

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA AKAR DAN
DAUN MANGROVE *Sonneratia caseoralis* DI KAWASAN MUARA SUNGAI
PORONG, JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh:

**YUNI ANDHIKA SARI
NIM. 125080100111035**



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

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA AKAR DAN
DAUN MANGROVE *Sonneratia caseoralis* DI KAWASAN MUARA SUNGAI
PORONG, 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 :
**YUNI ANDHIKA SARI
NIM.125080100111035**



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

SKRIPSI

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Sonneratia caseoralis* DI KAWASAN MUARA SUNGAI PORONG, JABON, SIDOARJO, JAWA TIMUR

Oleh:
YUNI ANDHIKA SARI
NIM. 125080100111035

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 27 Mei 2016
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. :
Tanggal :

Dosen Penguji I

Ir. Herwati Umi S, MS
NIP. 19520402 198003 2 001
Tanggal :

10 JUN 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Mulyanto, M. Si
NIP. 19600317 198602 1 001
Tanggal :

10 JUN 2016

Dosen Penguji II

Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng, D.Sc
NIP. 19790331 200501 1 003
Tanggal :

10 JUN 2016

Dosen Pembimbing II

Dr. Agus Maizar S. H., SPI, MP
NIP. 19720529 200312 1 001
Tanggal :

10 JUN 2016

Mengetahui
Ketua Jurusan MSP



Dr. Ir. Arning Wilijeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal :

10 JUN 2016



PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya 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 dalam 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, Mei 2016

Mahasiswa

YUNI ANDHIKA SARI
NIM. 125080100111035

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah rabbilalamin, puji dan syukur hanyalah patut disanjungkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Perikanan. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

- 1) Kedua orang tua tercinta Bapak Sunadi Al Saiful dan Ibu Sri Buwati atas doa, dukungan, serta nasehat yang tak pernah henti diberikan sehingga memberikan semangat dan motivasi besar bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi
- 2) Bapak Dr. Ir. Mulyanto, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi, MP selaku dosen pembimbing II atas ketersediaan waktu dan kesabarannya untuk membimbing, serta segala ilmu dan motivasi yang diberikan selama penulisan skripsi
- 3) Ibu Ir. Herwati Umi S., MS dan Bapak Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng, D.Sc selaku dosen penguji I dan II atas kritik dan saran yang diberikan
- 4) Kepala Koramil Jabon beserta staf selaku pendamping di lapang yang telah memberikan ijin untuk melaksanakan penelitian di daerah tersebut dan informasi-informasi yang diberikan terkait daerah penelitian
- 5) Tim mangrove "Siti Nafi'atul dan Nila Eva" yang bersama-sama menjalani suka maupun duka saat penelitian baik di lapang maupun dalam perjalanan pengerjaan skripsi hingga selesai
- 6) Para sahabat 7 icon (mbak erni, mbak nila, evvy, ais, mbak uul, anis) yang selalu sabar mendengar keluh kesah saya selama pengerjaan skripsi dan selalu menguatkan satu sama lain
- 7) Teman-teman saya Anam, Patar, Miftahudin yang telah dengan ikhlas membantu dalam pengambilan sampel di lapang serta teman-teman ARM'12 yang selama hampir 4 tahun selalu bersama-sama dan saling membantu
- 8) Partner terbaik saya "Denis Filandi" yang selalu ada untuk membantu dan selalu setia memotivasi serta memberikan masukan-masukan yang luar biasa membangun

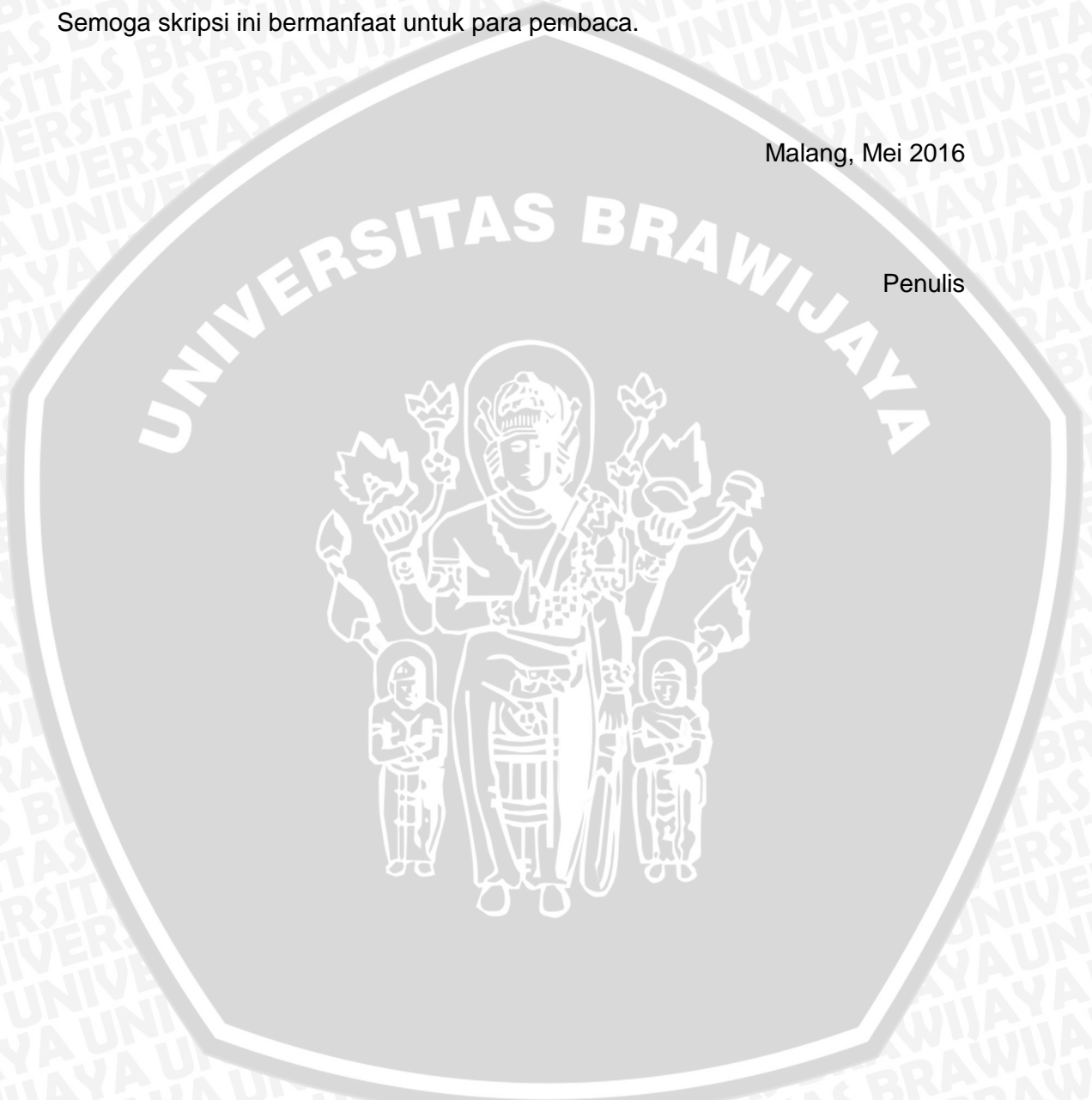
9) Teman-teman dibalik layar yang sukses membuat tertawa di tengah-tengah kesulitan saya (ravintalia, zandhi, bryan, vivin, healthy, izza, ainiyah)

10) Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuan, semangat hingga kelancaran proses penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat untuk para pembaca.

Malang, Mei 2016

Penulis



RINGKASAN

YUNI ANDHIKA SARI. Skripsi. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseoralis* di Kawasan Muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto, M.Si** dan **Dr. Asus Maizar S.H.,S.Pi, MP**)

Muara Sungai Porong adalah daerah sungai yang digunakan sebagai tempat pembuangan segala limbah dari berbagai kegiatan termasuk diantaranya buangan lumpur Lapindo. Kandungan logam berat yang terkandung tersebut antara lain Cu, Cd, Hg, Pb, dan Zn. Keberadaan logam berat terutama Cu menjadi salah satu penyebab meningkatnya kandungan Cu di muara Sungai Porong, yang selanjutnya berpengaruh terhadap organisme di sekitarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui (1) kandungan logam berat Cu yang terakumulasi pada air, sedimen, akar, dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* dan (2) kemampuan mangrove *Sonneratia caseoralis* sebagai fitoremediator.

Penelitian ini dilakukan di kawasan mangrove muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo pada bulan Februari - Maret 2016. Dalam penelitian ini digunakan metode survey secara langsung ke beberapa titik pengambilan sampel. Pengambilan sampel air, sedimen, akar, dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* diambil dari tiga stasiun. Sampel air diambil sebanyak 600ml, sedimen 200gr, akar 200gr, dan daun ± 20 lembar, kemudian diukur kandungan logam berat Cu nya menggunakan AAS (Atomic Absorbtion Spectrophotometri) serta parameter kualitas air berupa derajat keasaman, tekstur tanah, dan salinitas. Analisis data hasil penelitian ini menggunakan One Way Anova dan Independent T-test.

Hasil penelitian yang diperoleh untuk kualitas air diantaranya salinitas berkisar 2-3 ppt, tekstur tanah yaitu lempung berdebu, dan pH 6,88-6,98. Hasil rata-rata konsentrasi logam berat Cu yang terdapat di air sebesar 0,048 ppm, sedimen sebesar 0,995 ppm, akar *Sonneratia caseoralis* sebesar 0,297 ppm, dan daun *Sonneratia caseoralis* sebesar 0,097 ppm. Nilai rata-rata logam berat Cu di air telah melampaui ambang batas baku mutu sesuai KEPMENLH No.51 tahun 2004 yaitu sebesar $<0,008$ sedangkan logam berat Cu pada sedimen masih di bawah ambang batas baku mutu sesuai Reseau National d'Observation yaitu sebesar 5 ppm. Hasil perbandingan kandungan logam berat Cu pada tiap stasiun pada akar dan daun mangrove dianalisis menggunakan One Way Anova yang mendapatkan nilai probabilitas (sig) 0,006 pada akar dan 0,031 pada daun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai probabilitas yang diperoleh $<0,05$ yang berarti tolak H_0 , sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kandungan logam Cu pada akar dan daun mangrove pada masing-masing stasiun. Untuk perbedaan kemampuan akumulasi antara akar dan daun mangrove menggunakan Independent T-test yang didapatkan hasil nilai probabilitas 0,009 yaitu $< 0,05$ yang berarti tolak H_0 , sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan akumulasi logam Cu antara akar dan daun mangrove. Rata-rata nilai BioConcentration Factor (BCF) sebesar 0,307; Translocation Factor (TF) sebesar 0,344; dan Fitoremediation (FTD) sebesar -0,037. Berdasarkan hasil BCF dan FTD yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa *Sonneratia caseoralis* dapat digunakan sebagai tanaman akumulator logam berat Cu meskipun dikategorikan bersifat bioakumulator sedang dan dapat digunakan sebagai fitoremediasi khususnya fitostabilisasi.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan Judul “Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseoralis* Di Kawasan Muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur”. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari sebagai manusia mempunyai keterbatasan kemampuan, maka laporan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu berbagai saran dan kritik sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat memberikan informasi bagi semua pihak yang memerlukan. Semoga Allah selalu memberikan kemudahan kepada kita untuk mencari ilmu yang bermanfaat dan barokah. Amin.

Malang, Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Kegunaan Penelitian.....	6
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian	6
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Logam Berat.....	7
2.1.1 Pengertian Logam Berat.....	7
2.1.2 Logam Berat Tembaga	9
2.1.3 Pencemaran Logam Berat di Perairan dan Sedimen.....	12
2.2 Ekosistem Mangrove	14
2.2.1 Pengertian dan Fungsi Mangrove.....	14
2.2.2 Deskripsi dan Klasifikasi Mangrove <i>Sonneratia caseoralis</i>	15
2.3 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pada Mangrove.....	18
2.4 Fitoremediasi.....	20
2.5 Parameter Kualitas Air.....	23
2.5.1 Salinitas	23
2.5.2 Tekstur Substrat.....	23
2.5.3 Derajat Keasaman	24
3. METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Materi Penelitian.....	26

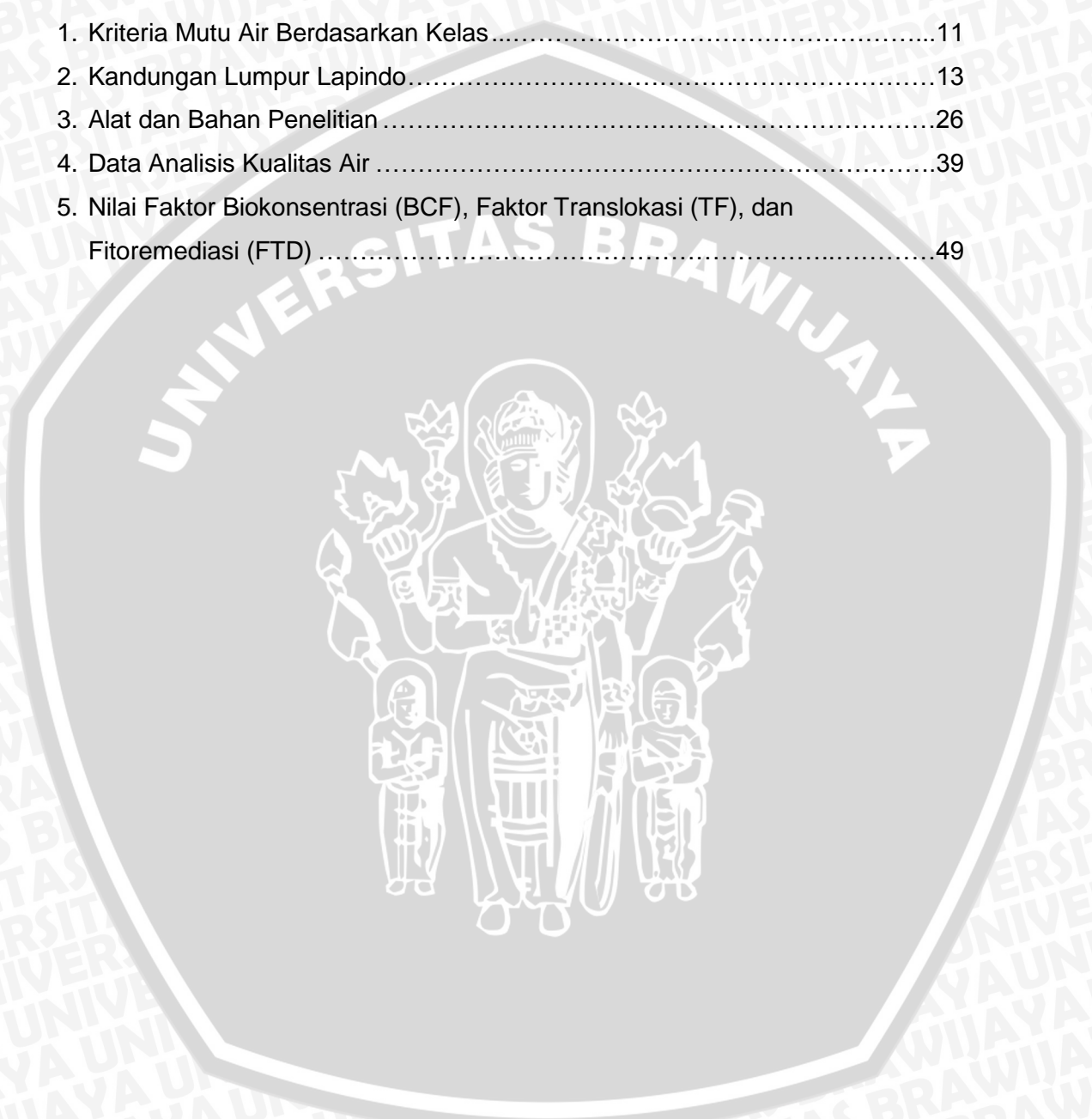
3.2 Alat dan Bahan	26
3.3 Penetapan Stasiun Pengamatan	27
3.4 Prosedur Pengambilan Sampel	27
3.4.1 Sampel Air	27
3.4.2 Sampel Sedimen	28
3.4.3 Sampel Mangrove <i>Sonneratia caseoralis</i>	28
3.5 Analisis Konsentrasi Cu	28
3.5.1 Analisis Konsentrasi Cu pada Air	29
3.5.2 Analisis Konsentrasi Cu pada Sedimen	29
3.5.3 Analisis Konsentrasi Cu pada Akar dan Daun	30
3.6 Analisis Kualitas Air	31
3.6.1 Salinitas	31
3.6.2 Tekstur Substrat	31
3.6.3 Derajat Keasaman	32
3.7 Analisis Data	32
3.7.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	32
3.7.2 Faktor Translokasi (TF)	33
3.7.3 Fitoremediasi (FTD)	33
3.8 Analisis Statistik	34
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian	35
4.1.1 Deskripsi Stasiun 1	36
4.1.2 Deskripsi Stasiun 2	37
4.1.3 Deskripsi Stasiun 3	38
4.2 Analisis Kualitas Air	38
4.2.1 Salinitas	39
4.2.2 Tekstur Substrat	40
4.2.3 Derajat Keasaman	41
4.3 Hasil Analisis Logam Berat Cu	42
4.3.1 Logam Berat Cu pada Air	42
4.3.2 Logam Berat Cu pada Sedimen	44
4.3.3 Logam Berat Cu pada Akar Mangrove <i>Sonneratia caseoralis</i>	45
4.3.4 Logam Berat Cu pada Daun Mangrove <i>Sonneratia caseoralis</i>	47
4.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD)	49
4.4.1 Analisis Faktor Biokonsentrasi (BCF)	49
4.4.2 Analisis Faktor Translokasi (TF)	50
4.4.3 Analisis Fitoremediasi (FTD)	52
5. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53

5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	62



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas.....	11
2. Kandungan Lumpur Lapindo.....	13
3. Alat dan Bahan Penelitian.....	26
4. Data Analisis Kualitas Air.....	39
5. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD).....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Akar dan Batang <i>Sonneratia caseolaris</i>	16
2. Buah dan Daun <i>Sonneratia caseolaris</i>	18
3. Mekanisme Fitoremediasi.....	22
4. Segitiga Tekstur Tanah.....	24
5. Peta Lokasi Penelitian.....	36
6. Stasiun 1.....	37
7. Stasiun 2.....	37
8. Stasiun 3.....	38
9. Grafik Logam Berat Cu pada Air Sedimen, Akar dan Daun Mangrove <i>Sonneratia caseoralis</i>	42



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian.....	62
2. Hasil Pengukuran Analisis Logam Berat Cu pada Air, Sedimen, Akar, dan Daun Mangrove <i>Sonneratia caseoralis</i>	63
3. Hasil Analisis Tekstur Tanah.....	64
4. Perhitungan BCF, TF, FTD.....	65
5. Hasil Analisis Perbandingan Kadar Logam Cu pada Akar dan Daun Mangrove <i>Sonneratia Caseoralis</i> Tiap Stasiun.....	68
6. Hasil Analisis Kadar Logam Cu pada Akar dan Daun Mangrove <i>Sonneratia Caseoralis</i>	69
7. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.....	70
8. Dokumentasi Penelitian.....	72



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Alam semesta kaya akan kandungan unsur-unsur kimia. Hingga saat ini, unsur-unsur kimia berjumlah sekitar 109 unsur di alam. Unsur kimia tersebut dikelompokkan menjadi unsur logam, non logam, dan semi logam. Unsur logam adalah unsur yang memiliki sifat mengkilap dan umumnya merupakan penghantar panas yang baik. Unsur logam terbagi menjadi 2 yaitu logam berat dan logam ringan (Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

Logam berat ialah benda padat atau cair yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 . Logam berat merupakan salah satu jenis pencemar yang banyak ditemukan pada ekosistem mangrove. Berbagai jenis logam tersebut diantaranya Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd (Hastuti *et al.*, 2013). Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dibedakan dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun, contoh adalah Zn, Cu, Fe, Co dan Mn. Jenis kedua adalah logam berat tidak esensial dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun seperti Hg, Pb, Cd, Cr (Novitriani dan Meti, 2013).

Logam berat Cu adalah logam berat yang bersifat esensial yang berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Cu memiliki nomor atom 29 dengan berat atom 63,546. Konsentrasi alami Cu di dalam kerak bumi adalah 50 mg/kg dan dalam lingkungan air kurang dari 0,002 mg/l. Unsur Cu terdapat pada lingkungan secara alamiah dan non alamiah. Secara alamiah Cu bersumber pada pengikisan (erosi) batuan mineral dan debu atau partikulat lapisan udara yang dibawa turun oleh air hujan. Sumber Cu non alamiah bersumber dari

aktivitas manusia seperti kegiatan rumah tangga, kegiatan industri, pertambangan Cu, maupun industri galangan kapal beserta kegiatan pelabuhan yang merupakan salah satu jalur mempercepat terjadinya peningkatan Cu dalam perairan (Effendi, 2003; Palar, 2012).

Keberadaan unsur Cu di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan. Cu dalam bentuk bebas dapat membentuk kompleks dengan bahan organik maupun anorganik, biasanya unsur alam yang paling kuat membentuk kompleks dengan Cu adalah ammonia, piridine, dan ethilendiamine. Salah satu karakteristik Cu, bila membentuk kompleks dengan unsur lain akan mudah mengendap pada sedimen. Cu dalam bentuk ion hidrogen (CuOH^+ ; $\text{Cu}_2\text{OH}_2^{2+}$) merupakan racun mematikan bagi ikan, terlebih dalam bentuk Cu^{2+} (More dan Ramamoorthy, 1984; Afriansyah, 2009). Menurut Palar (2004) pada konsentrasi 0,01 ppm fitoplankton akan mati karena Cu menghambat aktivitas enzim dalam pembelahan sel fitoplankton. Konsentrasi Cu dalam kisaran 2,5-3,0 ppm dalam badan perairan akan membunuh ikan-ikan. Pada tumbuhan secara umum, logam Cu memegang peranan penting dalam pertumbuhannya, yaitu sebagai aktivator enzim. Kekurangan logam Cu mengakibatkan tumbuhan berdaun kecil dan berwarna kuning, bahkan efek lanjutannya mengakibatkan tumbuhan gagal memproduksi bunga (Purwiyanto, 2013).

Logam berat Cu masuk ke dalam organisme dengan berbagai cara yaitu masuk melalui saluran pernafasan (insang), saluran pencernaan (usus, hati, ginjal), melalui rantai makanan, dan melalui penetrasi kulit. Logam berat di air menimbulkan terjadinya proses akumulasi di tubuh organisme seperti terjadinya akumulasi pada daging ikan. Akumulasi biologis dapat terjadi melalui penyerapan langsung terhadap logam berat yang ada di dalam air. Akumulasi juga terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks

dengan zat-zat organik yang ada di dalam tubuh organisme (Yulaipi dan Aunurohim, 2013).

Kawasan muara sungai adalah daerah perairan yang berpotensi sebagai pusat akumulasi segala macam limbah yang berasal dari masukan berbagai kegiatan. Pemanfaatan daerah pesisir muara sungai sebagai pusat permukiman, kawasan industri, jalur transportasi, tempat rekreasi dan tempat pembuangan limbah, mengancam keberlanjutan ekosistem tersebut dalam menopang kehidupan di atasnya, manusia, hewan dan tumbuhan. Di beberapa daerah, kondisi ekosistem daerah pesisir muara sungai sudah sangat mengkhawatirkan, terutama pada daerah padat industri dan perkotaan yang padat penduduk (Kartikasari *et al.*, 2002).

Salah satu daerah muara sungai yang mengkhawatirkan adalah muara Sungai Porong. Sungai ini menjadi tempat pembuangan segala limbah dari berbagai kegiatan, masukan limbah yang cukup tinggi adalah pembuangan lumpur Lapindo. Kandungan logam berat yang terkandung dalam lumpur Lapindo diantaranya Cu, Cd, Hg, Pb, dan Zn (Juniawan *et al.*, 2013). Keberadaan logam berat terutama Cu yang terbawa oleh buangan lumpur Lapindo menjadi salah satu penyebab meningkatnya kandungan Cu di muara Sungai Porong. Peningkatan kadar Cu dalam perairan akan berdampak pada biota di sekitar perairan utamanya, biota yang hidup di daerah muara tersebut seperti tumbuhan mangrove.

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di estuari. Secara ekologis mangrove memiliki banyak fungsi sebagai tempat pemijahan ikan, penghasil sejumlah detritus, perangkap sedimen, pelindung pantai dari hempasan gelombang air laut serta menyerap kandungan logam berat yang berbahaya bagi kehidupan serta menyaring bahan pencemar (Deri *et al.*, 2013; Heriyanto dan Endro, 2011). Mangrove memiliki

keanekaragaman yang cukup tinggi. Beberapa jenis mangrove yang ada dan sering dijumpai di Indonesia adalah Family Rhizophoraceae terdiri dari *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, Family Sonneratiaceae terdiri dari *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris*, Family Avicenniaceae terdiri dari *Avicennia lanata*, *Avicennia marina* (Bengen, 2001). *Sonneratia caseolaris* merupakan salah satu jenis mangrove sejati. Mangrove ini banyak ditemui di sepanjang muara Sungai Porong. Mangrove *Sonneratia caseolaris* dikenal masyarakat dengan sebutan pedada atau bogem.

Pedada merupakan mangrove yang tumbuh di kawasan pesisir dengan adaptasi tinggi terhadap kondisi salinitas. Pedada adalah sejenis pohon penghuni rawa-rawa tepi sungai dan hutan bakau dengan pohon yang dapat mencapai 15-20 meter. Mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar berperan sebagai penampungan terakhir bagi limbah dari aktivitas perkotaan yang terbawa aliran sungai (Deri *et al.*, 2013). *Sonneratia caseolaris* memiliki beberapa manfaat diantaranya, sebagai bahan baku makanan atau minuman, sebagai fitoremediator di daerah pesisir khususnya fitostabilisasi, sebagai kayu bakar untuk rumah tangga, sebagai tanaman penyerap racun dan juga sebagai tanaman yang mampu mengakumulasi logam berat dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap logam berat, (Hamzah dan Yuli, 2013). Untuk itu mengetahui kandungan logam berat Cu pada mangrove *Sonneratia Caseolaris* dibutuhkan agar dapat dijadikan sebagai alat evaluasi lingkungan untuk mengontrol adanya buangan limbah lumpur lapindo serta kegiatan manusia yang ada di sekitar Kawasan muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur sehingga keberadaan sumberdaya di daerah sekitar kawasan tersebut tetap terjaga dari pencemaran logam berat.

1.2 Rumusan Masalah

Semburan lumpur Lapindo akibat kebocoran yang menyebabkan penggenangan kawasan pemukiman, pertanian, dan perindustrian memicu adanya upaya yang harus dilakukan sebagai usaha untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah kebijakan pembuangan limbah lumpur Lapindo langsung ke Sungai Porong. Kebijakan tersebut menimbulkan permasalahan baru yaitu pencemaran yang terjadi di Sungai Porong akibat kandungan logam berat yang dibawa oleh lumpur Lapindo diantaranya Cu, Cd, Hg, Pb, dan Zn. Logam Cu menyumbang masukan pencemaran cukup tinggi mencapai 24,5 ppm (UNDAG, 2006 dalam Juniawan *et al.*, 2013). Kandungan Cu yang tinggi khususnya di air dapat menyebabkan pencemaran terhadap sungai, tanah, dan organisme di sekitar aliran sungai. Salah satu organisme yang terkena dampak langsung adalah tanaman mangrove *Sonneratia caseolaris* yang terdapat di sekitar aliran Sungai Porong. Logam Cu dapat terakumulasi pada akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* karena sifatnya sebagai pollutant trap. Tingkat akumulasi logam Cu pada mangrove *Sonneratia caseolaris* dapat dijadikan sebagai bioindikator yang dapat digunakan sebagai acuan penanganan permasalahan pencemaran logam Cu. Oleh sebab itu, penelitian ini diperlukan untuk mengetahui antara lain

- 1) Bagaimana akumulasi logam berat Cu pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* ?
- 2) Bagaimana kemampuan mangrove *Sonneratia caseolaris* dalam mengakumulasi logam berat Cu ditinjau dari factor biokonsentrasi (BCF), factor translokasi (TF), dan nilai fitoremediasi (FTD) ?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan Cu pada akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris*, perairan serta sedimen di hutan mangrove kawasan muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengetahui kandungan logam Cu pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris*
- 2) Mengetahui kemampuan mangrove *Sonneratia caseolaris* dalam mengakumulasi logam berat Cu ditinjau dari factor biokonsentrasi (BCF), factor translokasi (TF), dan nilai fitoremediasi (FTD)

1.4 Kegunaan Penelitian

Adapun hasil penelitian ini dapat digunakan untuk meningkatkan pengetahuan peneliti serta menambah masukan ke Perguruan Tinggi mengenai kandungan logam berat Cu pada mangrove *Sonneratia caseoralis* yang terdapat di muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo serta dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi lingkungan untuk mengontrol adanya kegiatan manusia yang berada di sekitar muara Sungai Porong.

1.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2016 di ekosistem mangrove di kawasan muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Analisa kandungan logam berat Cu dilakukan di Laboratorium FMIPA Universitas Brawijaya, Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

2.1.1 Pengertian Logam Berat

Logam sendiri merupakan bahan atau zat murni organik dan anorganik yang berasal dari kerak bumi. Secara alami siklus perputaran logam adalah dari kerak bumi ke lapisan tanah, ke makhluk hidup, ke dalam air, selanjutnya mengendap dan akhirnya kembali ke kerak bumi lagi (Darmono. 1995). Logam terbagi menjadi dua yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat dapat didefinisikan sebagai unsur-unsur yang mempunyai nomor atom 22-92 dan terletak pada periode 4-7 pada susunan berkala Mendeleyev. Di muka bumi ini terdapat 80 jenis dari sejumlah 109 unsur kimia yang telah teridentifikasi ke dalam jenis logam berat. Keberadaan logam berat di muka bumi sangat berperan bagi makhluk hidup. Beberapa logam dibutuhkan dalam tubuh makhluk hidup yang turut mempengaruhi kerja enzim. Logam berat juga bermanfaat bagi biota air, beberapa logam berat bersifat esensial dan ada yang non esensial (Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

Logam berat ialah benda padat atau cair yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 , sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram adalah logam ringan. Dalam tubuh makhluk hidup logam berat termasuk dalam mineral "trace" atau mineral yang jumlahnya sangat sedikit. Beberapa mineral trace adalah esensial karena digunakan untuk aktivitas kerja sistem enzim misalnya seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), dan beberapa unsur lainnya seperti kobalt (Co), mangan (Mn), dan beberapa lainnya. Beberapa logam bersifat non-esensial dan bersifat toksik terhadap makhluk hidup misalnya: merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb) (Darmono, 2001).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dibedakan dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun, contoh adalah Zn, Cu, Fe, Co dan Mn. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun seperti Hg, Pb, Cd, Cr (Novitriani dan Meti, 2013).

Pada dasarnya, logam berat masih termasuk dalam golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lainnya hanya saja perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini masuk atau diberikan ke dalam tubuh organisme hidup. Semua logam berat dapat dikatakan sebagai bahan beracun yang akan meracuni makhluk hidup, akan tetapi adapula logam-logam yang dibutuhkan tubuh meskipun dalam jumlah yang sangat kecil (logam esensial) dimana apabila kebutuhan yang sangat kecil tersebut tidak terpenuhi dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan makhluk hidup. Bila logam-logam esensial yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan, maka berubah fungsinya menjadi racun (Fardiaz, 1992).

Dalam perairan, logam berat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik, sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Erlangga, 2007 dalam Afriansyah, 2009). Logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik di sungai ataupun laut akan dipindahkan dari badan airnya melalui beberapa proses yaitu : pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme perairan. Logam berat mempunyai 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 (Harahap, 1991 dalam Afriansyah, 2009).

2.1.2 Logam Berat Tembaga

Logam berat tembaga memiliki nama latin *cuprum*. Tembaga adalah logam merah muda, yang lunak dapat ditempa, dan liat. Tembaga dalam tabel periodik memiliki lambang Cu dengan nomor atom 29 dan memiliki massa atom standar 63,546. Logam Cu melebur pada 1038 °C dan memiliki titik didih pada suhu 2562 °C. Karena potensial elektroda standarnya positif (+0,34 V untuk pasangan Cu/Cu²⁺), ia tak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen ia bisa larut sedikit. Asam nitrat yang sedang pekatnya (8M) dengan mudah melarutkan tembaga (Haruna *et al.*, 2014).

Cu tergolong logam penghantar listrik yang baik setelah perak. Logam Cu banyak digunakan pada industri cat, insektisida, dan fungisida. Cu termasuk kedalam logam berat esensial walaupun bersifat toxic tetapi Cu masih dibutuhkan oleh tubuh dengan kandungan tertentu. Cu masuk dalam perairan melalui 2 proses yaitu alamiah dan non alamiah. Masuknya Cu ke perairan secara alamiah dapat melalui proses erosi batuan mineral dan melalui senyawa Cu yang ada di atmosfer yang turun bersama air hujan. Sedangkan masuknya Cu secara non alamiah yaitu akibat dari aktivitas manusia seperti buangan rumah tangga dan limbah industri seperti industri cat dan galangan kapal (Palar, 2004).

Cu mempunyai bentuk kristal yang berwarna kuning dan bila dilihat dengan mikroskop akan terlihat seperti coklat keabuan. Unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau dalam bentuk senyawa padat dalam bentuk mineral (Shindu, 2005). Secara kimia sifat Cu mempunyai bilangan valensi +1 dan +2. Logam Cu dan beberapa bentuk senyawanya seperti CuO, CuCO₃, Cu(OH)₂, dan Cu(CN)₂ tidak dapat larut dalam air dingin atau panas, namun dapat dilarutkan dalam asam. Logam Cu dapat dilarutkan dalam asam

sulfat (H_2SO_4) panas dan dalam larutan basa NH_4OH . Senyawa CuO dapat larut dalam NH_4Cl dan KCN . Secara fisika logam Cu digolongkan kedalam kelompok logam penghantar listrik, oleh karena itu Cu banyak digunakan dalam bidang elektronika atau pelistrikan (Palar, 2012).

Tembaga banyak digunakan dalam pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas, dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam-logam lainnya seperti alloy dengan perak (Ag), cadmium (Cd), timah putih (Sn), dan seng (Zn). Sedangkan dalam garam tembaga banyak digunakan dalam bidang pertanian seperti larutan Bordeaux yang mengandung 1-3% tembaga sulfat (CuSO_4) digunakan untuk membasmi jamur pada pohon buah-buahan. Selain itu CuSO_4 juga digunakan untuk membasmi siput (moluskisida) sebagai inang dari parasite cacing (Darmono, 1995).

Logam Cu merupakan salah satu logam esensial untuk kebutuhan makhluk hidup sebagai elemen mikro. Logam Cu dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh, maka apabila konsentrasinya cukup besar logam ini akan meracuni manusia tersebut. Pengaruh racun yang ditimbulkan dapat berupa muntah-muntah, rasa terbakar di daerah esophagus dan lambung, kholik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma (Panjaitan, 2009). Pada tumbuhan secara umum, logam Cu memegang peranan penting dalam pertumbuhannya, yaitu sebagai aktivator enzim. Cu juga berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat proses fotosintesis (Hamzah dan Agus, 2010). Kekurangan logam Cu mengakibatkan tumbuhan berdaun kecil dan berwarna kuning, bahkan efek lanjutannya mengakibatkan tumbuhan gagal memproduksi bunga.

Dalam suatu perairan, keberadaan logam berat Cu dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Konsentrasi Cu dalam air laut sebesar 0,01 ppm dapat mengakibatkan kematian fitoplankton. Kematian tersebut disebabkan daya racun

Cu telah menghambat aktivitas enzim dalam pembelahan sel fitoplankton. Jenis-jenis yang termasuk keluarga crustacea akan mengalami kematian dalam waktu 96 jam bila konsentrasi Cu berada pada kisaran 0,17-100 ppm. Dalam jangka waktu yang sama, biota yang tergolong dalam keluarga Mollusca akan mengalami kematian bila kadar Cu yang terlarut berkisar 0,16-0,5 ppm. Kadar Cu sebesar 2,5-3,0 ppm dalam perairan dapat mematikan ikan-ikan. Oleh sebab itu, jumlah logam Cu yang diperbolehkan dalam perairan harus sesuai dengan ketentuan kriteria baku mutu air sesuai dengan kelasnya. Hal ini sesuai dengan Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi < 5000 mg/L
KIMIA ORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi Perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
FISIKA						
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	

Sumber : Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001

Keterangan : Kelas I : bahaya baku mutu air minum

Kelas II : sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan

Kelas III : budidaya ikan air tawar, peternakan
Kelas IV : pengairan

2.1.3 Pencemaran Logam Berat di Perairan dan Sedimen

Pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya (Kristanto, 2002). Penyebab terjadinya pencemaran dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energy, atau komponen lain ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air tercemar (Meythree, 2012). Salah satu jenis pencemar yang banyak menimbulkan kekhawatiran di lingkungan perairan adalah limbah yang mengandung logam berat.

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam berat oleh manusia (Darmono, 1995). Sebagaimana telah diketahui bahwa masukan logam berat ke dalam suatu perairan semakin meningkat sejalan dengan aktivitas manusia yang juga meningkat. Berbagai kegiatan manusia yang menghasilkan limbah berupa logam berat seperti kegiatan industry, kegiatan rumah tangga, kegiatan pertanian dan kegiatan perikanan di sekitar sungai dapat memberikan masukan bahan pencemar (Fardiaz, 1992). Di muara Sungai Porong sendiri, penyumbangan masukan logam berat terbesar adalah lumpur Lapindo. Adapun kandungan lumpur Lapindo dapat dilihat pada Tabel 2. Kandungan logam berat yang melebihi ambang batas yang terbawa oleh lumpur dapat membahayakan kehidupan biota, kenyamanan ekosistem perairan serta kesehatan manusia di sepanjang aliran sungai hingga menuju ke laut (Fitra *et al.*, 2013).

Tabel 2. Kandungan Lumpur Lapindo (UNDAG, 2006)

Sample number	60 Ni µg/g	59 Co µg/g	65 Cu µg/g	66 Zn µg/g	75 As2 µg/g	88 Sr µg/g	114 Cd µg/g	121 Sb µg/g	137 Ba µg/g	202 Hg ng/g	205 Tl µg/g	208 Pb µg/g
Detection limit ->	1,0	0,2	1,2	8	4	2,4	0,08	0,10	2	0,001	0,06	0,4
mud 2	19,6	14,1	24,2	82	5,4	282	<AG	0,48	111,5	14	0,48	17,8
mud 2- duplo	20,5	15,3	24,5	81	6,8	283	0,13	0,45	110,8	15	0,41	15,9
mud 3+4	18,6	12,9	15,9	80	7,9	290	0,10	0,28	45,5	9,9	0,21	13,5
mud 3+4- duplo	22,7	14,5	17,4	78	7,4	301	0,09	0,36	81,9	10	0,38	13,5
mud 5+6	21,7	13,9	17,4	79	8,6	361	<AG	0,41	96,1	9,4	0,40	18,8
mud 5+6- duplo	22,6	14,4	17,7	76	7,5	338	<AG	0,30	68,7	9,6	0,32	13,5
Soil 7	7,1	13,4	33,1	67	3,0	295	0,08	0,22	175,2	20	0,10	10,9
Soil 8	12,6	15,3	37,0	70	2,0	289	<AG	0,21	186,2	16	0,09	10,9

Bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan perairan dapat berakumulasi pada organisme yang hidup disekitar lingkungan tersebut. Keberadaan logam berat yang mencemari lingkungan perairan dapat menimbulkan beberapa ancaman berupa terganggunya aktivitas kehidupan makhluk hidup, terlebih apabila organisme tersebut tidak mampu mendegradasi bahan pencemar tersebut, sehingga bahan tersebut terakumulasi dalam tubuhnya. Peristiwa ini dapat mengakibatkan terjadinya *biomagnifikasi* dari organisme satu ke organisme yang lain yang mempunyai tingkatan lebih tinggi (Darmono, 1995).

Dalam hubungannya dengan kondisi morfologi dan hidrologi, materi terlarut seperti logam dapat terakumulasi sepanjang perairan, bahkan dapat terjadi beberapa kilometer setelah sumber polusi. Apabila terpapar pada organisme, konsentrasi logam berat yang tinggi dapat bersifat toksik dan cenderung terakumulasi di organ vital (Andarani dan Dwina, 2010). Masukan logam berat yang dilimpahkan pada perairan, baik di sungai maupun laut akan dipindahkan pada badan airnya melalui beberapa proses yaitu pengendapan, adsorpsi, absorpsi oleh organisme perairan. Logam berat mempunyai 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 (Harahap, 1991).

Kandungan logam berat pada sedimen umumnya rendah pada musim kemarau dan tinggi pada musim penghujan. Penyebab tingginya kadar logam berat dalam sedimen pada musim penghujan kemungkinan disebabkan oleh tingginya laju erosi pada permukaan tanah yang terbawa ke dalam badan sungai yang diduga mengandung logam berat akan terbawa oleh arus sungai menuju muara dan pada akhirnya terjadi proses sedimentasi (Bryan, 1976). Sedimen yang merupakan media tumbuh mangrove, telah terbukti memiliki kapasitas yang tinggi dalam mengakumulasi berbagai material yang sifatnya cepat habis untuk daerah *nearshore* laut (Qiu *et al.*, 2011).

2.2 Ekosistem Mangrove

2.2.1 Pengertian dan Fungsi Mangrove

Menurut Mulyadi *et al.*, (2010), Mangrove adalah suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas tersebut di daerah pasang surut. Hutan mangrove atau yang sering disebut hutan bakau merupakan sebagian wilayah ekosistem pantai yang mempunyai karakter unik dan khas, dan memiliki potensi kekayaan hayati. Ekosistem mangrove adalah suatu sistem yang terdiri atas lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi di dalam suatu habitat mangrove.

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang unik, karena berada pada daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut. Ekosistem mangrove didefinisikan sebagai hutan intertidal yang sangat produktif yang terdistribusi sepanjang pantai tropis dan mampu menstabilkan zona pantai dari erosi serta bertindak sebagai zona penyangga antara darat dan laut. Vegetasi mangrove

yang banyak tumbuh di wilayah perairan pesisir merupakan bagian dari ekosistem pesisir yang memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya (Setiawan, 2013).

Mangrove banyak dijumpai di wilayah pesisir yang terlindung dari gempuran ombak dan daerah yang landai. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur. Sedangkan di wilayah pesisir yang tidak bermuara sungai, pertumbuhan vegetasi mangrove tidak optimal. Mangrove tidak atau sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat bagi pertumbuhannya (Arisandy *et al.*, 2012).

Fungsi dan manfaat mangrove telah banyak diketahui baik sebagai tempat pemijahan ikan di perairan, pelindung daratan dan abrasi oleh ombak, pelindung dari tiupan angin, penyaring intrusi air laut ke daratan, sebagai habitat satwa liar, tempat singgah migrasi burung dan menyerap kandungan logam berat yang berbahaya bagi kehidupan dan mengendapkan lumpur serta menyaring bahan pencemar (Heriyanto dan Endro, 2011). Tumbuhan mangrove yang secara umum tumbuh pada lingkungan muara dan tepi pantai yang merupakan tempat penumpukan sedimen yang berasal dari sungai, memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terbawa di dalam sedimen sebagai sumber hara yang dibutuhkan untuk melakukan proses-proses metabolisme (Handayani, 2006).

2.2.2 Deskripsi dan Klasifikasi Mangrove *Sonneratia caseolaris*

Sonneratia caseolaris tergolong dalam family Sonneratiaceae dan dijumpai di Sunderbans, hutan mangrove di Bangladesh. Nama Inggris dari pohon ini adalah mangrove Crabapple dan diketahui nama lokalnya adalah Choilani atau Choila. Pohon ini selalu berdaun dan dapat tumbuh antara 15-20

meter. Pohon ini mempunyai daun yang berbentuk elips dan bunga merah besar. Terdapat penopang atau akar pada pohon. Pnumatophores bisa mencapai 50-90 cm dan diameter 7 cm. Pohon ini dapat ditemukan dari Sri Lanka sampai Bangladesh serta Filipina, Timor, New Guinea, kepulauan Solomon dan Indonesia. Salah satu jenis mangrove yang dimanfaatkan buahnya yaitu jenis pedada (*Sonneratia caseolaris*) yang hidup dan tumbuh di hutan mangrove (Balai Pengelolaan Hutan Mangrove, 2007).

Klasifikasi mangrove *Sonneratia caseolaris* menurut Satriono (2007) sebagai berikut :

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Divisi : Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)

Kelas : Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)

Ordo : Myrtales

Family : Lythraceae

Genus : *Sonneratia*

Spesies : *Sonneratia caseolaris*



Gambar 1. Akar dan batang *Sonneratia caseolaris* (Onrizal et al., 2005).

Menurut Susmalinda (2013), Mangrove *Sonneratia caseoralis* memiliki nama lokal pedada, prapat, prengat, prepat, dan bogem. Adapun ciri-ciri dari tanaman pedada diantaranya:

- Bentuk : Pohon, tinggi mencapai 16 m
- Akar : Akar nafas, berbentuk kerucut, tinggi dapat mencapai 1 m
- Daun : Susunan tunggal, bersilangan berbentuk jorong sampai oblong; ujung membulat dengan ujung membengkok tajam yang menonjol; panjang 4 – 8 cm, ranting menjuntai, bunga dewasa memiliki tangkai daun pendek dengan dasar berwarna kemerahmerahan
- Kulit kayu : halus
- Ciri khusus : Bunga dewasa memiliki tangkai daun pendek dengan dasar berwarna kemerah-merahan, benang sari berwarna merah dan putih, akar nafas yang berkembang dengan baik dapat mencapai tinggi lebih dari 1 m, lebih tinggi dibandingkan *Sonneratia alba*
- Bunga : Rangkaian bunga 1 sampai beberapa bunga bersusun, di ujung; mahkota merah; kelopak 6 – 8 helai berwarna hijau; benang sari tak terhitung, merah dan putih; diameter 8 – 10 cm; bunga sehari (ephemeral), terbuka menjelang malam hari dan berlangsung sepanjang malam, mengandung banyak madu pada pembuluh kelopak
- Buah : Diameter 6 – 8 cm; warna hijau kekuning-kuningan; permukaan mengkilap; kelopak data, memanjang horizontal, tidak menutupi buah, helai kelopak menyebar, buah lebih besar dari *Sonneratia alba*, mengandung 800-1200 biji dalam buah, dapat dimakan

Mangrove *Sonneratia caseoralis* memiliki karakteristik morfologi yaitu memiliki akar pasak, permukaan kulit batang kasar berwarna krem sampai dengan coklat, permukaan atas dan bawah daun berwarna hijau, bentuk daun bulat dengan ujung membulat, panjang daun 5-7,5 cm dan lebar 2-5 cm dan menyukai salinitas rendah (Kapludin, 2012). Buah pada tanaman pedada ini dapat dimakan secara langsung, cairan buah dapat untuk menghaluskan kulit,

dan daunnya dapat untuk makanan kambing serta dapat menghasilkan pectine (Kusmana, 2009).



Gambar 2. Buah dan daun *Sonneratia caseolaris* (Balai Pengelolaan Hutan Mangrove, 2007)

2.3 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pada Mangrove

Organisme perairan merupakan kelompok organisme yang pertama kali mengalami dampak secara langsung dari pengaruh limbah atau pencemaran logam berat di perairan. Salah satu organisme perairan yang menerima dampak langsung pencemaran logam berat adalah tanaman air (Arisandy *et al.*, 2012). Pengetahuan bahwa tanaman air dapat menyerap logam tembaga dari larutan terkontaminasi telah lama diketahui. Kemampuan ini sekarang digunakan dalam beberapa konstruksi lahan basah dan mungkin menjadi efektif dalam menghilangkan beberapa logam berat seperti bahan organik dari air. Kemampuan tanaman air tersebut dalam mengabsorpsi logam berat dilakukan melalui akarnya. Kemampuannya untuk menyerap dilakukan langsung dari kolom air. Akarnya menjadi tempat filtrasi dan adsorpsi padatan tersuspensi dan pertumbuhan mikroba yang dapat menghilangkan unsur-unsur logam dari air (Suryati dan Budhi, 2003).

Menurut Hardiani (2009) dalam Purwiyanto (2013), secara umum tumbuhan melakukan penyerapan oleh akar, baik yang berasal dari sedimen

maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh tumbuhan akan mengalami berbagai proses sebagai respon tumbuhan untuk menanggulangi materi toksik di dalam tubuhnya. Mekanisme penanggulangan yang mungkin terjadi adalah lokalisasi, ekskresi, dilusi untuk melemahkan efek toksik logam berat melalui pengenceran dan inaktivasi secara kimia (Handayani, 2006).

Proses absorpsi racun, termasuk unsur logam berat dapat terjadi melalui beberapa bagian tumbuhan yaitu akar, daun, dan stomata. Adapun proses penyerapan pada tumbuhan hampir sama dengan hewan dengan berbagai mekanisme difusi, hanya saja istilah yang digunakan berbeda yaitu translokasi. Transport ini terjadi dari sel-sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tumbuhan (Soemirat, 2003).

Penyerapan logam pada daerah tercemar dapat terakumulasi melalui penyerapan dari akar, diikuti pembentukan senyawa kelat dengan protein yang disebut fitokelatin. Pengumpulan logam pada jaringan tubuh kemudian mentransportasikannya ke batang, daun dan bagian lainnya. Fitokelatin merupakan suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin (Priyanto dan Prayitno, 2009).

Menurut Ali dan Rina (2010), tumbuhan mangrove mempunyai kemampuan untuk menyerap ion-ion dari lingkungan ke dalam tubuh melalui membrane sel. Dua sifat penyerapan ion dari tumbuhan, yaitu:

- a. Faktor konsentrasi, yaitu kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion sampai tingkat konsentrasi tertentu bahkan dapat mencapai beberapa tingkat dari konsentrasi ion di dalam mediumnya
- b. Perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda pada tiap jenis tumbuhan. Beraneka ragam unsur dapat ditemukan di dalam tubuh tumbuhan,

tetapi tidak berarti bahwa seluruh unsur-unsur tersebut dibutuhkan tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya. Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui :

- 1) Secara difusi dalam larutan tanah
- 2) Secara pasif oleh aliran air tanah
- 3) Akar tumbuh ke arah posisi hara dalam matrik tanah.

Pengaruh polutan terhadap tumbuhan dapat berbeda tergantung pada macam polutan, konsentrasinya, dan lamanya polutan itu berada. Menurut Fitter dan Hay (1991) dalam Panjaitan (2009), mekanisme yang mungkin dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik adalah:

a. Penanggulangan, jika konsentrasi internal harus dihadapi maka ion-ion akan dipindahkan dari tempat sirkulasi dengan beberapa jalan atau menjadi toleran di dalam sitoplasma. Terdapat empat pendekatan dalam penanggulangan yaitu:

- 1) Lokalisasi (intraseluler dan ekstraseluler) pada umumnya di akar
- 2) Ekskresi, secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan absisi daun
- 3) Dilusi (melemahkan), yaitu melalui pengenceran
- 4) Inaktivasi secara kimia

b. Toleransi, yaitu tumbuhan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik.

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan kegiatan pemulihan atau pembersihan permukaan tanah yang tercemar. Dimana tujuannya dilakukan remediasi ini agar lahan yang tercemar dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan secara aman. Proses fitoremediasi ini dapat menggunakan media tumbuhan untuk

menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik (Raras *et al.*, 2015).

Menurut Ikawati *et al.*, (2013), Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan, mikroorganisme untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan, karena tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam dan mineral yang tinggi atau sebagai fitoakumulator dan fitochelator. Fitoremediasi digunakan sebagai salah satu metode pengolahan limbah cair dengan pemanfaatan tanaman untuk menghilangkan dan menurunkan konsentrasi logam yang melebihi baku mutu. Konsep pengolahan air limbah menggunakan media tanaman telah lama dikenal oleh manusia, bahkan digunakan juga untuk mengolah limbah berbahaya (B3) atau untuk limbah radioaktif (Viobeth *et al.*, 2012).

Menurut Felani dan Amir (2007), Mekanisme fitoremediasi pada tanaman terdiri atas beberapa tahap yaitu :

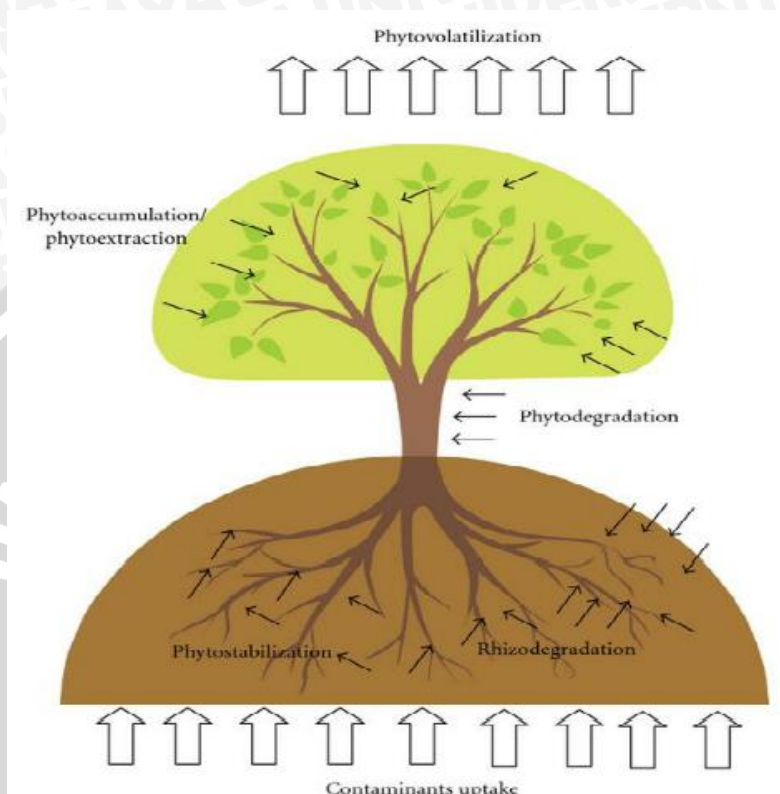
Fitodegradasi : proses penyerapan polutan oleh tumbuhan dan kemudian polutan tersebut mengalami metabolisme di dalam tumbuhan

Fitoekstraksi : penyerapan polutan oleh tanaman air atau tanah dan kemudian diakumulasi atau disimpan dalam bagian suatu tumbuhan (daun atau batang). Tanaman tersebut dinamakan hiperakumulator

Fitostabilisasi : proses yang dilakukan oleh tumbuhan untuk mentransformasikan polutan di dalam tanah menjadi senyawa nontoksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut ke dalam tubuh tumbuhan. Hasil transformasi dari polutan tersebut tetap berada di dalam tanah

Fitovolatilisasi : proses penyerapan polutan oleh tumbuhan, kemudian polutan tersebut diubah menjadi bersifat volatile (mudah menguap), setelah itu ditranspirasikan oleh tumbuhan

Rizofiltrasi : proses penyerapan polutan oleh tanaman tetapi biasanya konsep dasar ini berlaku apabila medium yang tercemarnya adalah badan perairan.



Gambar 3. Mekanisme fitoremediasi

Fitoremediasi menggunakan tanaman menjadi pilihan yang menjanjikan, mengingat tidak membutuhkan biaya yang besar dan secara estetik mendukung upaya penghijauan lingkungan (Dewi *et al.*, 2013). Namun, tidak semua tanaman dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi dikarenakan semua tanaman tidak dapat melakukan metabolisme, volatilitasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Tanaman yang dipilih untuk fitoremediasi harus mempunyai sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dengan jumlah yang banyak dalam waktu singkat, mampu meremediasi lebih dari satu polutan, dan mempunyai toleransi tinggi terhadap polutan (Morel *dalam* Nur, 2013).

Penggunaan metode fitoremediasi banyak diminati karena dianggap sebagai alternatif pengolahan yang mudah dan sederhana dalam mengaplikasikannya. Fitoremediasi dapat digunakan untuk mengatasi masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara ex-situ menggunakan kolam buatan atau reactor maupun in-situ (langsung di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Wandana dan Rudy, 2012).

2.5 Parameter Kualitas Air

2.5.1 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi dari total ion yang terdapat di perairan. Menurut oseanorologi, salinitas (sering disebut dengan kadar garam atau kegaraman) yang dimaksud adalah jumlah berat semua garam (dalam gram) yang terlarut dalam satu liter air, biasanya dinyatakan dengan satuan ‰ (per mil, gram per liter) (Nontji, 2002). Nilai salinitas perairan laut dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat (Deri *et al.*, 2013).

Salinitas air berpengaruh terhadap tekanan osmotik air. Semakin tinggi salinitas, akan semakin besar pula tekanan osmotiknya. Biota yang hdiup di air asin harus mampu menyesuaikan dirinya terhadap tekanan osmotik dari lingkungannya. Penyesuaian ini memerlukan banyak energi yang diperoleh dari makanan dan digunakan untuk keperluan tersebut (Kordi dan Tancung, 2005).

2.5.2 Tekstur Substrat

Tekstrur tanah menyatakan kasar halusnya tanah atau menunjukkan perbandingan fraksi-fraksi lempung, debu, dan pasir. Cara penetapan tekstur tanah ada dua yaitu cara kualitatif (di lapangan) dan cara kuantitatif (di laboratorium). Cara kualitatif bersifat sederhana, yaitu segumpal tanah sebesar

kelereng diremas antara ibu jari dan jari lainnya dalam keadaan basah. Apabila terasa kasar dan tidak dapat dibentuk, berarti fraksi pasir yang dominan sehingga disebut tanah bertekstur pasir. Apabila terasa halus dan licin, seperti sabun atau bubuk (talk) serta dapat dibentuk, tetapi mudah pecah, dapat dikatakan sebagai tanah bertekstur debu (Yani dan Ruhimat, 2007).

Menurut Taqwa (2010), tekstur substrat sangat dipengaruhi oleh komposisi dari butiran liat, debu, dan pasir. Tanah hutan mangrove di Indonesia umumnya bertekstur liat, liat berlempung, liat berdebu, dan lempung yang berupa lumpur tebal (Sukardjo, 1984). Tekstur substrat di sekitar hutan bakau umumnya terdiri dari lumpur dan liat. Hal ini sangat memungkinkan karena partikel lumpur atau liat dapat mengendap dengan cepat karena air disekitarnya relatif tenang atau terlindung. Untuk menentukan tekstur substrat berdasarkan komposisinya dapat dilakukan dengan bantuan segitiga tektur tanah (**Gambar 4**).



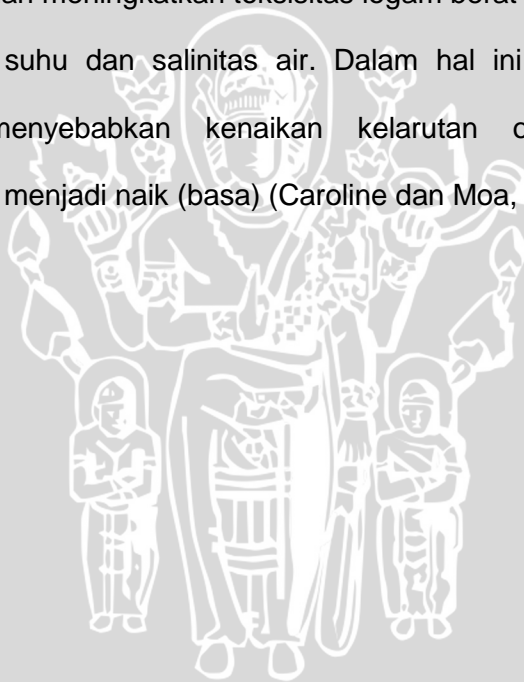
Gambar 4. Segitiga Tekstur tanah (Shepard, 1954 dalam Tutus, 2015)

2.5.3 Derajat Keasaman

pH merupakan salah satu faktor luar yang mempengaruhi penyerapan zat-zat terlarut. Kehidupan biota dalam suatu perairan dapat berlangsung secara normal, baik kehidupan hewan maupun tumbuhan air jika didapatkan pH dengan

kisaran 6 – 9 karena, dalam kondisi tersebut proses–proses kimia dan mikrobiologis yang menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi kehidupan biota serta kelestarian lingkungan tidak terjadi (Yusuf, 2008).

Nilai pH berpengaruh pada toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pada pH rendah dan berkurang dengan seiring meningkatnya pH (Effendi, 2003). Nilai pH mempengaruhi kelarutan logam berat Pb, karena tidak ada pengadukan dalam perlakuannya dan menyebabkan logam berat Pb seluruhnya tidak larut dalam air namun sebagian besar justru mengendap di dasar. Naiknya pH dapat menurunkan kelarutan oksigen air dan meningkatkan toksisitas logam berat Pb. Selain itu Nilai pH dipengaruhi oleh suhu dan salinitas air. Dalam hal ini suhu mengalami penurunan, yang menyebabkan kenaikan kelarutan oksigen air dan menyebabkan nilai pH menjadi naik (basa) (Caroline dan Moa, 2015).



3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* yang terdapat di ekosistem mangrove Dusun Tlocor, Jabon, Sidoarjo serta parameter kualitas air sebagai factor pendukung meliputi pengukuran derajat keasamaan, salinitas, dan tekstur tanah.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan penelitian skripsi di hutan mangrove kawasan Muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat dan Bahan yang Digunakan Penelitian

No	Parameter	Alat dan Bahan
1.	pH air	- pH meter - air sampel, aquades, tissue
2.	Tekstur tanah	- skop, plastic - kertas label
3.	Salinitas (ppt)	- salinometer - air sampel, aquades, tissue
4.	Titik koordinat	- GPS
5.	Konsentrasi Cu di air (ppm)	- botol, pipet tetes, coolbox, oven, furnance, timbangan analitik, wadah sampel, labu takar, gelas beaker, cawan porselen, hot plate, kertas saring, erlenmeyer - larutan HNO ₃ 65%, larutan HClO ₄ , larutan HCl, aquades, sampel air
6.	Konsentrasi Cu di sedimen (ppm)	- sekop kecil, coolbox, oven, furnance, timbangan analitik, wadah sampel, labu takar, gelas beaker, cawan porselen, hot plate, kertas saring, erlenmeyer - larutan HNO ₃ 65%, larutan HClO ₄ , larutan HCl, aquades, sampel sedimen
7.	Konsentrasi Cu di mangrove (ppm)	- pisau, coolbox, oven, furnance, timbangan analitik, wadah sampel, labu takar, gelas beaker, cawan porselen, hot plate, kertas saring, erlenmeyer - larutan HNO ₃ 65%, larutan HClO ₄ , larutan HCl, aquades, sampel akar dan daun mangrove <i>Sonneratia caseoralis</i>

3.3 Penetapan Stasiun Pengamatan

Dalam penelitian ini digunakan metode survey untuk menetapkan stasiun pengamatan. Menurut Mubyarto dan Suratno (1981) metode survey adalah kegiatan penelitian semacam pengamatan atau observasi secara pasif dalam pengumpulan data. Survey dilakukan dengan cara melihat lokasi dan kondisi kawasan ekosistem mangrove untuk memudahkan mekanisme pengambilan sampel. Penentuan stasiun didasarkan pada daerah yang berpotensi mendapatkan gangguan dari luar pada ekosistem mangrove Dusun Tlocor. Adapun stasiun pengamatan dalam penelitian ini terbagi menjadi 3 dengan karakteristik berbeda yaitu :

1. Stasiun 1 (hulu) : lokasi ini mendapatkan pengaruh dari pertambangan pasir dan aktivitas buangan lumpur Lapindo yang mengalir ke Sungai Porong
2. Stasiun 2 (tengah): lokasi ini mendapatkan pengaruh dari pertambangan dan berdekatan dengan dermaga Pulau Sarinah
3. Stasiun 3 (muara) : lokasi ini mendapatkan pengaruh langsung dari laut karena lokasi tepat di muara dan berbatasan langsung dengan laut.

3.4 Prosedur Pengambilan Sampel

3.4.1 Sampel Air

Sampel air diambil secara langsung ketika air pasang dan menggenangi mangrove sebanyak 600 ml secara komposit pada tiap stasiun, kemudian dimasukkan ke dalam wadah sampel air berupa botol plastik. Sampel air yang telah diambil ditambahkan larutan HNO_3 pekat 65% dengan tujuan untuk menurunkan pH. Sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam coolbox yang sebelumnya telah ditambahkan es agar sampel tetap tetap awet (Juniawan *et al.*, 2013).

3.4.2 Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan sekop pada masing-masing stasiun secara komposit. Sampel sedimen yang diambil adalah sedimen pada bagian permukaan hingga kedalaman 20 cm. Sedimen diambil sebanyak 200gr. Sedimen yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan selanjutnya sampel sedimen disimpan dalam coolbox.

3.4.3 Sampel Mangrove *Sonneratia caseoralis*

Pengambilan sampel tanaman mangrove *Sonneratia caseoralis* dibagi menjadi dua tahapan. Tahap pertama adalah bagian akar dan kedua adalah daun. Adapun cara pengambilan sampel pada bagian tersebut yaitu :

a. Akar *Sonneratia caseoralis*

Sampel akar yang diambil adalah akar nafas yang terpendam oleh sedimen. Akar diambil sebanyak ± 200 gr. Akar diambil secara komposit dalam satu pohon dimana dalam setiap satu stasiun dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali ulangan pada pohon yang berbeda tetapi dalam satu ukuran diameter batang pohon yang sama.

b. Daun *Sonneratia caseoralis*

Sampel daun yang diambil adalah daun yang berwarna hijau tua dengan panjang 4-8 cm yang terletak di pangkal ranting. Pengambilan daun ± 20 lembar daun dalam satu pohon secara komposit dimana dalam setiap satu stasiun dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada pohon yang berbeda tetapi dalam satu ukuran diameter batang pohon yang sama.

3.5 Analisis Konsentrasi Cu

Analisis kandungan Cu pada sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* dilakukan dengan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry) di Laboratorium FMIPA, Universitas Brawijaya.

3.5.1 Analisis Konsentrasi Cu pada Air

Analisis Cu pada air (Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UB, 2016) adalah sebagai berikut:

- 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 menisakan 1/3 dari volume awal lalu didinginkan
- 3) Menambahkan larutan HNO₃ encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, lalu dipanaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas
- 4) Menyaring ke labu 100 ml dan menambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogeny
- 5) Kemudian baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.5.2 Analisis Konsentrasi Cu pada Sedimen

Analisis Cu pada sedimen (Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UB, 2016) adalah sebagai berikut :

- 1) Menimbang sampel sedimen ±5 gr dengan timbangan sartorius untuk mendapatkan berat basah
- 2) Mengoven sampel sedimen pada suhu ± 105° selama 3-5 jam sampai mendapat berat konstan
- 3) Menimbang berat konstan dengan timbangan Sartorius sebagai berat kering
- 4) Memasukkan sampel yang sudah kering ke dalam beaker glass 100 ml
- 5) Menambahkan HNO₃ sebanyak ± 10-15 ml dan kemudian dipanaskan diatas hot plate
- 6) Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml

- 7) Mengulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam beaker glass
- 8) Menganalisis sampel dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* pada panjang gelombang 324,8 nm dan mencatat hasilnya menggunakan satuan ppm.

3.5.3 Analisis Konsentrasi Cu pada Akar dan Daun

Analisis Cu pada akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* (Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UB, 2016) adalah sebagai berikut :

- 1) Menimbang sampel akar dan daun *Sonneratia caseoralis* ± 5 gr dengan timbangan Sartorius untuk mendapatkan berat basah
- 2) Mengoven sampel akar dan daun *Sonneratia caseoralis* pada suhu $\pm 105^{\circ}$ selama 3-5 jam sampai mendapat berat konstan
- 3) Menimbang berat konstan dengan timbangan Sartorius sebagai berat kering
- 4) Memasukkan sampel yang sudah kering ke dalam beaker glass 100 ml
- 5) Menambahkan HNO_3 sebanyak $\pm 10-15$ ml dan kemudian dipanaskan diatas hot plate
- 6) Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml
- 7) Mengulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml Aquades ke dalam beaker glass
- 8) Menganalisis sampel dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* pada panjang gelombang 324,8 nm dan mencatat hasilnya menggunakan satuan ppm.

3.6 Analisis Kualitas Air

3.6.1 Salinitas

Menurut Shanmugam dan Variramani (2008) dalam Ayunda (2011), pengukuran salinitas dengan menggunakan salinometer dengan cara sebagai berikut :

- 1) Menghidupkan salinometer dengan tombol on
- 2) Mengkalibrasi salinometer menggunakan aquades
- 3) Meneteskan sampel air secara langsung ke salinometer
- 4) Melihat nilai yang keluar dan dicatat sebagai hasil salinitas
- 5) Mematikan salinometer dengan tombol off.

3.6.2 Tekstur Substrat

Menurut Buchanan (1984) dalam Maslukah (2006) analisa ukuran butiran dilakukan dengan system ayak dan metode pipetasi dengan cara sebagai berikut:

- 1) Sampel diambil 25mg kemudian disaring dengan ukuran 0,063 sampai terbagi 2 yang satu di baskom yang satunya lagi di ayakkan
- 2) Masukkan sampel yang tidak lolos dalam oven pada temperature 105°C, ayak sampel dengan dengan ukuran 2; 0,8; 0,4; 0,15; dan 0,063 mm dan catat berat masing-masing ukuran
- 3) Ambil sampel yang lolos pada ukuran ayakkan terakhir dan dicampur dengan sampel pertama. Masukkan dalam gelas ukur volume 1 liter kemudian dikocok
- 4) Dilakukan pipetasi pada jangka waktu tertentu, teteskan pada aluminium foil yang telah ditimbang beratnya, kemudian masukkan oven pada suhu 100°C sampai kering. Simpan dalam desikator selama 10 menit kemudian ditimbang

- 5) Untuk menentukan fraksi silt, pemipetan dilakukan pada 1 menit pertama dan setelah 30 menit. Sedangkan fraksi clay dapat dilakukan setelah 2 jam pengendapan
- 6) Pemipetan dilakukan pada jarak 20 cm dari permukaan air
- 7) Hasil pemipetan dikonversikan ke dalam liter sehingga didapatkan berat dalam gram.

3.6.3 Derajat Keasaman

Menurut SNI (2004), Pengukuran pH menggunakan pH meter dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Mengkalibrasi alat pH meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap kali akan melakukan pengukuran
- 2) Untuk contoh uji yang mempunyai suhu tinggi, kondisikan contoh uji sampai suhu kamar
- 3) Keringkan dengan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling
- 4) Membilas elektroda dengan tisu
- 5) Mencecupkan elektroda kedalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap
- 6) Mencatat hasil pembahasan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

3.7 Analisis Data

3.7.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Untuk mengetahui terjadi akumulasi logam pada mangrove dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, akar dan daun. Perbandingan antara konsentrasi logam di akar dengan konsentrasi di sedimen dikenal dengan bio-concentration factor (BCF). BCF pada akar dihitung untuk

mengetahui seberapa besar konsentrasi logam akar yang berasal dari lingkungan (Hamzah dan Agus, 2010).

Menurut Nugrahanto (2014), akumulasi logam berat dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan akar dalam mengakumulasi logam berat dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{BCF} = \frac{\text{Konsentrasi logam berat pada akar}}{\text{Konsentrasi logam pada sedimen}}$$

3.7.2 Faktor Translokasi (TF)

Setelah mengetahui biokonsentrasi logam berat, maka selanjutnya dihitung nilai faktor translokasi. Translocation Factors (TF) adalah perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan akar. Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke tunas (MacFarlane *et al*, 2007 dalam Hamzah dan Agus, 2010).

Menurut Nugrahanto (2014), faktor Translokasi (TF) logam berat digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{TF} = \frac{\text{Konsentrasi logam berat pada daun}}{\text{Konsentrasi logam berat pada akar}}$$

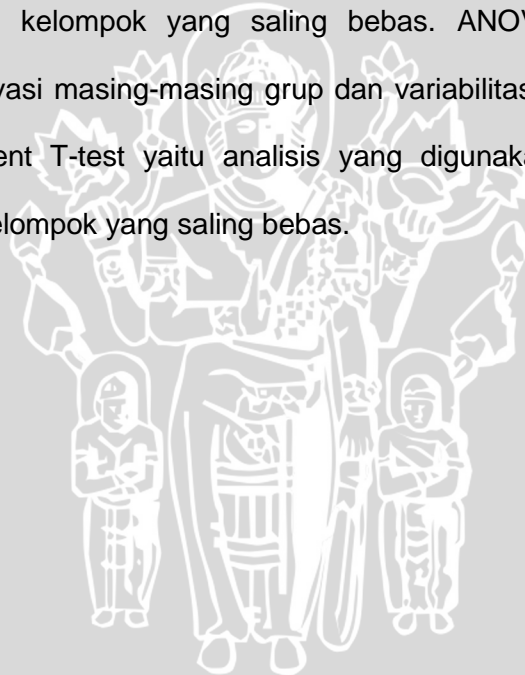
3.7.3 Fitoremediasi (FTD)

Fitoremediasi (FTD) adalah selisih antara faktor biokonsentrasi (BCF) dan faktor translokasi (TF). Untuk mengurangi kandungan tumbuhan sebagai sarannya dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam pada tanah atau sedimen dapat dilakukan dengan fitoremediasi. Fitoremediasi dianggap maksimal apabila nilai BCF lebih besar daripada nilai TF (Puspita, 2013; Hamzah dan Agus, 2010). Untuk menghitung nilai FTD maka dihitung dengan rumus : $\text{FTD} = \text{BCF} - \text{TF}$.

3.8 Analisis Statistik

Data hasil logam berat yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis menggunakan analisis One Way Anova dan analisis Independent T-test. One Way Anova digunakan untuk perbandingan kadar logam berat Cu pada akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* antar stasiun, sedangkan Independent T-test digunakan untuk perbandingan kadar logam Cu pada akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis*.

Menurut Muhson (2012) analisis One Way Anova adalah analisis yang bersifat satu arah. One Way Anova digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata untuk lebih dari dua kelompok yang saling bebas. ANOVA akan menguji variabilitas dari observasi masing-masing grup dan variabilitas antar mean grup sedangkan Independent T-test yaitu analisis yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata dua kelompok yang saling bebas.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Sidoarjo adalah Kabupaten yang dihipit oleh dua sungai, yakni sungai Surabaya dan Sungai Porong. Kabupaten Sidoarjo terletak pada titik koordinat $7^{\circ}20'38.75''$ - $7^{\circ}34'40.12''$ LS dan $112^{\circ}28'37.32''$ - $112^{\circ}53'29.48''$ BT. Kabupaten Sidoarjo memiliki luas wilayah keseluruhan 71.424,25 Ha. Kabupaten Sidoarjo terdiri dari 18 kecamatan yang terbagi dalam 322 desa dan 31 kelurahan. Dari 18 kecamatan yang ada di kabupaten Sidoarjo, wilayah yang paling luas terdapat di kecamatan Jabon ($81,00 \text{ km}^2$) dan Sedati ($79,43 \text{ km}^2$). Kabupaten Sidoarjo merupakan pengembang kawasan industri dimana berbagai industri seperti industri kerajinan kulit, industri pertambangan, industri elektronik serta industri cat didirikan.

Penelitian ini dilaksanakan di wilayah Kabupaten Sidoarjo tepatnya di muara Sungai Porong, Dusun Tlocor, Kecamatan Jabon. Luas wilayah Kecamatan Jabon sebesar $81,00 \text{ Km}^2$. Beberapa wilayah Jabon terdiri atas area tambak dan lahan mangrove dengan luasan sebesar 4144,1 Ha untuk tambak dan 314,21 Ha untuk luasan mangrove. Batas wilayah kecamatan Jabon yaitu sebelah utara: Kecamatan Tanggulangin, sebelah selatan: Kabupaten Pasuruan, sebelah timur: Selat Madura dan sebelah barat: Kecamatan Porong.



Gambar 5. Peta Lokasi Penelitian

Kecamatan Jabon merupakan salah satu wilayah yang dilewati oleh aliran Sungai Porong. Keberadaan Sungai Porong telah dianggap tercemar sejak tahun 1990-an dan bersumber dari pembuangan limbah industri yang tanpa melalui proses netralisasi yang sebagian besar berasal dari kabupaten di sekitar Kabupaten Sidoarjo. Pada tahun 2006, tingkat pencemaran Sungai Porong menjadi semakin tinggi karena pembuangan lumpur Lapindo menuju Selat Madura yang melalui Sungai Porong.

4.1.1 Deskripsi Stasiun 1

Lokasi penelitian pada stasiun 1 merupakan daerah yang berdekatan dengan kawasan penambangan pasir. Daerah ini diasumsikan sebagai daerah dengan kadar logam yang relative lebih rendah daripada stasiun yang lain karena letaknya yang paling jauh dari laut. Adapun vegetasi mangrove yang terdapat di kawasan ini diantaranya Avicennia dan Sonneratia. Lokasi pengambilan sampel pada stasiun ini terletak pada titik koordinat $7^{\circ}33'32.86''$ LS dan $112^{\circ}51'10.33''$ BT yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Stasiun 1

4.1.2 Deskripsi Stasiun 2

Lokasi penelitian pada stasiun 2 terletak pada titik koordinat $7^{\circ}33'59.91''$ LS dan $112^{\circ}52'07.57''$ BT yang dapat dilihat pada Gambar 7. Kawasan ini mendapatkan pengaruh dari tambak, serta masukan limbah yang dibuang di Sungai Porong sendiri. Pada stasiun ini terletak bersebarangan dengan dermaga pulau Sarinah yang digunakan untuk para wisatawan. Adapun vegetasi mangrove yang terdapat di kawasan ini diantaranya *Avicennia*, *Rhizophora* dan *Sonneratia*.



Gambar 7. Stasiun 2

4.1.3 Deskripsi Stasiun 3

Lokasi pengambilan sampel pada stasiun ini terletak pada titik koordinat $7^{\circ}34'30.66''$ LS dan $112^{\circ}52'06.88''$ BT yang dapat dilihat pada Gambar 8. Lokasi penelitian pada stasiun 3 merupakan titik muara Sungai Porong yang langsung berbatasan dengan laut. Pada stasiun ini aliran air di Sungai Porong akan dialirkan langsung menuju laut dimana wilayah ini berbatasan dengan Selat Madura. Pada stasiun ini vegetasi mangrove lebih padat dibandingkan pada stasiun 1 dan 2. Adapun jenis mangrove yang terdapat di stasiun 3 diantaranya *Avicennia* dan *Sonneratia*.



Gambar 8. Stasiun 3

4.2 Analisis Kualitas Air

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap parameter kualitas air diantaranya salinitas, tekstur tanah, dan pH yang mendukung kehidupan mangrove *Sonneratia caseoralis* dan yang mempengaruhi pencemaran logam berat di perairan. Data hasil pengukuran kualitas air dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Analisis Kualitas Air

Stasiun	Parameter				
	Salinitas (‰)	Tekstur Tanah (%)			pH
		Pasir	Debu	Liat	
1	2	3	85	12	6,98
2	2	0	68	32	6,88
3	3	1	83	16	6,88

4.2.1 Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mangrove. Salinitas kawasan mangrove sangat bervariasi, yaitu berkisar 0,5-35‰. Tumbuhan mangrove tumbuh subur pada kisaran salinitas 10-30 ‰. Salinitas yang sangat tinggi (± 35 ‰) berpengaruh buruk, karena dampak negatif tekanan osmotik (Hambran *et al.*, 2014).

Nilai salinitas yang diperoleh berdasarkan pengukuran di muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo pada stasiun 1 sebesar 2‰, pada stasiun 2 sebesar 2‰, dan pada stasiun 3 sebesar 3‰. Nilai salinitas yang didapat cenderung rendah dikarenakan masukan air tawar di 3 stasiun tersebut lebih tinggi dibandingkan masukan air laut. Hal ini sesuai dengan penelitian Deri *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa nilai salinitas pada perairan pesisir sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai. Nilai salinitas perairan laut dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat.

Rendahnya salinitas yang diperoleh pada penelitian ini, tidak banyak berpengaruh terhadap pertumbuhan dari tanaman mangrove *Sonneratia caseoralis*. Hal ini dibuktikan dengan keberadaan tanaman mangrove *Sonneratia caseoralis* di muara Sungai Porong yang jumlahnya berlimpah. Selain itu,

tanaman mangrove jenis ini memiliki kemampuan dalam menyesuaikan diri dengan keadaan lingkungan yang memiliki salinitas rendah (Kapludin, 2012).

4.2.2 Tekstur Substrat

Berdasarkan hasil analisis sedimen di muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo pada stasiun 1 didapatkan prosentase tekstur sedimen yaitu pasir 3%, debu 85%, dan liat 12%, stasiun 2 yaitu pasir 0%, debu 68%, dan liat 32%, stasiun 3 yaitu pasir 1%, debu 83%, dan liat 16%. Pada ketiga stasiun diketahui memiliki komposisi sedimen yang hampir sama yaitu lempung berdebu. Kandungan sedimen yang cenderung memiliki tekstur lempung yang tinggi ini merupakan pengaruh dari letak lokasi yang berada di muara sungai sehingga banyak terdapat endapan lumpur yang merupakan media tumbuh yang baik bagi mangrove.

Endapan lumpur yang di temukan di muara Sungai Porong pada ketiga stasiun berupa lumpur berwarna hitam. Tekstur tanah yang demikian merupakan tekstur yang memiliki daya serap tinggi terhadap logam pada sedimen karena ukuran partikel yang kecil dan luas permukaan yang besar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rochyatun *et al.* (2006) bahwa tingginya kadar logam berat dalam sedimen menunjukkan bahwa terjadi akumulasi dalam sedimen. Hal ini terlihat dari komposisi (tekstur) sedimen yang berupa lumpur berwarna hitam, dimana lumpur tersebut mempunyai pori-pori yang cukup kecil, daya adsorbsinya cukup tinggi, sehingga kadar logam berat yang didapat cukup tinggi. Selain itu, sedimen yang mengandung jumlah mineral lempung (clay) dan bahan organik akan cenderung mengakumulasi logam lebih tinggi, karena senyawa-senyawa tersebut memiliki sifat mengikat logam (Afriansyah, 2009).

Untuk ekosistem mangrove, tekstur tanah berupa lempung merupakan jenis tanah yang baik bagi pertumbuhannya. Tanah bertekstur lempung mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga mampu menahan air dan

menyediakan unsur hara yang tinggi. Komposisi partikel tanah bakau mempengaruhi permeabilitas dan menentukan pula kandungan air dan keadaan nutrisi tanah (Arisandy *et al.*, 2012). Oleh sebab itu, di muara Sungai Porong mangrove dapat tumbuh dengan baik dan memiliki kerapatan mangrove yang cukup tinggi.

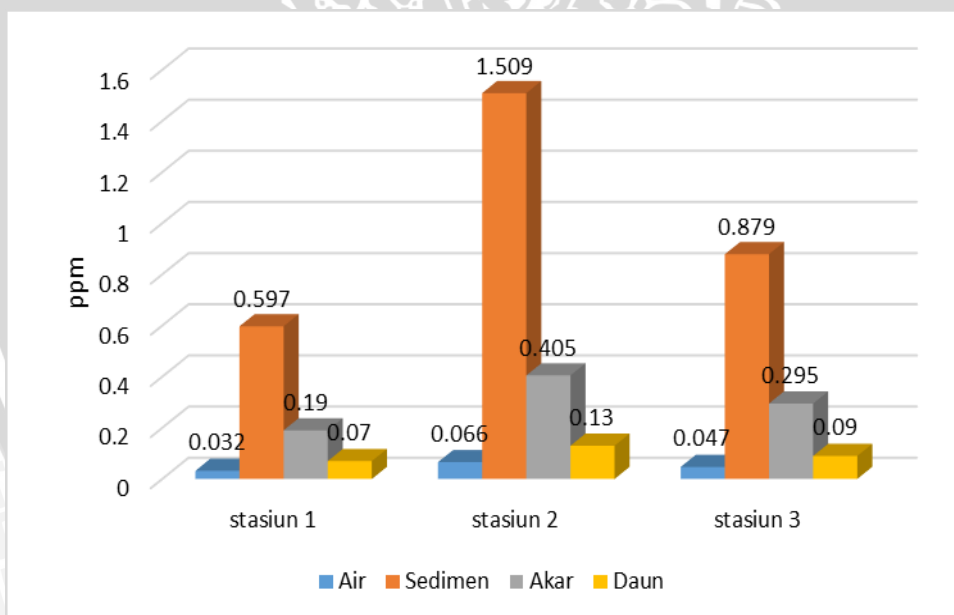
4.2.3 Derajat Keasamaan

Nilai pH yang diperoleh berdasarkan pengukuran di muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo pada stasiun 1 sebesar 6,98 pada stasiun 2 sebesar 6,88 dan pada stasiun 3 sebesar 6,88. Secara umum nilai pH di setiap stasiun tidak jauh berbeda yang menunjukkan bahwa perairan tersebut cenderung asam karena nilainya <7 . Nilai pH yang asam cenderung netral tersebut menyebabkan tingkat akumulasi logam menjadi kurang efektif. Hal ini sesuai dengan pendapat Kriswandana *et al.*, (2010) bahwa penyerapan logam berat Cu oleh tanaman rawa akan lebih efektif dalam keadaan asam. pH yang rendah akan meningkatkan daya larut logam berat di tanah dan penyerapan oleh tanaman. pH yang tidak begitu asam atau cenderung netral akan membuat tanaman mangrove tidak begitu efektif menyerap kadar Cu.

Menurut Palar (2004) dalam Rachmaningrum (2015) kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, sebaliknya pH yang rendah dapat menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air semakin besar karena sifat logam yang mudah larut dalam asam. Penurunan pH dalam perairan juga akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar dimana sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan yang sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan (Deri *et al.*, 2013).

4.3 Hasil Analisis Logam Berat Cu

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kadar logam berat Cu pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* di muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Pengukuran logam berat Cu melalui metode AAS (Atomic Absorbtion Spectophotometri). Data hasil pengukuran kadar logam berat Cu pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* dapat dilihat pada lampiran 2. Berdasarkan hasil pengukuran logam berat yang diperoleh, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan hasil kandungan logam berat yang terdapat pada air, sedimen, maupun akar dan daun mangrove *Sonneratia caseoralis* pada masing-masing stasiun. Perbedaan akumulasi logam berat Cu tersebut dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Logam berat Cu pada Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseoralis* di Muara Sungai Porong, Februari 2016

4.3.1 Logam Berat Cu pada Air

Pencemaran logam berat merupakan salah satu permasalahan yang besar di alam. Peningkatan jumlah logam berat dapat menyebabkan keracunan

terhadap tanah, air, dan udara (Panjaitan, 2009). Menurut Darmono (1995) pencemaran suatu perairan laut oleh unsur-unsur logam berat selain mengganggu ekosistem juga secara tidak langsung dapat merusak perikanan dan kesehatan manusia.

Hasil pengukuran logam berat Cu yang didapatkan pada air di muara Sungai Porong pada stasiun 1 sebesar 0,032 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,066 ppm, sedangkan pada stasiun 3 sebesar 0,047 ppm. Grafik kandungan logam berat Cu dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan hasil yang diperoleh didapatkan rata-rata kandungan logam berat Cu pada ketiga stasiun sebesar 0,048 ppm. Kandungan logam berat Cu tertinggi didapat pada stasiun 2 sebesar 0,066 ppm. Kondisi tersebut diduga karena pada stasiun ini air lebih tenang dan tidak mendapatkan pengaruh pergerakan air yang signifikan bila dibandingkan pada stasiun 1 dan 3 sehingga, hal ini membuat air berfluktuatif rendah dan pengikatan logam yang terjadi tinggi, sedangkan kandungan logam berat terendah didapat pada stasiun 1 sebesar 0,032 ppm. Kondisi tersebut diduga karena pada stasiun 1 mendapat pengaruh pergerakan air lebih tinggi sehingga air berfluktuatif tinggi karena lokasinya yang berdekatan dengan pertambangan pasir. Hasil ini sesuai dengan pendapat Rochyatun *et al.*, (2006) yang menyatakan bahwa tingkat akumulasi logam berat pada suatu perairan dipengaruhi oleh adanya pola arus yang dapat mengakibatkan pengenceran. Logam berat yang mengalami pengenceran tinggi akan menyebabkan logam yang terakumulasi dalam air rendah terutama jika air tersebut mengalami pergerakan karena arus.

Faktor lain yang mempengaruhi tingkat akumulasi logam Cu pada air adalah musim. Pada musim hujan konsentrasi logam dalam air akan lebih kecil daripada konsentrasi logam dalam air pada musim kemarau, karena pada musim hujan logam akan mengalami pelarutan sedangkan pada musim kemarau

logam akan terkonsentrasi (Darmono, 1995 dalam Prasetyo *et al.*, 2005). Meskipun nilai akumulasi logam berat pada air yang didapat rendah pada ketiga stasiun, menurut Kepmen KLH No.51 Tahun 2004 kondisi perairan tersebut telah melampaui ambang batas untuk kehidupan biota laut sebesar 0,008 ppm dan melebihi ambang batas kriteria air menurut kelasnya sebesar 0,02 ppm sesuai PP No.82 Tahun 2001.

4.3.2 Logam Berat Cu pada Sedimen

Hasil pengukuran logam berat Cu yang didapatkan pada sedimen di muara Sungai Porong pada stasiun 1 sebesar 0,597 ppm, pada stasiun 2 sebesar 1,509 ppm, sedangkan pada stasiun 3 sebesar 0,879 ppm. Grafik kandungan logam berat Cu dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan hasil yang diperoleh didapatkan rata-rata kandungan logam berat Cu pada ketiga stasiun sebesar 0,995 ppm. Kandungan logam berat Cu tertinggi didapat pada stasiun 2 sebesar 1,509 ppm. Tingginya kadar logam berat dalam sedimen di stasiun tersebut menunjukkan bahwa tingkat akumulasi dalam sedimen pada stasiun 2 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 1 dan 3. Kandungan logam berat Cu terendah terdapat pada stasiun 1 sebesar 0,597 ppm. Perbedaan tingkat akumulasi pada masing-masing stasiun pengamatan disebabkan oleh adanya perbedaan faktor pengendapan logam Cu pada sedimen dan dipengaruhi oleh jenis substrat dan ukuran sedimen. Menurut Nybakken (1992) bahwa jenis substrat dan ukuran merupakan salah satu faktor ekologi yang mempengaruhi kandungan bahan organik. Semakin halus tekstur substrat semakin besar kemampuannya untuk mengikat bahan organik. Kemampuan logam berat yang mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan serta berikatan dengan partikel-partikel sedimen, menyebabkan konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi daripada air.

Jumlah logam Cu yang terakumulasi dalam sedimen pada 3 stasiun masih dibawah ambang batas yaitu sebesar 5 ppm menurut Reseau National d'Observation (RNO) dalam Syarifah (2013). Namun, tingkat akumulasi yang cukup tinggi ini dapat terlihat dari komposisi (tekstur) sedimen tersebut yang berupa lumpur berwarna hitam, dimana lumpur tersebut mempunyai pori-pori yang cukup kecil, daya adsorbsinya cukup tinggi, sehingga kadar logam berat yang didapat cukup tinggi (Rochyatun *et al.*, 2006). Menurut Cahyani *et al.* (2012) kandungan Cu dalam sedimen cenderung tinggi dibandingkan di air, hal ini dikarenakan oleh sifat logam berat di kolom air yang mengendap dalam jangka waktu tertentu, dan kemudian terakumulasi di dasar perairan sedimen. Proses pengendapan logam pada sedimen yang cenderung stabil dan terus-menerus mengakibatkan akumulasinya juga meningkat. Selain itu proses pengendapan logam yang tinggi disebabkan oleh massa jenis logam yang berikatan dengan bahan organik memiliki massa jenis lebih tinggi daripada air. Hal ini sesuai teori gravitasi, apabila partikulat memiliki massa jenis lebih besar dari massa jenis air maka partikulat akan mengendap di dasar perairan dan terjadi proses sedimentasi (Hidayati *et al.*, 2014)

4.3.3 Logam Berat Cu pada Akar Mangrove *Sonneratia caseoralis*

Bagian tumbuhan mangrove yang paling banyak menyerap logam berat Cu adalah akar. Akar berinteraksi secara langsung dengan sedimen sehingga sangat memungkinkan baginya untuk mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi yang tinggi (Syarifah, 2013). Hasil rata-rata pengukuran logam berat Cu yang didapatkan pada akar mangrove *Sonneratia caseoralis* di muara Sungai Porong pada stasiun 1 sebesar 0,190 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,405 ppm, sedangkan pada stasiun 3 sebesar 0,295 ppm. Grafik kandungan logam berat Cu dapat dilihat pada Gambar 9.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dilihat bahwa adanya perbedaan tingkat akumulasi logam Cu pada akar antar stasiun. Nilai akumulasi tertinggi didapat pada stasiun 2 sebesar 0,405 ppm dan terendah pada stasiun 1 sebesar 0,190 ppm. Kandungan logam Cu pada akar mangrove masih dibawah ambang batas sesuai dengan keputusan Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan (POM) RI untuk cemaran logam berat tembaga pada sayuran segar yaitu 50 ppm. Perbedaan tingkat akumulasi logam Cu antar stasiun menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan yaitu dengan dibuktikan menggunakan analisis One Way Anova yang menunjukkan hasil bahwa nilai probabilitas (Sig) $0,006 < 0,05$ (lampiran 5) yang berarti tolak H_0 , sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kandungan logam Cu pada akar mangrove *Sonneratia caseolaris* antar stasiun.

Perbedaan kandungan logam berat Cu pada akar mangrove *Sonneratia caseolaris* dipengaruhi langsung oleh sedimen. Ketika kandungan logam berat pada sedimen tinggi, maka akan tinggi pula kandungan logam berat pada akar. Menurut Hamzah dan Agus (2010), Berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang, daun, dan buah.

Akumulasi logam berat Cu yang terdapat di akar lebih besar dibandingkan pada bagian tanaman mangrove yang lain seperti batang, daun, dan buah. Hal ini disebabkan karena akar merupakan organ yang kontak langsung dengan lingkungannya. Akar cenderung melokalisasi logam Cu untuk mencegah terjadinya peracunan oleh logam Cu dan menjaga agar logam Cu tidak menghambat metabolisme tumbuhan sehingga, kadar logam pada akar selalu

lebih tinggi dibandingkan dengan bagian yang lain. Selain itu, mangrove mempunyai system perakaran yang menghujam ke tanah dan menyebar luas sehingga mampu berfungsi menyerap kandungan polutan terutama jenis logam berat di lingkungan perairan sekitarnya sehingga daya racun polutan tersebut pada hutan mangrove dapat berkurang (Heriyanto dan Subiandono, 2011).

4.3.4 Logam Berat Cu pada Daun Mangrove *Sonneratia caseoralis*

Hasil rata-rata pengukuran logam berat Cu yang didapatkan pada daun mangrove *Sonneratia caseoralis* di muara Sungai Porong pada stasiun 1 sebesar 0,070 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,130 ppm, sedangkan pada stasiun 3 sebesar 0,090 ppm. Grafik kandungan logam berat Cu dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat dilihat bahwa adanya perbedaan tingkat akumulasi logam Cu pada daun antar stasiun. Nilai akumulasi tertinggi didapat pada stasiun 2 sebesar 0,130 ppm dan terendah pada stasiun 1 sebesar 0,070 ppm. Perbedaan tingkat akumulasi logam Cu antar stasiun menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan yaitu dengan dibuktikan menggunakan analisis One Way Anova yang menunjukkan hasil bahwa nilai probabilitas (Sig) $0,031 < 0,05$ (lampiran 5) yang berarti tolak H_0 , sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kandungan logam Cu pada daun mangrove *Sonneratia caseolaris* antar stasiun. Hal ini disebabkan adanya kemungkinan faktor penyerapan dari akar menuju daun. Menurut Moenir (2010) proses translokasi logam dari akar ke bagian tanaman yang lain dilakukan setelah logam berat masuk dalam akar tanaman kemudian didistribusikan ke bagian lain seperti batang dan daun melalui jaringan pengangkut (floem dan xylem). Tingginya kandungan logam di akar dan sedimen juga mempengaruhi kandungan logam pada daun mangrove. Kandungan logam di akar dan sedimen yang tinggi, maka tinggi pula kandungan di daun.

Pada dasarnya kandungan logam berat Cu di daun lebih rendah dibandingkan akar, hal ini berkaitan dengan proses masuknya logam Cu pada jaringan. Secara umum tumbuhan melakukan penyerapan Cu oleh jaringan akar, baik yang berasal dari sedimen maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu. Daun juga merupakan jaringan dengan tingkat akumulasi logam berat yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ranting. Kemungkinan hal ini disebabkan karena tingkat mobilitasi logam berat yang tinggi dan jaringan daun sebagai tempat penimbunan logam berat sebelum dilepas ke lingkungan (Setiawan, 2013). Pelepasan logam berat ini terjadi melalui proses eksresi secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif dengan akumulasi pada daun tua yang diikuti dengan absisi daun (gugurnya daun) (Syatifah, 2013). Hal ini sesuai dengan pernyataan Chaney *et al.*, (1998) 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.

Perbedaan kandungan logam Cu pada akar dan daun mangrove juga dibuktikan dengan menggunakan analisis data Independent T-test. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara akumulasi logam Cu pada akar dan daun mangrove. Hasil uji Independent test tersebut dapat dilihat pada lampiran 6. Berdasarkan uji Independent test menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dimana nilai probabilitas $(0,009) < 0,05$ yang berarti H_0 di tolak. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan antara kandungan logam berat pada akar dengan kandungan logam berat pada daun.

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

Pada dasarnya, tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat. Untuk mengetahui kemampuan tanaman mangrove dalam menyerap logam berat dapat dilakukan dengan cara menghitung nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD). Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD)

Stasiun	Sampel	BCF	TF	FTD
1	A	0,326	0,385	-0,059
	B	0,377	0,200	0,177
	C	0,251	0,600	-0,349
Rata-rata		0,318	0,395	-0,077
2	A	0,278	0,357	-0,079
	B	0,229	0,304	-0,075
	C	0,298	0,300	-0,002
Rata-rata		0,268	0,320	-0,052
3	A	0,341	0,250	0,091
	B	0,273	0,437	-0,164
	C	0,392	0,261	0,131
Rata-rata		0,335	0,316	0,019

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 : Fitoremediation yaitu selisih antara BCF dengan TF.

4.4.1 Analisis Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Untuk mengetahui nilai Bio-Concentration Factor (BCF) adalah rasio antara konsentrasi logam berat pada akar dengan konsentrasi logam berat pada sedimen (Hamzah dan Yuli, 2013). Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa hasil pengukuran rata-rata BCF berkisar antara 0,268-0,335. Nilai biokonsentrasi

tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 0,335. Nilai BCF yang tinggi dikarenakan tingginya nilai konsentrasi Cu pada sedimen dan rendahnya konsentrasi Cu pada akar. Hal ini sesuai dengan penelitian Hamzah dan Agus (2010), bahwa tingginya nilai BCF akar untuk semua logam didukung oleh tingginya konsentrasi semua logam pada akar dan rendah pada sedimen sehingga menghasilkan nilai BCF akar yang tinggi. Nilai BCF yang terlalu tinggi (> 1) dapat diartikan bahwa suatu spesies dianggap mampu sebagai tanaman efisien tingkat tinggi dalam bioakumulasi logam berat (Usman *et al.*, 2013). Meskipun mangrove *Sonneratia caseoralis* memiliki nilai BCF < 1 namun, mangrove ini masih dapat mengakumulasi logam berat terutama Cu sehingga, mangrove *Sonneratia caseoralis* masih dapat digolongkan ke dalam tanaman akumulator sedang. Hal ini sesuai dengan pendapat Malayeri *et al.*, (2008) bahwa nilai BCF 0,01-0,1 akumulator rendah, 0,1-1 akumulator sedang dan 1-10 akumulator tinggi.

Mangrove *Sonneratia caseoralis* mengakumulasi logam Cu di dalam akar karena akar merupakan organ yang berhubungan langsung dengan tanah. Namun demikian, dalam penelitian ini akumulasi logam Cu pada akar tergolong rendah sehingga nilai BCF yang dihasilkan juga rendah. Hal ini menunjukkan bahwa mangrove *Sonneratia caseoralis* mempunyai kemampuan yang terbatas dalam mengakumulasi logam berat Cu (Yoon *et al.*, 2006).

4.4.2 Analisis Faktor Translokasi

Untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan digunakan perhitungan nilai Translokasi Faktor (TF). Translokasi logam dihitung antara rasio konsentrasi logam di daun dan di akar (Puspita *et al.*, 2013). Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa hasil pengukuran rata-rata TF berkisar antara 0,316 - 0,395. Nilai TF tertinggi didapat pada stasiun 1 sebesar 0,395. Hal ini menunjukkan bahwa proses

translokasi logam dari akar menuju daun pada stasiun 1 lebih besar dibandingkan pada stasiun 2 dan 3. Proses translokasi logam ini dipengaruhi oleh kemampuan mangrove *Sonneratia caseoralis* dalam mentransfer logam dari akar menuju bagian tanaman yang lain dan jenis logam yang akan ditraslokasikan. Menurut Yoon *et al.*, (2006) yang menyebabkan rendahnya nilai TF karena terkadang akar mempunyai sistem penghentian transport logam menuju daun terutama logam esensial, sehingga ada penumpukkan logam di akar. Hal ini juga didukung oleh penelitian Syarifah (2013) bahwa Faktor Translokasi dapat dipengaruhi oleh sifat esensial atau tidaknya logam tersebut dalam tumbuhan. Translokasi logam dari akar ke daun untuk logam esensial (Cu) lebih rendah dibandingkan pada logam non esensial (Pb). Rendahnya nilai TF pada logam esensial menunjukkan bahwa mangrove menggunakan logam tersebut untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan.

Secara keseluruhan berdasarkan hasil TF yang <1 dapat disimpulkan bahwa mangrove *Sonneratia caseoralis* bukan termasuk dalam tanaman hiperakumulator. Menurut Siahaan *et al.* (2013) tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi pada jaringan permukaan (*above ground*) di habitat alamiahnya dan besar faktor translokasinya harus lebih dari 1. Namun demikian, mangrove *Sonneratia caseoralis* memiliki kemampuan untuk menyerap dan mentranslokasikan logam yang terdapat di lingkungan sehingga, tanaman ini bersifat sebagai fitostabilisasi. Fitostabilisasi adalah proses akumulasi dan mobilisasi logam dengan menggunakan jaringan akar. Fitostabilisasi mampu meminimalisir pergerakan polutan (logam berat) dalam sedimen (Susarla *et al.*, 2002).

4.4.3 Analisis Fitoremediasi (FTD)

Untuk mengurangi kandungan polutan dengan menggunakan tumbuhan sebagai sarananya dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam pada tanah atau sedimen dapat dilakukan dengan fitoremediasi. Fitoremediasi (FTD) adalah selisih antara Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Translokasi Faktor (TF). FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah (Yoon *et al.*, 2006). Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa hasil pengukuran rata-rata FTD berkisar antara -0,052 – 0,019. Hasil perhitungan FTD yang diperoleh pada stasiun 1 dan 2 bernilai negative (-0,077 dan -0,052) karena nilai $BCF < TF$. Pada stasiun 3 FTD yang diperoleh positif (0,019) karena nilai $BCF > TF$. Rendahnya hasil nilai FTD menunjukkan tingkat efektifitas biokonsentrasi logam Cu oleh akar dan translokasi Cu dari akar ke daun yang berimbang.

Meskipun hasil FTD yang ditunjukkan rendah, hal ini menyimpulkan bahwa *Sonneratia caseolaris* diduga dapat digunakan untuk tujuan fitoremediasi khususnya fitostabilisasi (Susarla *et al.*, 2002). Cara kerja fitostabilisasi adalah menggunakan kemampuan akar mengubah kondisi lingkungan. Tumbuhan akan menghentikan pergerakan logam yang diserap dan diakumulasikan oleh akar, kemudian diserap dan diendapkan dalam rizosfer. Proses tersebut juga nantinya akan mengurangi logam berat dalam rantai makanan (Hamzah dan Yuli, 2013).

Nilai fitoremediasi (FTD) yang tinggi digunakan untuk mengurangi pergerakan polutan didalam tanah/sedimen karena efektivitas akumulasi logam terjadi pada akar. Proses ini menggunakan kemampuan akar tanaman mangrove untuk mengubah kondisi lingkungan tercemar berat menjadi sedang bahkan ringan. Proses ini akan mengurangi pergerakan logam dan mengurangi logam masuk ke dalam sistem rantai makanan pada daerah estuaria (Puspita *et al.*, 2013).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di muara Sungai Porong, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Rata-rata nilai konsentrasi logam berat Cu pada air 0,048 ppm; sedimen 0,995 ppm; akar *Sonneratia caseoralis* 0,297 ppm dan daun *Sonneratia caseoralis* 0,097 ppm. Konsentrasi logam Cu tertinggi diperoleh pada sedimen sebesar 0,995 ppm. Hal ini disebabkan karena sifat logam Cu yang tidak dapat larut dalam air, sehingga terjadi proses pengendapan di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen yang berlangsung secara terus-menerus dalam jangka waktu yang panjang, serta sifat logam berat Cu yang mudah mengikat bahan organik yang terdapat di sedimen sehingga bahan organik yang tinggi juga menyebabkan konsentrasi logam Cu pada sedimen tinggi.
- 2) Mangrove *Sonneratia caseoralis* dapat dimanfaatkan untuk fitoremediasi khususnya sebagai fitostabilisasi lingkungan tercemar logam Cu. Hal ini dibuktikan dari kemampuan *Sonneratia caseoralis* mengakumulasi logam Cu (BCF) sebesar 0,268-0,335; mentransportasi logam Cu dari akar ke daun sebesar (TF) 0,316-0,395 dan kemampuan fitoremediasi (FTD) sebesar -0,052-0,019.

5.2 Saran

Tanaman mangrove *Sonneratia caseoralis* merupakan tanaman yang terbukti dapat menjadi fitoremediator logam berat sehingga, perlu adanya upaya pelestarian ekosistem mangrove baik berupa konservasi maupun reboisasi dengan tujuan agar pencemaran logam berat pada badan perairan di muara

Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo dapat berkurang dan mempertahankan potensi sumberdaya perairan tetap seimbang.



DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah , Ardi. 2009. Konsentrasi Kadmium (Cd) Dan Tembaga (Cu) Dalam Air, Seston, Kerang Dan Fraksinasinya Dalam Sedimen Di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur. Skripsi. Program Studi Ilmu Dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Ali dan Rina. 2010. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2) : 28-36
- Andarani , P. dan Dwina Roosmini. 2010. Profil Pencemaran Logam Berat (Cu, Cr, Dan Zn) Pada Air Permukaan Dan Sedimen Di Sekitar Industri Tekstil Pt X (Sungai Cikijing). Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Arisandy K.R., E.Y.Herawati, dan E.Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1): 15-25
- Ayunda.2011. Struktur Komunitas Gatropoda pada Ekosistem Mangrove di Gugus Pulau Pari Kepulauan seribu.Skripsi.Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia
- Balai Pengelolaan Hutan Mangrove. 2007. Identifikasi Flora dan Fauna Mangrove
- Bengen, D.G. 2001. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. *Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia
- Bryan, G. W. 1976. Some Aspects Heavy Metal Tolerance In Aquatic Organism. In : A. P. M. LOCKWOOD (Ed.) *Effects Of Polltitants On Aquatic Organisms*. Combridge University Press, Cambridge.
- Cahyani,M.D., R.Azizah, B.Yulianto. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal Of Marine Research*. 1(2): 73-79
- Caroline, J. dan G. A. Moa. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga Dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
- Chaney RL, Angle JS & Brown SL. 1998. Soil-Root Interface: Food Chain Contamination and Ecosystem Health. Madison WI: Soil Sci Soc Am 3 : 9-11

Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Makhluk Hidup. Jakarta : Universitas Indonesia

_____. 2001. Lingkungan Hidup Dan Pencemaran, Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam. Jakarta : UI Press

Deri, Emiyarti, dan L.O.A. Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 1(1): 38-48

Dewi, R.K., W.R. Melani., A. Zulfikar. 2013. Efektivitas Dan Efisiensi Fitoremediasi Orthofosfat Pada Deterjen Menggunakan Kiambang (*Pistia stratiotes*). Fakultas Kelautan Dan Perikanan. Universitas Raja Ali Haji

Effendi, E. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta : Kanisius

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

Felani, A. dan Amir H. 2007. Fitoremediasi Limbah Cair Industri Tapioka Dengan Tanaman Eceng Gondok. *Buana Sains*. 7(1) : 11-20

Hambran, Riza Linda, dan Irwan Lovadi. 2014. Analisa Vegetasi Mangrove Di Desa Sebusub Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *Jurnal Protobiont*. 3 (2): 201 - 208

Hamzah F., dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, Dan Zn Di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. (2)2: 41-52

Hamzah F. dan Y. Pancawati. 2013. Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Ilmu Kelautan*. 18(4) : 203-212

Handayani, T. 2006. Bioakumulasi Logam Berat Dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* Dan *Avicennia marina* Di Muara Angke Jakarta. *J.Tek.Ling*. 7(3): 266-270

Harahap, S. 1991. Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro. Thesis. Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.

Haruna, E.T., Ishak Isa., Nita Suleman. 2014. Fitoremediasi Pada Media Tanah Yang Mengandung Cu Dengan Tanaman Kangkung Darat. Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan IPA Universitas Negeri Gorontalo

Hastuti E.D., S. Anggoro, dan R. Pribadi. 2013. Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 331-336

- Heriyanto, N.M dan E. Subiandono. 2011. Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb Dan Cu) Oleh Jenis-Jenis Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8(2): 177-188
- Hidayati, N.V., A.S. Siregar, L.K. Sari, G.L. Putra, Hartono, I.P. Nugraha, A.D. Syakti. 2014. Pendugaan Tingkat Kontaminasi Logam Berat Pb, Cd Dan Cr Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Segara Anakan, Cilacap. *Omni Akuatika*. 13(18) : 30 - 39
- Ikawati, S., A.Zulfikar., D.Azizah. 2013. Efektivitas Dan Efisiensi Fitoremediasi Pada Deterjen Deterjen Dengan Menggunakan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*). Fakultas Kelautan Dan Perikanan. Universitas Raja Ali Haji
- Juniawan, A., Barlan R, dsn Bambang I. 2013. Karakteristik Lumpur Lapindo dan Fluktuasi Logam Berat Pb dan Cu pada Sungai Porong dan Aloo. FMIPA Universitas Brawijaya. Malang
- Kapludin, Y. 2012. Karakteristik dan Keragaman Biota Pada Vegetasi Mangrove Dusun Wael Kabupaten Seram Bagian Barat. Universitas Darussalam Ambon. Ambon
- Kartikasari, V., S.D. Tandjung, dan Sunarto. 2002. Akumulasi Logam Berat Ct Dan Pb Pada Tumbuhan Mangrove *Avicennia Marina* Di Muara Sungai Babon Perbatasan Kota Semarang Dan Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Manusia dan Lingkungan*. 9(3): 137-117
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut
- Kordi dan Tancung. 2005. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Rineka Cipta. Jakarta
- Kristanto, P. 2002. Ekologi Industri. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Kriswandana, F., N.Haidah, dan D.Nurmayanti. 2010. Efektifitas Tumbuhan Mangrove (*Avicennia Marina*) Jenis *Rhizophora* Dalam Penurunan Kandungan Pb, Cd Dan Cu Pada Limbah Cair. *Jurnal Penelitian Kesehatan*. 105-113
- Kusmana, C. 2009. Pengelolaan Sistem Mangrove Secara Terpadu. Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB. Bogor
- Laboratorium Kimia Dasar MIPA UB. 2016. Housemethods. Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.
- Malayeri, B.E., A.Chehregani, N.Yousefi, and B.Lorestani. 2008. Identification of The Hyperaccumulator Plants in Copper and Iron Mine in Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 11: 490-492

- Maslukah, L. 2006. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. Thesis. Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
- Meythree, A. 2012. Dampak Pencemaran Air. <http://m.pantonanews.com/berita-1249-dampak-pencemaran-air.html>. Diakses pada tanggal 4 Februari 2016
- Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. 1(2): 115-123
- More, J.W., dan Ramamoorthy, S., 1984, Heavy Metal in Natural Water, Springers Varleg, New York.
- Mubyarto dan Suratno. 1981. Metodologi Penelitian Ekonomi. Yayasan Agro Ekonomika : Yogyakarta
- Muhson, Ali. 2012. Pelatihan Analisis Statistik dengan SPSS. Fakultas Ekonomi Universitas Yogyakarta. Yogyakarta
- Mulyadi E., R. Laksmono dan D. Aprianti. 2010. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 1: 33-40
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Djambatan: Jakarta. Hal: 53
- Novitriani, Korry dan M. Kusmiati. 2013. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Dalam Menyerap Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Kesehatan*. 9(1): 97-100
- Nugrahanto, N.P., B. Yulianto., dan R. Azizah. 2014. Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. Volume 1 (1): 1-9
- Nur, F. 2013. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis*. 1(1): 74-83
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia: Jakarta
- Onrizal, Rugayah, dan Suhardjono. 2005. Flora Mangrove Berhabitus Pohon Di Hutan Lindung Engke-Kapuk. *J.Biodiversitas*. 6(1) : 34-39
- Palar, Heryando. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta
- _____. 2012. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta
- Panjaitan, G.Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Pada Pohon *Avicennia marina* Di Hutan Mangrove. Skripsi. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan

- Peraturan Pemerintah Nomor 82. 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Prasetyo, J.D., Ita Widowati, J. Suprijanto. 2005. Tingkat Bioakumulasi Logam Berat Pb (Timbal) pada Jaringan Lunak *Polymesoda erosa* (Molusca, Bivalve). Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang
- Priyanto, B., dan Prayitno J. 2009. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat
- Purnomo, T dan Muchyiddin. 2007. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forsk.*) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus*. 14 (1) : 68-77
- Purwiyanto, A.I.S. 2013. Daya Serap Akar dan Daun Mangrove Terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. 5(1): 1-5
- 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 Reaseach*. 3 (1): 44-53
- Qiu, Y.W., K.F. Yua, G. Zhang and W.X. Wang. 2011. Accumulation and Partitioning of Seven Trace Metals in Mangroves and Sediment Cores Fro Three Estuarine Wetlands of Hainan Island, China. *Journal of Hazardous Materials* 190 (2011) : 631-638
- Rachmaningrum, M., E. Wardhani, K. Pharmawati. 2015. Konsentrasi Logam Berat Cadmium (Cd) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. 1(3) : 1-11
- Raras, D.P., Bohari Y., dan Alimuddin. 2015. Analisis Kandungan Ion Logam Berat (Fe, Cd, Cu dan Pb) pada Tanaman Apu-Apu (*Pistia Stratiotes L*) dengan menggunakan Variasi Waktu. Prosiding Seminar Tugas Akhir FMIPA UNMUL. 76-79
- Rochyatun, E., M.T.Kaisupy dan A.Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*. 10(1) : 35-40
- Satriono, A. 2007. Profil Mangrove Taman Nasional Baluran. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institute Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi Dan Distribusi Logam Berat Pada Vegetasi Mangrove Di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 7(1): 12-24
- Shindu, S.F. 2005. Kandungan Logam Berat Cu, Zn, Pb dalam Air, Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dalam Keramba Jaring Apung, Waduk Saguling. Skripsi. IPB. Bogor. SNI. 2004

- Siahaan, M.T., A.Ambariyanto, dan B.Yulianto. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) Dengan Konsentras Berbeda Terhadap Klorofil, Kandungan Timbal Pada Akar dan Daun, Serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal Of Marine Research*. 2(2): 111-119
- SNI. 2004. Air dan Limbah – Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter (SNI 06-6989.11-2004). Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta
- Soemirat, J. 2003. Toksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press.Yogyakarta
- Sukardjo, S. 1984. Ekosistem Mangrove. *Oseana*. 9(4): 102-115
- Suryati, T. dan B.Priyanto. 2003. Eliminasi Logam Berat Kadmium Dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air. *J.Tek.Ling*. 4(3) : 143-147
- Susarla S., V.F. Medina, and S.C. McCutcheon .2002. Phytoremediation, An Ecological Solution to Organic Contamination. *Ecol Eng*. 18:647–58
- Susmalinda, T. 2013. Keunikan *Sonneratia* sp Si Apel Mangrove. Artikel. Wahana Berita Mangrove Indonesia
- Syarifah, Meilita. 2013. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Pada Pohon Mangrove (*Rhizophora Mucronata*) Di Perairan Karangsong, Indramayu. Skripsi. Manajemen Sumber Daya Perairan. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Taqwa, A. 2010. *Analisis Produktivitas Primer Fitoplankton Dan Struktur Komunitas Fauna Makrobenthos Berdasarkan Kerapatan Mangrove Di Kawasan Konservasi Mangrove Dan Bekantan Kota Tarakan, Kalimantan Timur*. Tesis. Program Pasca sarjana Universitas Diponegoro Semarang
- Tutus, Galuh. D. 2015. Akumulasi Logam Berat Cd Pada Akar, Batang, Daun dan Buah Mangrove (*Sonneratia caseolaris*) di Kawasan Mangrove Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur
- UNDAG. 2006. Environmental Assesment Hot Mud Flow East Java, Indonesia. UNEP/OCHA Environment Unit : Switzerland
- Usman, A. R. A., R. S. Alkreda., dan M. I. Al-Wabel. 2013. Heavy metal contamination in sediments and mangrove from the coast of Red Sea: *Avicennia marina* as potential metal bioaccumulator. *Ecotoxicology and Enviromental Safety*. 97(2013): 263-270
- Viobeth, B.R.,S. Sumiyati., E. Sutrisno. 2012. Fitoremediasi Limbah Mengandung Timbal (Pb) Dan Nikel (Ni) Menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*). Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

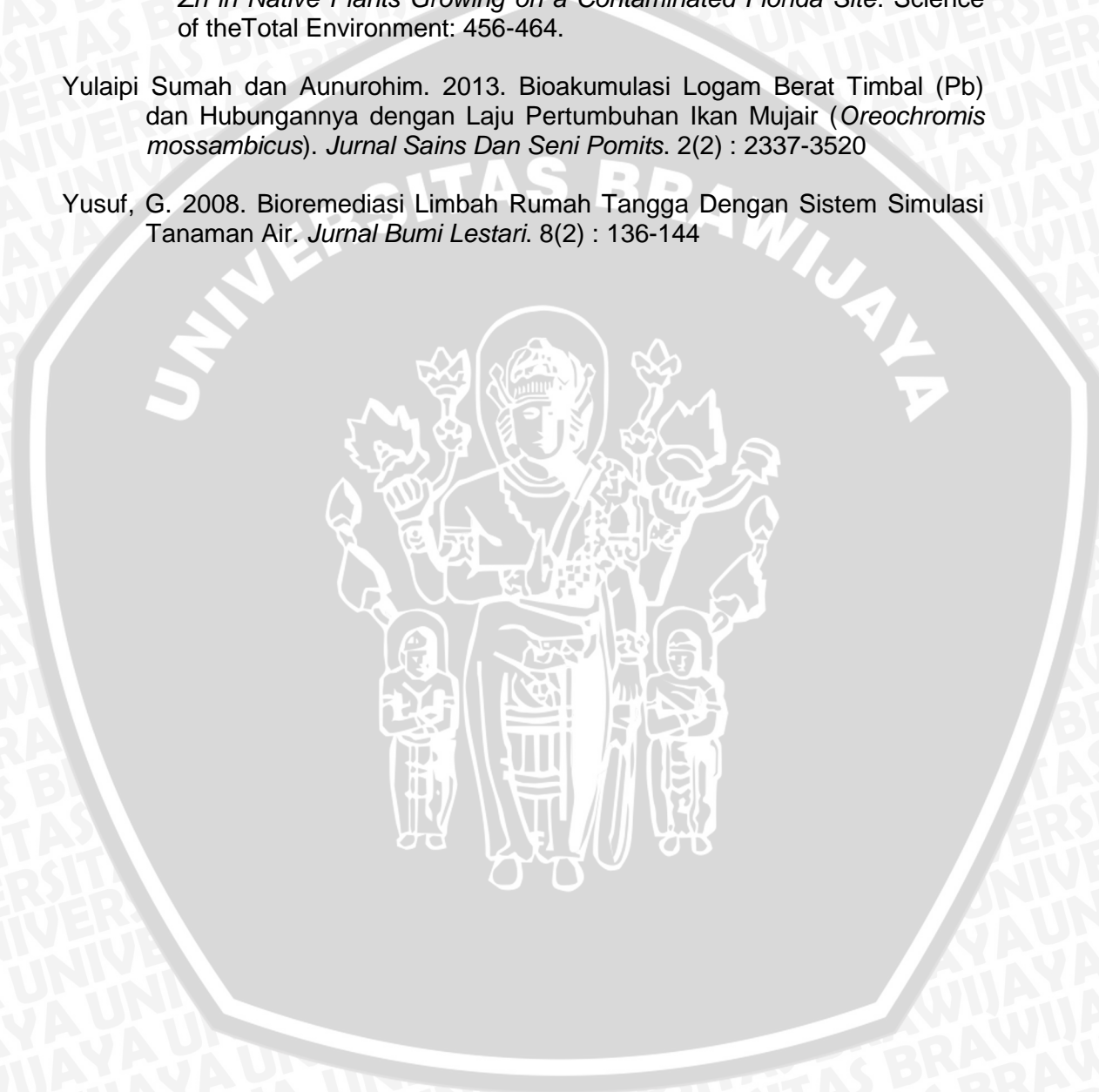
Wandana, R. dan R. Laksmono. 2012. Penggunaan Tanaman Kayu Api (*Pistia Stratiotes*) Untuk Pengolahan Air Limbah Laundry Secara fitoremediasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 5(2) : 60-64

Yani, A. dan M. Ruhimat. 2007. Geografi : Menyikap Fenomena Geosfer. Grafindo Media Pratama : Bandung

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

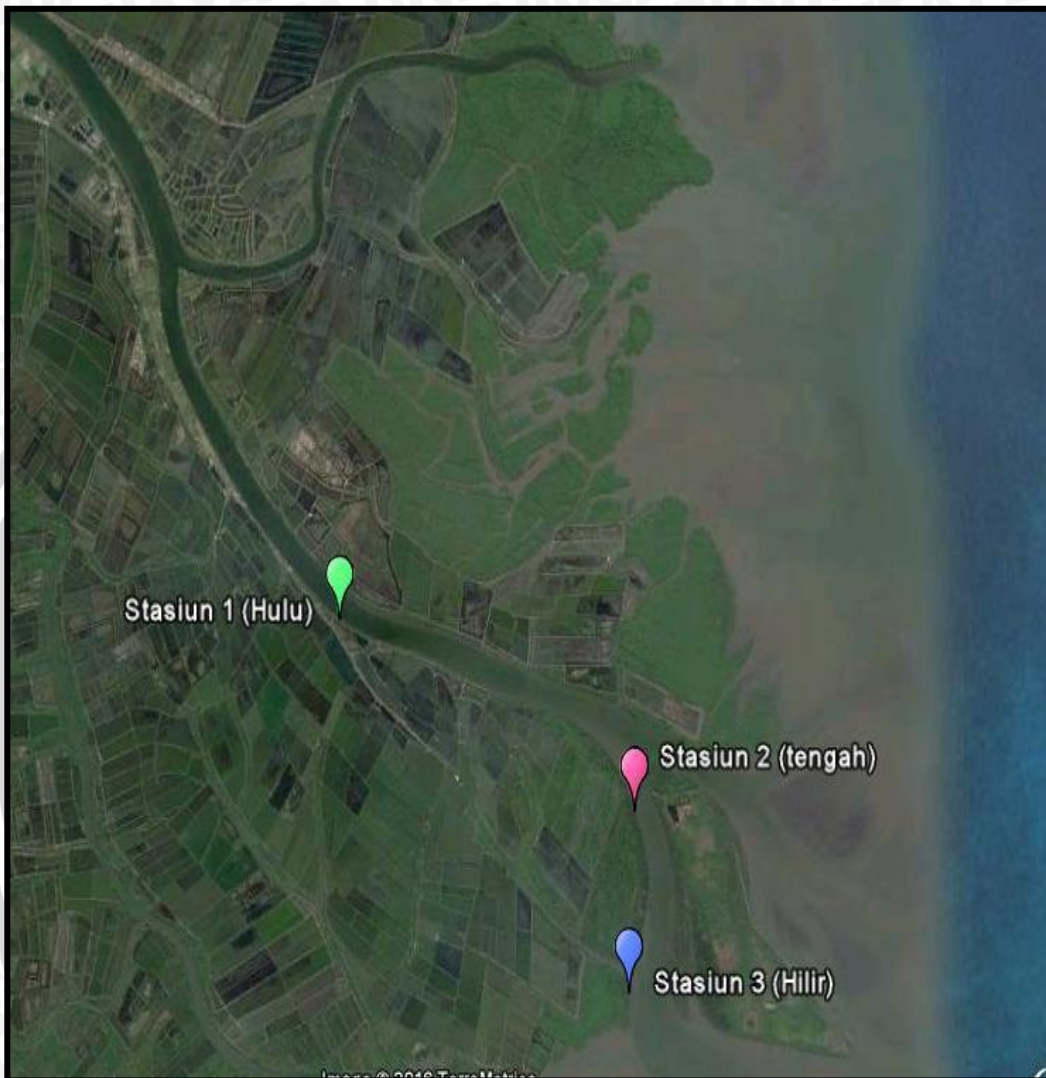
Yulaipi Sumah dan Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. 2(2) : 2337-3520

Yusuf, G. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga Dengan Sistem Simulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari*. 8(2) : 136-144



LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian



Peta Lokasi Penelitian

Stasiun 1 (Hulu) berada pada
 $7^{\circ}33'32.86''$ LS dan
 $112^{\circ}51'10.33''$ BT
 Stasiun 2 (Tengah) berada pada
 $7^{\circ}33'59.91''$ LS dan
 $112^{\circ}52'07.57''$ BT
 Stasiun 3 (Muara) berada pada
 $7^{\circ}34'30.66''$ LS dan
 $112^{\circ}52'06.88''$ BT
SKALA 1 : 30.000

Legenda Peta

- Pemukiman
- Laut
- Pesisir
- Hutan

Sumber Peta:
 Google Earth
 2016



Lampiran 2. Hasil Pengukuran Kadar Logam Berat Cu pada Air, Sedimen, Akar, dan Daun mangrove *Sonneratia caseoralis*

Sampel	Kadar Logam Berat Hg (ppm)				
	Air	Sedimen	<i>Sonneratia caseoralis</i>		
			Akar	Daun	
1	A			0,195	0,075
	B	0,032	0,597	0,225	0,045
	C			0,150	0,090
Rata-rata				0,190	0,070
2	A			0,420	0,150
	B	0,066	1,509	0,345	0,105
	C			0,450	0,135
Rata-rata				0,405	0,130
3	A			0,300	0,075
	B	0,047	0,879	0,240	0,105
	C			0,345	0,090
Rata-rata				0,295	0,090
Baku Mutu		< 0,008 ^a	< 5 ^b		

Keterangan :

a = KEPMENLH No. 51 Tahun 2004 Baku Mutu Air Laut tentang Biota Laut

b = Reseau National d'Observation (RNO) dalam Syarifah (2013)

Lampiran 3. Hasil Analisis Tekstur Tanah



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN**

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
Telepon: +62341-551611 pes. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011
website: www.fp.ub.ac.id email: fiperta@ub.ac.id
Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569218 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741
JURUSAN: Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
Hama dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan, dan alamat

Nomor : 02 /UN10.4/PG/2016 Malang, 8 Maret 2016
Lampiran : () lembar
Hal : Data Hasil Analisis

Kepada

Yth. : Nila, Yuni, Uul. (S1) FPIK

Bersama ini disampaikan hasil analisis Laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya di Laboratorium Fisika, jenis analisa terlampir. Demikian, atas kerjasamanya disampaikan terima kasih.

a.n. Wadek,
Ketua Jurusan Tanah,



Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 195405011981031006



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN**

Jalan Veteran Malang - 65145, Jawa Timur, Indonesia
Telepon : +62341-551611 pes. 207-208; 551665; 565845; Fax. 560011
website: www.fp.ub.ac.id email: fiperta@ub.ac.id
Telepon Dekan: +62341-566287 WD I: 569984 WD II: 569219 WD III: 569217 KTU: 575741
JURUSAN: Budidaya Pertanian: 569984 Sosial Ekonomi Pertanian: 580054 Tanah: 553623
Hama dan Penyakit Tumbuhan: 575843 Program Pasca Sarjana: 576273

Mohon maaf bila ada kesalahan dalam penulisan: nama, gelar, jabatan dan alamat

HASIL ANALISA TANAH

a.n : Nila. FPIK.
Asal : Muara Sungai Porong
Nomor : /UN10.4/PG / 2016
Tanggal Penerimaan : 4 Maret.2016
Tanggal Selesai : 11 Maret. 2016

No	Kode	Kadar air pF		Porosi tas	KHJ	Pasir	Debu	liat	Klas tekstur
		2.5	4.2						
1	Titik 1	-	-	-	-	3	85	12	Silty Loam
2	Titik 2	-	-	-	-	0	68	32	Silty Loam
3	Titik 3	-	-	-	-	1	83	16	Silty Loam

Ketua lab. Fisika

Ir. Widianto, MSc.
NIP 195302121979031004

Lampiran 4. Perhitungan BCF, TF, FTD

- Stasiun 1

- a. Pohon A

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,195 / 0,597 \\ &= 0,326 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,075 / 0,195 \\ &= 0,385 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= \text{BCF} - \text{TF} \\ &= 0,326 - 0,385 \\ &= -0,059 \end{aligned}$$

- b. Pohon B

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,225 / 0,597 \\ &= 0,377 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,045 / 0,225 \\ &= 0,200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= \text{BCF} - \text{TF} \\ &= 0,377 - 0,200 \\ &= 0,177 \end{aligned}$$

- c. Pohon C

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,150 / 0,597 \\ &= 0,251 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,090 / 0,150 \\ &= 0,600 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= 0,251 - 0,600 \\ &= -0,349 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Lanjutan

- Stasiun 2

- a. Pohon A

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,420 / 1,509 \\ &= 0,278 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,150 / 0,420 \\ &= 0,357 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= \text{BCF} - \text{TF} \\ &= 0,278 - 0,357 \\ &= -0,079 \end{aligned}$$

- b. Pohon B

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,345 / 1,509 \\ &= 0,229 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,105 / 0,345 \\ &= 0,304 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= \text{BCF} - \text{TF} \\ &= 0,229 - 0,304 \\ &= -0,075 \end{aligned}$$

- c. Pohon C

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,450 / 1,509 \\ &= 0,298 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,135 / 0,450 \\ &= 0,300 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= 0,298 - 0,300 \\ &= -0,002 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Lanjutan

- Stasiun 3

- a. Pohon A

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,300 / 0,879 \\ &= 0,341 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,075 / 0,300 \\ &= 0,250 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= \text{BCF} - \text{TF} \\ &= 0,341 - 0,250 \\ &= 0,091 \end{aligned}$$

- b. Pohon B

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,240 / 0,879 \\ &= 0,273 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,105 / 0,240 \\ &= 0,437 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= \text{BCF} - \text{TF} \\ &= 0,273 - 0,437 \\ &= -0,164 \end{aligned}$$

- c. Pohon C

$$\begin{aligned} \text{BCF} &= \frac{\text{Logam berat Cu pada Akar}}{\text{Logam Berat Cu Sedimen}} \\ &= 0,345 / 0,879 \\ &= 0,392 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{\text{Logam Berat Cu pada Daun}}{\text{Logam Berat Cu pada Akar}} \\ &= 0,090 / 0,345 \\ &= 0,261 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FTD} &= 0,392 - 0,261 \\ &= 0,131 \end{aligned}$$

Lampiran 5. Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Cu pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* Tiap Stasiun

- Perbandingan Kadar Logam Berat Cu pada Akar Antar Stasiun

Descriptives

akar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
stasiun 1	3	.19000	.037749	.021794	.09623	.28377	.150	.225
stasiun 2	3	.40500	.054083	.031225	.27065	.53935	.345	.450
stasiun 3	2	.27000	.042426	.030000	-.11119	.65119	.240	.300
Total	8	.29062	.107552	.038025	.20071	.38054	.150	.450

ANOVA

akar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.070	2	.035	16.779	.006
Within Groups	.011	5	.002		
Total	.081	7			

- Perbandingan Kadar Logam Berat Cu pada Daun Antar Stasiun

Descriptives

daun

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
stasiun 1	3	.07000	.022913	.013229	.01308	.12692	.045	.090
stasiun 2	3	.13000	.022913	.013229	.07308	.18692	.105	.150
stasiun 3	3	.09000	.015000	.008660	.05274	.12726	.075	.105
Total	9	.09667	.031918	.010639	.07213	.12120	.045	.150

ANOVA

daun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.006	2	.003	6.588	.031
Within Groups	.003	6	.000		
Total	.008	8			

Lampiran 6. Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Cu pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris*

Group Statistics

man grove	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kadar_Cu akar	9	.29667	.102225	.034075
daun	8	.09750	.034017	.012027

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
kadar_Cu	Equal variances assumed	9.066	.009	5.242	15	.000	.199167	.037992	.118188	.280146
	Equal variances not assumed			5.512	9.941	.000	.199167	.036135	.118588	.279746



Lampiran 7. Keputusan Menteri KLH Nomor 51 Tahun 2004

Lampiran III: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor : 51 Tahun 2004

Tanggal : 8 April 2004

BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK BIOTA LAUT

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
FISIKA			
1.	Kecerahan ^a	m	coral: >5 mangrove: - lamun: >3
2.	Kebauan	-	alami ³
3.	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	coral: 20 mangrove: 80 lamun: 20
5.	Sampah	-	nihil ¹⁽⁴⁾
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)} coral: 28-30 ^(c) mangrove: 28-32 ^(c) lamun: 28-30 ^(c)
7.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ¹⁽⁵⁾
KIMIA			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(d)
2.	Salinitas ^e	‰	alami ^{3(e)} coral: 33-34 ^(e) mangrove: s/d 34 ^(e) lamun: 33-34 ^(e)
3.	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	>5
4.	BOD5	mg/l	20
5.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/l	0,3
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8.	Sianida (CN ⁻)	mg/l	0,5
9.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01
10.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11.	Senyawa Fenol total	mg/l	0,002
12.	PCB total (poliklor bifenil)	µg/l	0,01
13.	Surfaktan (deterjen)	mg/l MBAS	1
14.	Minyak & lemak	mg/l	1
15.	Pestisida ^f	µg/l	0,01
16.	TBT (tributil tin) ⁷	µg/l	0,01
Logam terlarut:			
17.	Raksa (Hg)	mg/l	0,001
18.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,005
19.	Arsen (As)	mg/l	0,012

Lampiran 7. Lanjutan

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
20.	Kadmium (Cd)	mg/l	0,001
21.	Tembaga (Cu)	mg/l	0,008
22.	Timbal (Pb)	mg/l	0,008
23.	Seng (Zn)	mg/l	0,05
24.	Nikel (Ni)	mg/l	0,05
BIOLOGI			
1.	Coliform (total) ²	MPN/100 ml	1000 ²
2.	Patogen	sel/100 ml	nihil ¹
3.	Plankton	sel/100 ml	tidak bloom ³
RADIO NUKLIDA			
1.	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4

Catatan:

1. Nihil adalah tidak terdeteksi dengan batas deteksi alat yang digunakan (sesuai dengan metode yang digunakan)
2. Metode analisa mengacu pada metode analisa untuk air laut yang telah ada, baik internasional maupun nasional.
3. Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
4. Pengamatan oleh manusia (*visual*).
5. Pengamatan oleh manusia (*visual*). Lapisan minyak yang diacu adalah lapisan tipis (*thin layer*) dengan ketebalan 0,01mm
6. Tidak *bloom* adalah tidak terjadi pertumbuhan yang berlebihan yang dapat menyebabkan eutrofikasi. Pertumbuhan plankton yang berlebihan dipengaruhi oleh nutrisi, cahaya, suhu, kecepatan arus, dan kestabilan plankton itu sendiri.
7. TBT adalah zat *antifouling* yang biasanya terdapat pada cat kapal
 - a. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% kedalaman *euphotic*
 - b. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman
 - c. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2oC dari suhu alami
 - d. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0,2 satuan pH
 - e. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman
 - f. Berbagai jenis pestisida seperti: DDT, Endrin, Endosulfan dan Heptachlor
 - g. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <10% konsentrasi rata-rata musiman]

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,
ttd

Nabiel Makarim, MPA., MSM.

Salinan sesuai dengan aslinya
Deputi MENLH Bidang Kebijakan dan
Kelembagaan Lingkungan Hidup,

ttd

Hoetomo, MPA.

Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian



a) Pengukuran Panjang Daun dan Keliling Pohon *Sonneratia caseoralis*



b) Pengambilan Sampel Akar *Sonneratia caseoralis* dan Pemberian Larutan HNO_3 Pada Sampel Air



c) Penimbangan Sampel Daun dan Akar Mangrove *Sonneratia caseoralis*

Lampiran 8. Lanjutan



d) Pengukuran Derajat Keasaman dan Salinitas Pada Peraian di Muara Sungai Porong



e) Sampel Sedimen dan Akar



f) Sampel Daun *Sonneratia caseoralis* dan Sampel Air yang Diambil di Muara Sungai Porong