasi organisme tinggisehingga membutuhkan oksigen yang banyak (Sudirman dan Semedi, 2014).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Kandungan logam berat Cu di air, hasil rata-rata berkisar antara 0,050 – 0,121 ppm. Untuk kandungan logam berat Cu di sedimen, hasil rata-rata berkisar antara 0,346 – 0,723 ppm. Untuk kandungan logam berat Cu di akar, hasil rata-rata berkisar antara 0,289 – 0,487 ppm. Sedangkan untuk kandungan logam berat Cu di daun, hasil rata-rata berkisar antara 0,194 – 0,443 ppm.
- 2) Faktor biokonsentrasi (BCF) pada kelima stasiun berkisar antara 0,471-0,835 ppm menunjukkan bahwa tanaman mangrove *Avicennia alba* memiliki kemampuan sebagai akumulator sedang dalam menyerap logam berat Cu. Faktor translokasi (TF) pada kelima stasiun berkisar antara 0,578 - 1,532 ppm dengan rata – rata sebesar 0,814 ppm, maka dapat dikatakan bahwa mangrove *Avicennia alba* belum termasuk dalam tumbuhan hiperakumulator untuk logam berat Cu. Nilai fitoremediasi (FTD) yang didapatkan pada kelima stasiun ini berkisar antara -0,696 hingga 0,199 ppm.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai dasar informasi manajemen kawasan mangrove untuk pemerintah dan masyarakat sekitar bahwa kondisi Pulau Sarinah masih normal sehingga diperlukan adanya konservasi oleh pemerintah agar lingkungan di Pulau Sarinah tetap stabil dan terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, H. 2009. Kondisi Mangrove Pantai Timur Surabaya dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 Edisi Khusus. Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Surabaya
- 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): 80-86
- Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cr pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Arifin, Z., D. Fadhlina. 2009. Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, dan Zn dalam Sedimen dan Bioavailabilitas bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta. Jurnal Ilmu Kelautan. 14(1): 27-32
- Dahuri, R. 2003. Strategi Penelitian Estuari di Indonesia. Universitas Diponegoro. Semarang
- Darmono. 2001. Logam Dalam Sitem Makhluk Hidup. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta
- Deri., Emiryati, dan L. O. A. Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Haluleo. Kendari
- Dewi, L. R. 2012. Studi Tentang Luas dan Kerapatan Hutan Mangrove Menggunakan Landsat -7 ETM+ di Pesisir Jabon Kabupaten Sidoarjo. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.
- Diliyana, Y. F. 2008. Studi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Sekitar Perairan Rejoso Kabupaten Pasuruan. Skripsi. Universitas Negeri Islam Malang (UIN): Malang
- Effendi, H. 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. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Erwiyansyah, M.J., B. Guritno., Karuniawan P.W. 2015. Studi Pengaruh Campuran Lumpur Lapindo Sebagai Media Tanam Terhadap Kandungan Logam Berat dan Pertumbuhan Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). Jurusan

Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Jurnal Produksi Tanaman. 3(7): 590-599

Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Yogyakarta: Kanisius.

Fitriyah, A.W., Utomo Y., Kusumaningrum I.K. 2013. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Airdan Sedimendi Sungai Surabaya. Jurusan Kimia. FMIPA. Universitas Negeri Malang. Malang

Hamzah, F., A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. FPIK-IPB: Bogor

Handayani, Titin. 2006. Bioakumulasi Logam Berat Dalam Mangrove *Rhizopora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. Balai Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta

Harlyan, L.I., Syarifah, H.J.S. 2015. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn pada Air dan Sedimen Permukaan Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. Jurnal Perikanan dan Kelautan. ISSN 0853-7607

Harty, C. 1997. Mangroves in New South Wales and Victoria. Vista Publication, Melbourne, 47 pp.

Hemond, H. F., E. J. Fechner. 2000. Chemical Fate and Transport in the Environment. Elsevier. USA.

Heriyanto, N. M., Endro S. 2011. Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb, dan Cu) oleh Jenis – Jenis Mangrove. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. 8 (2): 177-188

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.

Kamaruzzaman, B. Y., M. C. Ong., K. C. A. Jalal., S. Sahbudin, dan O. M. Nor. 2008. Accumulation of Lead and Copper in *Rhizopora apiculata* from Setiu Mangrove Forest, Terengganu, Malaysia. Journal of Environmental Biology: 821-824

Kamaruzzaman, B.Y., M.Z.R. Sharlinda, B.A. John., A.S. Waznah. 2011. Accumulation and Distribution of Lead and Copper in *Avicennia marina* and *Rhizopora apiculata* from Balok Mangrove Forest, Pahang, Malaysia. Sains Malaysiana. 40(6): 555-560

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., A. Irsadi. 2014. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. Jurnal Manusia dan Lingkungan. 21(2): 188-194

- Kepmen LH. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Tentang Baku Mutu Air Laut. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 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
- Kusumastuti, W., B. Hendrarto, dan D. Sutrisnanto. 2011. Evaluasi Lahan Basah Buatan Vegetasi Mangrove dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 9(2): 69-74
- MacFarlene, G. R., Koller, E. C., Blomberg, S. P. 2007. Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangrove: A Synthetis of Field-Based Studies. *Chemosphere*, pp 1454-1464
- 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 Scences*. 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)
- Misbahuddin, dan I. Hasan. 2013. Analisis Data dengan Penelitian Statistik. Bumi Aksara: Jakarta
- Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. 1(2): 115-123
- Muhaerin, Muri. 2008. Kajian Sumberdaya Ekosistem Mangrove Untuk Pengelolaan Ekowisata di Estuari Perancak, Jembrana, Bali. Skripsi. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Mulyadi, E., Laksmono, R., Aprianti, D. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Pencegah Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 1:33-40
- Murdiyanto, B. 2003. Mengenal, Memelihara dan Melestarikan Ekosistem Bakau. Proyek Pembangunan Masyarakat Pantai dan Pengelolaan Sumberdaya Perikanan. Direktorat Jendral Perikanan Tangkap. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. Hal 1-40.
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta Cetakan ke-3. 367hlm.
- Noor, Y.R., M. Khazali., I.N.N. Suryadiputra. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP. Bogor
- Nurry, A. and Anjasmara, I.M., 2014. Kajian Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Brantas Bagian Hilir Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal (Studi Kasus: Kali Porong, Kabupaten Sidoarjo). *Geoid*, 10(1), pp.70-74.

- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta
- Panjaitan, G. Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove. Skripsi. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Pemerintah Kabupaten Sidoarjo. 2012. Data Monografi Kabupaten Sidoarjo. www.sidoariokab.go.id. Diakses pada tanggal 21 Mei 2016
- Plantamor, 2012. Api-api putih. <http://www.plantamor.com>. Diakses tanggal 15 Maret 2016 pukul 17.57 WIB
- Puspita, A. D., A. Santoso, dan B. Yulianto. 2013. Studi Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Efeknya terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. 3(1): 44-53
- Rahman, F., Saraswati, D. and Prasetya, E., 2014. Efektifitas Jerami Dalam Menyerap Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Air Di Embung Piloliyanga. *KIM Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan*. 2(3).
- Rodtassana, C., S. Poungharn. 2012. Quantitative Analysis of the Root System of *Avicennia Alba* Based On The Pipe Model Theory. *Science Asia* 38(2012): 414-418
- Rusila Noor, Y., M. Khazali, I.N.N. Suryadiputra. 1999. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKAWI-IP. Bogor.
- Sa'ban, M. Ramli, dan W. Nurgaya. 2013. Produksi dan Laju Dekomposisi Seresah Mangrove dan Kelimpahan Plankton di Perairan Mangrove Teluk Moramo. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 3(12): 132-146
- Safar, G., W. P. P. Barus, I. A. Saputra., dan A. A. Jayanti, T. Hermoza. 2007. Modul: Metode Statistika II. Program Studi Statistika FMIPA, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Salmin, 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseanografi LIPI: Jakarta
- Sastrawijaya, A.T. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Jakarta: PT Rineka Cipta
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 7(1): 12-24
- Siahaan, M.T., A. Ambariyanto, dan B. Yulianto. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Klorofil, Kandungan Timbal (Pb) Pada Akar dan Daun, Serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. 2(2): 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
- Sudirman, N., S. Husrin. 2014. Status Baku Mutu Air Laut untuk Kehidupan Biota dan Indeks Pencemaran Perairan di Pesisir Cirebon pada Musim Kemarau. Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan. 6(2): 149-154
- Suhendrata, Toto. 2011. Kajian ekologi-ekonomi pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya wilayah peisisir kecamatan brebes kabupaten brebes jawa tengah. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sunaryo, A.I., 2013. Daya Serap Akar dan Daun Mangrove Terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 5(1), pp.1-5
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta
- Surbakti, P., 2011. Analisis Logam Berat Cadmium (Cd), Cuprum (Cu), Cromium (Cr), Ferrum (Fe), Nikel (Ni), Zinkum (Zn) Pada Sedimen Muara Sungai Asahan Di Tanjung Balai Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). USU : Medan
- Syafriotman, A. 2015. Biokonsentrasi Logam Berat Cu dan Pb pada Mangrove di Pulau Sarinah, Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya: Malang
- Triatmojo, S., Sihombing, D.T.H., Djojowidagdo, S. dan Wiradarya, T.R. 2014. BIOSORPSI DAN REDUKSI KROM LIMBAH PENYAMAKAN KULIT DENGAN BIOMASSA *Fusarium sp* DAN *Aspergillus niger*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 8(2), pp.70-81.
- Trisnawaty, F.N., Emiyati, La. O.A.A. 2013. Hubungan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) pada Sedimen dengan Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Sungai Tahi Ite Kecamatan Rarowatu Kabupaten Bombana. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 3(12): 60-80
- Wardhana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran lingkungan*. Andi offset. Yogyakarta
- Wiguna, I.P.A., Wahyudi C., dan A. Widodo. 2009. Penanggulangan Semburan Lumpur Lapindo. PSKB., LPPM. ITS: Surabaya
- 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]. Jakarta. Program Studi IlmuLingkungan Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia

Yoon, J., C. Xinde, Z. Qixing & L. Q. Ma. 2006. Accumulation of Pb, Cu and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *Sci. Total Environ.* 368(2-3): 456-464

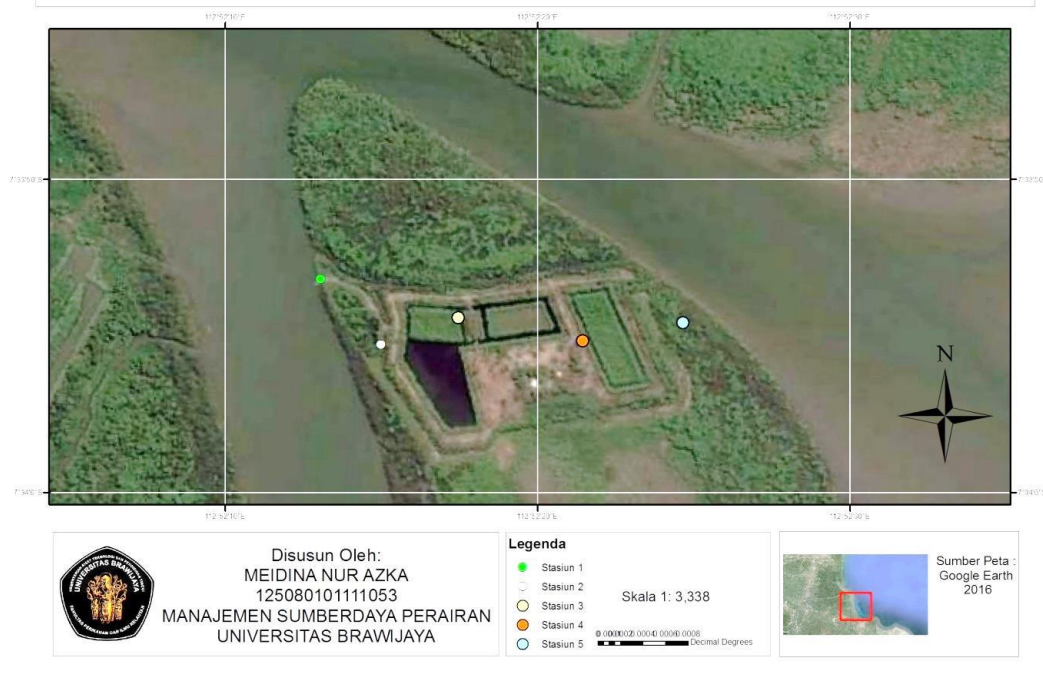
Yudhanegara, R.A. 2005. Penyerapan Unsur Logam Berat Pb dan Hg Oleh Eceng Gondok [*Eichnornia crassipes* (Mart) Solms] dan Kiapu (*Pistia stratiotes* Linn). Skripsi Departemen Konservasi Sumber Daya Hutan IPB. Bogor



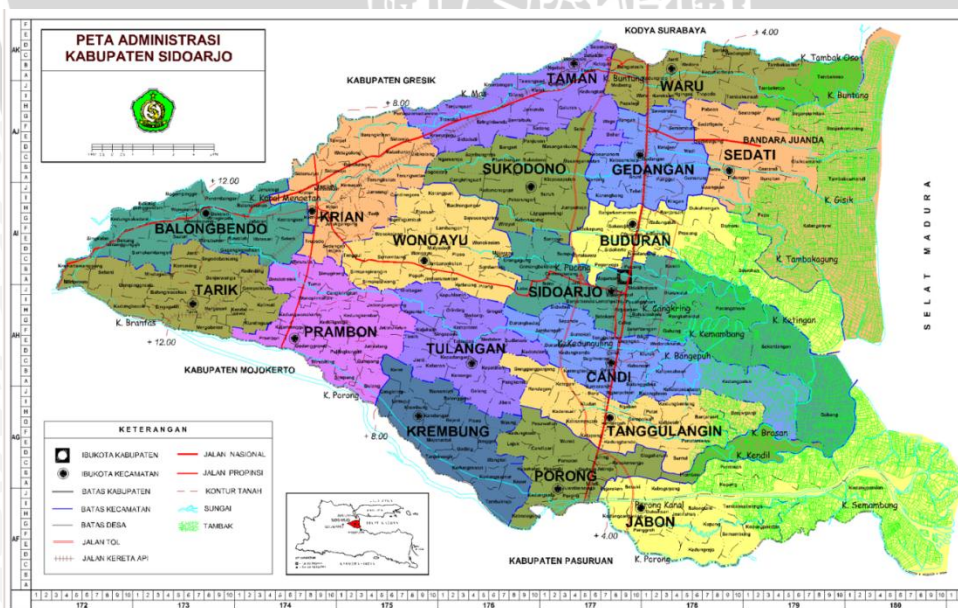
LAMPIRAN

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

Peta Lokasi Penelitian Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Porong, Sidoarjo



Sumber: Dokumen Pribadi, 2016



Sumber: <http://asmaulblue09.files.wordpress.com/2013/08/peta-sidoarjo.jpg>

Lampiran 2. Perhitungan Vegetasi Mangrove

Jenis	Stasiun	Pohon	Pancang	Semai
		Ind / 10m ²	Ind / 5m ²	Ind / 2m ²
<i>Avicennia alba</i>	1	5	5	-
	2	3	4	-
	3	4	6	1
	4	2	5	2
	5	5	5	3
<i>Avicennia marina</i>	1	4	4	-
	2	5	6	2
	3	5	7	3
	4	4	7	3
	5	2	3	2
<i>Sonneratia alba</i>	1	2	5	-
	2	-	-	-
	3	-	-	-
	4	-	-	-
	5	3	4	1

Sumber: Dokumen Pribadi, 2016

- *Avicennia alba* (Pohon): Kerapatan Jenis

$$D_i = \frac{N_i}{A}$$

$$= \frac{19 \text{ ind}}{500 \text{ m}^2}$$

$$= 0,038 \text{ ind/m}^2$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$RD_i = \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$= \frac{19 \text{ ind}}{44 \text{ ind}} \times 100\%$$

$$= 43,18\%$$

- *Avicennia alba* (Pancang): Kerapatan Jenis

$$D_i = \frac{N_i}{A}$$

$$= \frac{25 \text{ ind}}{125 \text{ m}^2}$$

$$= 0,2 \text{ ind/m}^2$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$RD_i = \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$= \frac{25 \text{ ind}}{61 \text{ ind}} \times 100\%$$

$$= 40,98\%$$

- *Avicennia alba* (Semai): Kerapatan Jenis

$$D_i = \frac{N_i}{A}$$

$$= \frac{6 \text{ ind}}{20 \text{ m}^2}$$

$$= 0,3 \text{ ind/m}^2$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$\begin{aligned} RD_i &= \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\% \\ &= \frac{6 \text{ ind}}{17 \text{ ind}} \times 100\% \\ &= 35,29\% \end{aligned}$$

- *Avicennia marina* (Pohon): Kerapatan Jenis

$$\begin{aligned} D_i &= \frac{N_i}{A} \\ &= \frac{20 \text{ ind}}{500 \text{ m}^2} \\ &= 0,04 \text{ ind/m}^2 \end{aligned}$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$\begin{aligned} RD_i &= \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\% \\ &= \frac{20 \text{ ind}}{44 \text{ ind}} \times 100\% \\ &= 45,45\% \end{aligned}$$

- *Avicennia marina* (Pancang): Kerapatan Jenis

$$\begin{aligned} D_i &= \frac{N_i}{A} \\ &= \frac{27 \text{ ind}}{125 \text{ m}^2} \\ &= 0,216 \text{ ind/m}^2 \end{aligned}$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$\begin{aligned} RD_i &= \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\% \\ &= \frac{27 \text{ ind}}{61 \text{ ind}} \times 100\% \\ &= 44,26\% \end{aligned}$$

- *Avicennia marina* (Semai): Kerapatan Jenis

$$D_i = \frac{N_i}{A}$$

$$= \frac{10 \text{ ind}}{20 \text{ m}^2}$$

$$= 0,5 \text{ ind/m}^2$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$RD_i = \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$= \frac{10 \text{ ind}}{17 \text{ ind}} \times 100\%$$

$$= 58,82\%$$

- *Sonneratia alba* (Pohon): Kerapatan Jenis

$$D_i = \frac{N_i}{A}$$

$$= \frac{5 \text{ ind}}{500 \text{ m}^2}$$

$$= 0,01 \text{ ind/m}^2$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$RD_i = \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\%$$

$$= \frac{5 \text{ ind}}{44 \text{ ind}} \times 100\%$$

$$= 11,36\%$$

- *Sonneratia alba* (Pancang): Kerapatan Jenis

$$D_i = \frac{N_i}{A}$$

$$= \frac{9 \text{ ind}}{125 \text{ m}^2}$$

$$= 0,072 \text{ ind/m}^2$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$\begin{aligned} RD_i &= \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\% \\ &= \frac{9 \text{ ind}}{61 \text{ ind}} \times 100\% \\ &= 14,75\% \end{aligned}$$

- *Sonneratia alba* (Semai): Kerapatan Jenis

$$\begin{aligned} D_i &= \frac{N_i}{A} \\ &= \frac{1 \text{ ind}}{20 \text{ m}^2} \\ &= 0,05 \text{ ind/m}^2 \end{aligned}$$

Kerapatan Jenis Relatif

$$\begin{aligned} RD_i &= \frac{\text{Jumlah tegakan jenis } i}{\text{Jumlah tegakan seluruh jenis}} \times 100\% \\ &= \frac{1 \text{ ind}}{17 \text{ ind}} \times 100\% \\ &= 5,88\% \end{aligned}$$

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 : Meidina Nur Azka	

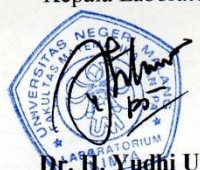
Nomor : 052/UN.32.3.7.3/LT/2016
 Nama Pemilik : Meidina Nur Azka
 NIM : 125080101111053
 Alamat : Jl. Veteran Malang – 65145
 Jenis contoh : Cair dan padat
 Tanggal Terima Sampel : 28 April 2016
 Tanggal Uji Sampel : 10 Mei 2016
 Metode Uji : AAS
 Kondisi khusus dari contoh : tidak ada
 Hasil Pengujian : 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 daun yang ditimbang telah dilarutkan dalam HNO ₃ hingga 50 mL • Prin screen analisis kadar Cu 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	Alba Daun 1	0,5012 g	0,3022	
7	Alba Daun 2	0,5011 g	0,2233	
8	Alba Daun 3	0,5006 g	0,1949	
9	Alba Daun 4	0,5003 g	0,4433	
10	Alba Daun 5	0,5003 g	0,2682	
11	Alba Akar 1	0,5004 g	0,4873	
12	Alba Akar 2	0,5008 g	0,3416	
13	Alba Akar 3	0,5004 g	0,2912	

	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 Halaman : 2-2 File : Meidina Nur Azka	
JUDUL LAPORAN HASIL PENGUJIAN		

1	2	3	5	6
14	Alba Akar 4	0,5004 g	0,2893	
15	Alba Akar 5	0,5011 g	0,4635	
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

Sumber: Dokumen Pribadi, 2016

Stasiun	Kadar Logam Berat Cu (ppm)			
	Air	Sedimen	Akar	Daun
1	0,121	0,594	0,487	0,302
2	0,100	0,723	0,341	0,223
3	0,050	0,562	0,291	0,194
4	0,065	0,346	0,289	0,443
5	0,054	0,685	0,463	0,268
Rata-rata	±0,078	±0,582	±0,374	±0,286

Sumber: Dokumen Pribadi, 2016

Lampiran 4. Analisis Data SPSS *one-way* ANOVA

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Perlakuan	Ulangan	LogamCu
N		10	10	10
Normal Parameters ^a	Mean	1.50	3.00	.330480
	Std. Deviation	.527	1.491	.1016123
Most Extreme Differences	Absolute	.329	.149	.210
	Positive	.329	.149	.210
	Negative	-.329	-.149	-.167
Kolmogorov-Smirnov Z		1.039	.471	.663
Asymp. Sig. (2-tailed)		.230	.980	.772

a. Test distribution is Normal.

Descriptives

LogamCu								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	5	.374580	.0947697	.0423823	.256908	.492252	.2893	.4873
2	5	.286380	.0968921	.0433315	.166073	.406687	.1949	.4433
Total	10	.330480	.1016123	.0321326	.257791	.403169	.1949	.4873

Test of Homogeneity of Variances

LogamCu			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.156	1	8	.703

ANOVA

LogamCu					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.019	1	.019	2.117	.184
Within Groups	.073	8	.009		
Total	.093	9			

Lampiran 5. Perhitungan Biokonsentrasi, Translokasi, dan Fitoremediasi

➤ Stasiun 1:

$$\begin{aligned} BCF \text{ Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}} \\ &= \frac{0,4873}{0,5945} \\ &= 0,8196 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF \text{ Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}} \\ &= \frac{0,3022}{0,4873} \\ &= 0,6201 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FTD &= BCF - TF \\ &= 0,8196 - 0,6201 \\ &= 0,1995 \end{aligned}$$

➤ Stasiun 2:

$$\begin{aligned} BCF \text{ Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada sedimen}} \\ &= \frac{0,3416}{0,7238} \\ &= 0,4719 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF \text{ Cu} &= \frac{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada daun}}{(\text{Logam berat Cu}) \text{ pada akar}} \\ &= \frac{0,2233}{0,3416} \\ &= 0,6536 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FTD &= BCF - TF \\ &= 0,4719 - 0,6536 \\ &= -0,1817 \end{aligned}$$

➤ Stasiun 3:

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

$$= \frac{0,2912}{0,5625}$$

$$= 0,5176$$

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

$$= \frac{0,1949}{0,2912}$$

$$= 0,6692$$

$$FTD = BCF - TF$$

$$= 0,5176 - 0,6692$$

$$= -0,1516$$

➤ Stasiun 4:

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

$$= \frac{0,2893}{0,3462}$$

$$= 0,8356$$

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

$$= \frac{0,4433}{0,2893}$$

$$= 1,5323$$

$$FTD = BCF - TF$$

$$= 0,8356 - 1,5323$$

$$= -0,6967$$

➤ Stasiun 5:

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

$$= \frac{0,4635}{0,6853}$$

$$= 0,6763$$

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

$$= \frac{0,2682}{0,4635}$$

$$= 0,5786$$

$$FTD = BCF - TF$$

$$= 0,6763 - 0,5786$$

$$= 0,0977$$

