

**KAJIAN *Avicennia alba* SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI UPAYA
MENGURANGI KONSENTRASI LOGAM BERAT Pb DI EKOSISTEM
MANGROVE KELURAHAN WONOREJO, KOTA SURABAYA**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERAIRAN DAN KELAUTAN**

Oleh:

SALMANA WAHWAKHI

115080601111022



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2015

**KAJIAN *Avicennia alba* SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI UPAYA
MENGURANGI KONSENTRASI LOGAM BERAT Pb DI EKOSISTEM
MANGROVE KELURAHAN WONOREJO, KOTA SURABAYA**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

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

Oleh:

SALMANA WAHWAKHI

115080601111022



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

SKRIPSI

**KAJIAN *Avicennia alba* SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI UPAYA
MENGURANGI KONSENTRASI LOGAM BERAT Pb DI EKOSISTEM
MANGROVE KELURAHAN WONOREJO, KOTA SURABAYA**

Oleh:

Salmana Wahwakhi

115080601111022

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

Dr. H. Rudianto, MA
NIP. 19570715 198603 1 024
Tanggal:

Dosen Penguji II

Syarifah Hikmah J.S., S.Pi, M.Sc
NIP. 19840720 201404 2 002
Tanggal:

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph.D)
NIP. 19740812 200312 2 001
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Dwi C. Pratiwi S.Pi, M.Sc, MP)
NIK. 86011508120318
Tanggal:

Mengetahui
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)
NIP. 19630608 198703 1 0013
Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Salmana Wahwakhi

NIM : 115080601111022

Prodi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Laporan Skripsi ini merupakan hasil karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya belum pernah terdapat tulisan seperti ini, pendapat ataupun bentuk lain yang telah diterbitkan oleh orang lain kecuali tertulis dalam laporan di Daftar Pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti ataupun terdapat bukti bahwa Laporan Skripsi ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan yang saya lakukan sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 28 Mei 2015

Mahasiswa,

Salmana Wahwakhi

NIM. 115080601111022

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan kesempatan ini penulis mengucapkan pada berbagai pihak yang telah membantu dalam pembuatan laporan ini sehingga Laporan Skripsi dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih disampaikan penulis kepada:

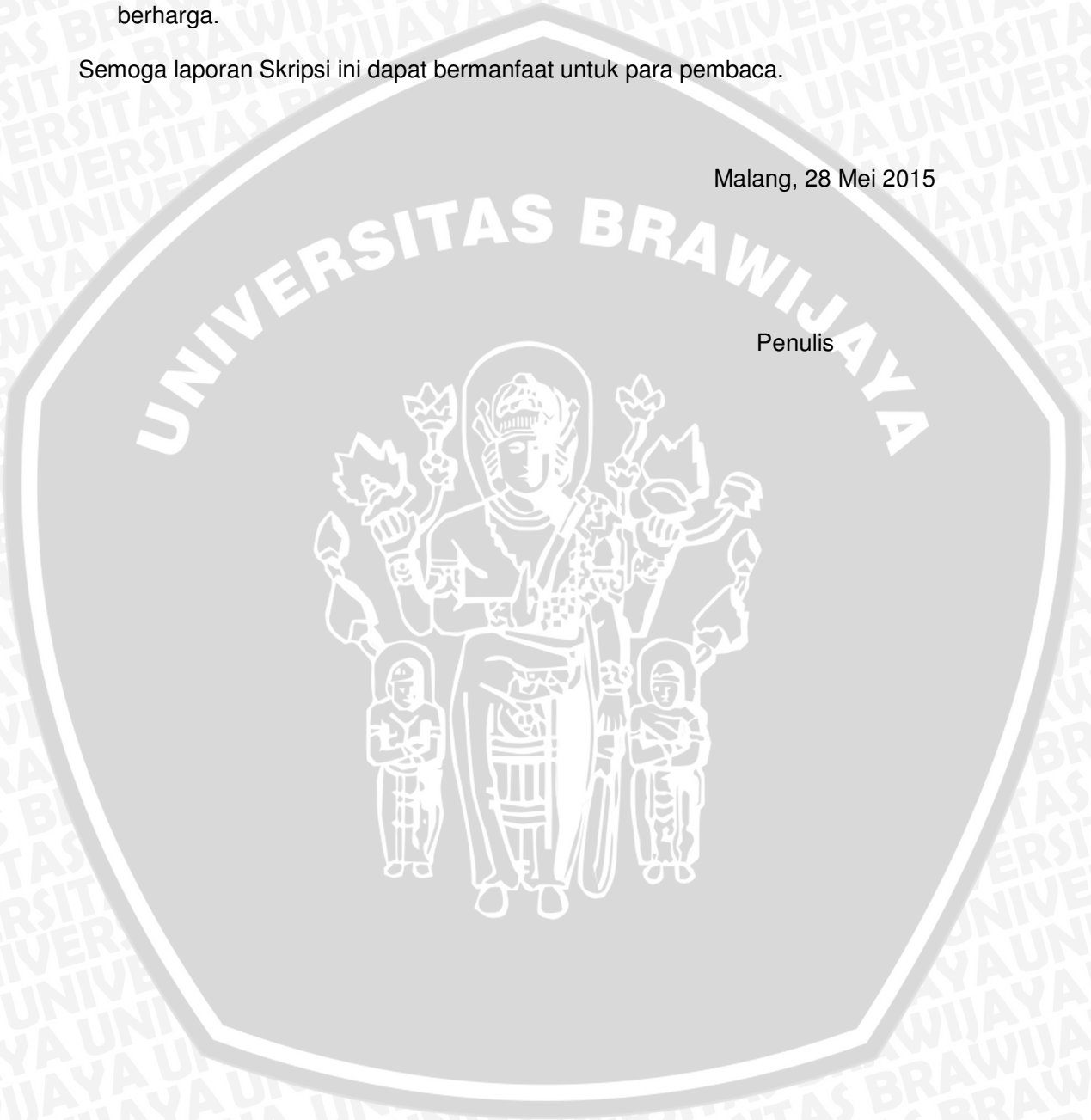
1. Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph.D dan Dwi Candra Pratiwi S.Pi, M.Sc, selaku dosen pembimbing skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik serta bimbingan dan pengarahan selama penulisan.
2. Muhammad Wachid S.Sos beserta jajaran staf, selaku pengurus di hutan Mangrove Rungkut Surabaya.
3. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M.Sc, selaku Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS yang telah membantu menganalisis konsentrasi logam berat.
4. Kedua orang tua Huda Dohiri dan Muthoharoh yang senantiasa selalu ada untuk mendoakan dan selalu memotivasiku dari jauh serta kedua adikku tercinta yang selalu mendukungku dan keluarga besar yang selalu menasehatiku.
5. Sahabat-sahabat satu perantauan Duto Prakoso dan Bagus Sulistyono Putra yang membantu dalam pengambilan data.
6. Sahabat-sahabatku Titus, Laela, Desi, Nur, Fanny, Winny, Intan, Arik, Dwi Retno, dan Andre yang telah banyak membantu melalui dukungan dan nasihat sehingga laporan skripsi dapat terselesaikan dengan baik.

7. Teman-teman Ilmu Kelautan terutama temen-temen PPKN dan Reunion yang telah menghibur dan memberi semangat serta kakak Ilmu Kelautan 2010 yang telah memberi nasihat, informasi, dan pengarahan yang sangat berharga.

Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat untuk para pembaca.

Malang, 28 Mei 2015

Penulis



RINGKASAN

SALMANA WAHWAKHI (NIM. 115080601111022). Skripsi dengan judul Kajian *Avicennia Alba* Sebagai Agen Fitoremediasi Upaya Mengurangi Konsentrasi Logam Berat Pb Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya (dibawah bimbingan **Feni Iranawati, S.Pi, M.Si, Ph.D dan Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, M.Sc, MP).**

Perairan muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya merupakan salah satu perairan di Indonesia yang telah mengalami pencemaran berupa logam berat Pb. Terdapatnya logam berat Pb pada perairan disebabkan karena banyaknya aktivitas manusia seperti industri di sepanjang sungai maupun hasil pembakaran dari bahan bakar kendaraan yang nantinya bermuara di Perairan Kelurahan Wonorejo. Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang secara aktif menghindari masukan logam berat yang berlebih dan memiliki kemampuan khas secara alamiah melalui akar. Salah satu mangrove yang mempunyai kemampuan dalam mengakumulasi logam didalam tubuhnya tersebut adalah *Avicennia alba*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai konsentrasi logam berat Pb yang terdapat dalam air, sedimen, akar, dan daun mangrove *Avicennia alba*, menganalisis kemampuan dari *Avicennia alba* dalam mengakumulasi logam berat Pb sehingga dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi, dan mengetahui organ dari *Avicennia alba* yang paling baik dalam mengakumulasi logam Pb.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-November 2014 di perairan Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya. Data yang diambil pada penelitian ini merupakan data primer dan sekunder. Data primer meliputi pengukuran parameter fisika (suhu), parameter kimia (pH, salinitas, dan DO), dan parameter logam berat Pb (air, sedimen, akar, dan daun mangrove) di 3 stasiun dengan melihat karakteristik tiap stasiun dan dokumentasi. Data sekunder didapatkan dari kajian pustaka yang meliputi baku mutu air Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 dan baku mutu sedimen *Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality* serta dari tulisan-tulisan ilmiah, buku-buku, dan sumber lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

Hasil dari penelitian yang dilakukan di perairan muara Kelurahan Wonorejo adalah rata-rata suhu sebesar $37.4^{\circ}\text{C} \pm 1.25$, pH sebesar 7.84 ± 0.67 , salinitas sebesar $28 \text{ ‰} \pm 9.85$, dan DO sebesar $4.3 \text{ mg/L} \pm 1.01$. Rata-rata konsentrasi logam berat Pb di air sebesar $0.78 \text{ ppm} \pm 0.18$, sedimen sebesar $29.05 \text{ ppm} \pm 3.44$, akar sebesar $34.13 \text{ ppm} \pm 6.89$, dan daun sebesar $13.30 \text{ ppm} \pm 1.90$. Rata-rata nilai BCF (*Bio-Concentration Factor*) dari akar sebesar 1.22 dan daun sebesar 0.4. Tingginya konsentrasi logam berat di akar daripada di daun mangrove karena akar merupakan bagian tumbuhan yang berinteraksi langsung dengan sedimen. Rata-rata nilai TF (*Translocation Factor*) sebesar 0.40. Rata-rata nilai FTD (Fitoremediasi) yang terdapat pada *Avicennia alba* pada akar sebesar 0.81 dan daun 0.08. FTD yang baik adalah bila BCF lebih besar nilainya daripada TF. Dengan hasil FTD tersebut menunjukkan bahwa *Avicennia alba* dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi. Fitoremediasi yang baik adalah bila nilai BCF lebih tinggi daripada nilai TF.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT telah senantiasa memberikan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga Laporan Skripsi dengan judul “Kajian *Avicennia Alba* Sebagai Agen Fitoremediasi Upaya Mengurangi Konsentrasi Logam Berat Pb Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya” ini dapat terselesaikan. Pada Laporan Skripsi ini menyajikan tentang beberapa pokok bahasan yang meliputi cara pengukuran dan nilai kandungan logam berat Pb dalam air, sedimen, akar mangrove dan daun mangrove serta parameter kualitas perairan yang meliputi pengukuran suhu, pH, salinitas, dan DO (Oksigen Terlarut). Selain itu untuk menganalisis agen fitoremediasi menggunakan spesies asli di Perairan Kelurahan Wonorejo yaitu *Avicennia alba*.

Dalam penulisan Laporan Skripsi ini penulis menyadari masih banyaknya kekurangan. Dengan segala kekurangan dan keterbatasan, penulis berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Malang, 28 Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
RINGKASAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 1. PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Kegunaan.....	5
1.5. Jadwal Pelaksanaan	6
 2. TINJAUAN PUSTAKA	 7
2.1. Pencemaran Laut	7
2.2. Logam Berat Pb (Timbal)	8
2.2.1. Karakteristik Logam Berat Pb (Timbal)	8
2.2.2. Ketersediaan Pb (Timbal) di Lingkungan dan Sumber Pb (Timbal) ..	8
2.2.3. Dinamika Logam Berat Pb (Timbal)	10
2.2.4. Efek Logam Berat Pb (Timbal).....	11
2.2.5. Akumulasi Logam Berat Pb di Perairan.....	13
2.2.6. Akumulasi Logam Berat Pb di Sedimen	13
2.3. Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pada Tumbuhan	14
2.3.1. <i>Avicennia alba</i>	17
2.3.1.1. Ciri-Ciri Umum dan Klasifikasi <i>Avicennia alba</i>	17
2.3.1.2. Habitat <i>Avicennia alba</i>	18
2.3.1.3. Fungsi dan Manfaat <i>Avicennia alba</i>	19
2.4. Parameter Lingkungan	20
2.4.1. Suhu	20
2.4.2. pH (Derajat Keasaman).....	21
2.4.3. Salinitas	21

2.4.4. DO (Oksigen Terlarut)	22
2.5. Penelitian Terdahulu	22
3. METODE PENELITIAN	24
3.1. Deskripsi Lokasi Penelitian	24
3.2. Prosedur Penelitian	27
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	29
3.4. Teknik Pengambilan Data	29
3.5. Teknik Pengambilan Sampel	30
3.6. Metode Analisis Sampel	34
3.6.1. Sampel Air Laut	34
3.6.2. Sampel Sedimen	35
3.6.2.1. Logam Berat	35
3.6.2.2. Fraksinasi Sedimen	35
3.6.3. Akar Mangrove	37
3.6.4. Daun Mangrove	38
3.7. Analisis Data	38
3.7.1. Perbandingan dengan Baku Mutu	38
3.7.2. Perhitungan BCF (<i>Bio-Concentration Factor</i>)	39
3.7.3. Perhitungan TF (<i>Translocation Factor</i>)	40
3.7.4. Perhitungan FTD (Fitoremediasi)	40
3.8. Analisis Statistik	41
3.8.1. Analisis T-Test	41
3.8.2. Analisis Korelasi Pearson	42
4. PEMBAHASAN	44
4.1. Keadaan Umum Lokasi Penelitian	44
4.2. Data Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia (<i>Insitu</i>)	45
4.2.1. Parameter Fisika	46
4.2.1.1. Suhu	46
4.2.2. Parameter Kimia	48
4.2.2.1. pH (Derajat Keasaman)	48
4.2.2.2. Salinitas	50
4.2.2.3. DO (Oksigen Terlarut)	52
4.3. Data Hasil Pengukuran Parameter Logam Berat Pb (<i>Exsitu</i>)	54
4.3.1. Air Laut	55
4.3.2. Sedimen	57

4.3.3.	Akar Mangrove	59
4.3.4.	Daun Mangrove	61
4.4.	Fraksinasi Sedimen.....	62
4.5.	Perhitungan BCF (<i>Bio-Concentration Factor</i>)	63
4.6.	Perhitungan TF (<i>Translocation Factor</i>)	66
4.7.	Perhitungan FTD (Fitoremediasi).....	67
4.8.	Hubungan Konsentrasi Logam Berat Pada di Sedimen, Akar dan Daun Mangrove Menggunakan Korelasi Pearson.	68
5.	KESIMPULAN	70
5.1.	Kesimpulan.....	70
5.2.	Saran	70
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		78



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bentuk Persenyawaan Pb dan Kegunaannya.....	10
2. Titik-Titik Koordinat Setiap Stasiun Pengambilan	25
3. Nilai korelasi (r) dan interpretasi.....	43
4. Data Pengukuran Parameter Fisika dan Parameter Kimia Pada Ekosistem Mangrove di Muara Kelurahan Wonorejo.....	45
5. Data Pengukuran Parameter Logam Berat Pb Pada <i>Avicennia alba</i> di Ekosistem Mangrove Muara Kelurahan Wonorejo	55
6. Akumulasi Logam Berat Pb Pada Akar dan Daun <i>Avicennia alba</i>	64
7. Hasil Uji T-TesT Akar dan Daun Mangrove.....	65
8. Perpindahan atau Translokasi Logam Berat Pb Pada <i>Avicennia alba</i>	66
9. Fitoremediasi Logam Berat Pb di Akar dan Daun Pada <i>Avicennia alba</i>	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses Masuknya Pb dalam Tubuh Manusia.....	12
2. Proses Fitoremediasi	15
3. a) Daun, b) Bunga, c) Buah, dan d) Pohon <i>Avicennia alba</i>	18
4. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	24
5. Stasiun 1 (Muara Sungai Kalijagir)	25
6. Stasiun 2 (Muara Sungai dari Kawasan Pendidikan).....	26
7. Stasiun 3 (Muara Sungai dari Kawasan Rungkut)	27
8. Skema Kerja Penelitian.....	28
9. Grafik Suhu pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo	46
10. Grafik pH pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo.....	48
11. Grafik Salinitas pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo	50
12. Grafik DO pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo	52
13. Grafik Logam Berat Pb dalam Air pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo	56
14. Grafik Logam Berat Pb dalam Sedimen pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo.....	58
15. Grafik Logam Berat Pb Dalam Akar Mangrove pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo	60
16. Grafik Logam Berat Pb Dalam Daun Mangrove pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo	61
17. Fraksi-Fraksi Pembentuk Sedimen	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat yang Digunakan Pada Penelitian	78
2. Bahan yang Digunakan Pada Penelitian	80
3. Perhitungan BCF (<i>Bio—Concentration Factor</i>)	81
4. Perhitungan TF (Translocation Factor)	82
5. Perhitungan FTD (Fitoremediasi)	82
6. Uji Statistik	83
7. Skema Kerja	86
8. Hasil Uji di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember	88
9. Baku Mutu Kualitas Perairan	89
10. Dokumentasi Penelitian	92



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang menjadi transisi dari ekosistem darat dan ekosistem laut yang keduanya saling berinteraksi. Wilayah pesisir sendiri mempunyai luasan mencapai 15% dari daratan di bumi. Di era globalisasi saat ini tidak dapat dipungkiri bahwa wilayah pesisir telah mengalami peningkatan dalam pemanfaatannya seperti perdagangan, pariwisata, pemukiman, transportasi laut, perikanan tangkap, maupun industri. Dalam pemanfaatan wilayah pesisir yang dikelola secara baik, akan berdampak pada ekonomi masyarakat sekitar maupun ekonomi negara. Dilain sisi, pemanfaatan wilayah pesisir yang berlebih dan tidak terkontrol yang diakibatkan oleh tingginya aktivitas manusia tersebut akan berdampak pada kerusakan lingkungan seperti pembuangan limbah. Menurut Deri *et al.*, (2013), daya dukung wilayah pesisir dalam menampung dan menetralkan limbah dari daratan maupun lautan sangat terbatas sehingga bila melampaui maka akan mengakibatkan pencemaran di perairan.

Pencemaran adalah dimana suatu kondisi telah berubah dari bentuk asal yang mengakibatkan kondisi menjadi lebih buruk. Kondisi yang demikian banyak diakibatkan oleh masuknya bahan-bahan pencemar atau polutan. Perubahan ini akan berdampak kepada organisme yang telah berada dan menetap di lingkungan tersebut. Pada tingkat yang lebih lanjut, bahan pencemar atau polutan yang terkonsentrasi tinggi di perairan akan menyebabkan kematian kepada organisme perairan. Ini dikarenakan organisme perairan adalah kelompok organisme yang pertama kali terkena dampak langsung dari pengaruh bahan pencemar (Palar, 2012).

Masuknya bahan pencemar ke dalam perairan tidak hanya berasal dari bahan organik saja, tetapi juga berasal dari bahan anorganik yang bersifat toksik. Masuknya bahan organik dan anorganik di perairan ini akan mengakibatkan perubahan yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup biota yang berada disekitar perairan (Sarjono, 2009). Bahan pencemar yang pada saat ini menjadi pusat perhatian oleh berbagai kalangan adalah logam berat. Logam berat yang terdapat di lingkungan perairan dan banyak diakibatkan oleh aktivitas manusia tersebut antara lain Pb (timbal), Cu (Tembaga), Hg (Raksa), Fe (Besi), Cd (Kadmium), Zn (Seng), Cr (Kromium), dan Ni (Nikel) (Supriharyono, 2000). Observasi yang dilakukan oleh Mills (1995), dari semua logam berat tersebut, terdapat tiga jenis logam berat yang masuk ke perairan yang berasal dari aktivitas industri yaitu Cu, Pb, dan Zn. Ketiga logam tersebut masuk ke perairan dengan konsentrasi yang tinggi dengan peningkatan nilai konsentrasi sampai dengan $1000 \mu\text{g Cu g}^{-1}$, $1000 \mu\text{g Pb g}^{-1}$, dan $2000 \mu\text{g Zn g}^{-1}$. Dari ketiga logam berat tersebut yang mempunyai nilai toksisitas tertinggi adalah Pb. Menurut Waldichuk (1974) dalam Hutagalung (1984) urutan toksistas logam berat adalah $\text{Hg}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Ag}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Pb}^{2+} > \text{As}^{2+} > \text{Cr}^{2+} > \text{Sn}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$

Pb (timbal) merupakan salah satu logam yang sangat rendah daya larutnya, bersifat pasif di perairan, tidak dapat terurai, dan merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (Zhang *et al.* 2007). Palar (2012) menambahkan, Pb dan persenyawaannya di perairan dapat berasal dari aktivitas manusia dan alami. Secara alami, Pb dapat masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan dan proses korosifikasi dari batuan mineral serta yang masuk ke perairan karena dampak aktivitas manusia diantaranya dapat berupa air buangan limbah yang berkaitan dengan Pb.

Perairan muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya merupakan salah satu perairan di Indonesia yang telah mengalami pencemaran

berupa logam berat Pb. Penelitian terdahulu di Perairan Kelurahan Wonorejo (Arisandy, *et al.*, 2012) menunjukkan adanya kandungan logam berat Pb yang telah melebihi ambang batas (baku mutu) air laut yaitu pada air sebesar 0.4235 ppm dan pada sedimen sebesar 10.965 ppm. Tingginya kandungan logam berat pada perairan diduga disebabkan oleh banyaknya aktivitas manusia di sepanjang sungai yang bermuara di perairan Kelurahan Wonorejo seperti aktivitas industri.

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang berada di perairan Kelurahan Wonorejo. Menurut Harty (1997) dalam Hamzah dan Setiawan (2010), mangrove adalah ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di lingkungan muara. Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat berfungsi dalam menyerap bahan organik dan bahan anorganik ke dalam tubuh melalui membran sel. Ini merupakan bentuk adaptasi mangrove pada kawasan yang ekstrim (Mastaller, 1996 dalam Panjaitan, 2009). Hal ini menunjukkan bahwa mangrove dapat secara aktif menghindari masukan logam berat yang berlebih dan berfungsi sebagai penyaring dan memiliki kemampuan *treatment* khas secara alami melalui organ akar (Clark, *et al.*, 1998 dalam Kammaruzaman, *et al.*, 2008). Salah satu mangrove yang memiliki kemampuan tersebut adalah *Avicennia alba*. Menurut Pahalawattaarachchi *et al.* (2009), *Avicennia alba* dapat mengakumulasi logam lebih baik daripada spesies *Rhizophora mucronata*. Pemilihan *Avicennia alba* selain karena dapat mengakumulasi logam lebih baik juga dikarenakan belum banyaknya penelitian tentang fungsi dan manfaat *Avicennia alba* di lingkungan sebagai agen fitoremediasi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Prasetya (2012), terdapat lima spesies yang mendominasi di Kelurahan Wonorejo yaitu *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora mucronata*. Walaupun *Avicennia marina* mempunyai nilai penting paling tinggi

yaitu sebesar 230,09%, tetapi *Avicennia marina* telah banyak dilakukan penelitian untuk tujuan fitoremediasi.

Fitoremediasi merupakan teknologi biologis yang memanfaatkan proses tumbuhan alami untuk menurunkan degradasi dan menghilangkan kontaminan dalam sedimen atau air. Secara umum, fitoremediasi dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif dalam mengurangi kontaminasi berupa bahan organik, nutrient, ataupun logam berat dengan biaya yang murah.

Penelitian ini menjelaskan tentang keberadaan logam berat Pb di air, sedimen, akar mangrove, dan daun mangrove untuk mengetahui dimana kandungan logam berat Pb yang paling banyak terkonsentrasi di *Avicennia alba* serta untuk mengetahui perbandingan konsentrasi logam berat Pb di *Avicennia alba* dan di lingkungan Perairan Muara Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya sehingga dapat diketahui apakah *Avicennia alba* dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi dan untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang bagaimana kondisi perairan mangrove di Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya dilihat dari parameter fisika, parameter kimia, dan parameter biologi.

1.2. Rumusan Masalah

Perairan Muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya merupakan salah satu wilayah yang menjadi muara dari sungai-sungai yang melintasi kawasan perkotaan Surabaya. Berbagai aktivitas yang terdapat di perkotaan secara langsung maupun tidak langsung akan mencemari perairan yang selanjutnya akan mempengaruhi dari kualitas perairan. Menurut penelitian sebelumnya, timbal (Pb) merupakan logam berat yang sudah banyak terkonsentrasi di perairan Kelurahan Wonorejo dan telah melebihi baku mutu yang ada.

Salah satu ekosistem yang dapat mengurangi konsentrasi logam berat Pb di perairan adalah ekosistem mangrove karena dapat menyerap bahan organik dan bahan anorganik ke dalam tubuh melalui membran sel. Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Bagaimana konsentrasi logam berat Pb (Timbal) yang terdapat dalam air, sedimen, akar, dan daun mangrove *Avicennia alba* di ekosistem mangrove Perairan Kelurahan Wonorejo?
2. Apakah *Avicennia alba* yang terdapat di Perairan Kelurahan Wonorejo dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi?

1.3. Tujuan

Tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai konsentrasi logam berat Pb yang terdapat dalam air, sedimen, akar, dan daun mangrove *Avicennia alba* pada ekosistem mangrove Perairan Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya.
2. Menganalisis kemampuan dari *Avicennia alba* baik akar maupun daun dalam mengakumulasi logam berat Pb di Perairan Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya sehingga dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi.

1.4. Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mahasiswa

Meningkatkan pengetahuan dan wawasan dalam menganalisa data, memahami permasalahan yang ada di sekitar, dan mendapatkan solusi dengan memadukan teori yang didapat dengan keadaan di lapang.

2. Masyarakat Umum

Memberikan pengetahuan kepada masyarakat tentang pentingnya mangrove sebagai salah satu alternatif dalam mengurangi kontaminasi serta memberikan masyarakat kesadaran untuk ikut serta dalam menjaga dan mengelola ekosistem mangrove. di Perairan Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya.

3. Pemerintah

Sebagai informasi tambahan dalam proses menjaga dan mengelola sumberdaya secara berkelanjutan dan meningkatnya mutu Perairan Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya

4. Akademisi

Dapat dijadikan sebagai sumber informasi keilmuan dasar untuk referensi bagi mahasiswa lain yang ingin melakukan penelitian lanjutan dan dapat menjadi pembandingan dengan lokasi lain dalam penelitian yang sama.

1.5. Jadwal Pelaksanaan

Penelitian ini adalah lanjutan dari Praktik Kerja Lapangan dimana dalam pengambilan sampel dan analisis logam berat Pb dilakukan pada bulan Oktober-November 2014 di ekosistem mangrove pada Perairan Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya. Kemudian untuk menguji hasil sampel air, sedimen, daun mangrove, dan akar mangrove yang telah diambil di lapang selanjutnya akan dianalisis di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS dan untuk mengetahui fraksi sedimen dilakukan pengujian di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Laut

Pencemaran perairan menurut Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KLH, 1991) merupakan masuknya zat atau energi secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai aktivitas manusia ke dalam lingkungan perairan sehingga akan mengakibatkan kerugian baik dari segi sumber daya alam, gangguan terhadap kegiatan laut termasuk perikanan hingga kesehatan manusia. Menurut Palar (2012), suatu lingkungan dapat dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan dalam tatanan lingkungan sehingga terjadi perubahan dari bentuk asalnya. Ini diakibatkan oleh masuk atau dimasukkannya suatu benda asing ke dalam tatanan lingkungan tersebut sehingga dapat memberikan dampak buruk terhadap organisme yang telah hidup dan menetap di lingkungan tersebut.

Berdasarkan definisi di atas, menurut Mukhtasor *et al.* (2002), terjadinya pencemaran harus terdapat proses masuknya polutan baik berupa zat, makhluk hidup, atau energi. Secara garis besar terdapat dua cara bahan pencemar masuk ke lingkungan, yaitu:

- a. Secara alami, misalnya dari pengikisan batuan, gunung meletus, maupun dari gelombang tsunami,
- b. Melalui kegiatan manusia (*anthropogenic*), misalnya dari kecelakaan kapal tanker, pembuangan bahan hasil pengerukan pelabuhan, limbah industri, atau dari limbah domestik.

Dari cara bahan pencemar yang masuk ke lingkungan perairan, maka kegiatan manusia merupakan kegiatan yang paling banyak menyebabkan pencemaran laut. Bahan pencemar yang paling banyak dihasilkan oleh kegiatan manusia tersebut adalah logam berat seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), raksa (Hg),

kadmium (Cd), seng (Zn), kromium (Cr), nikel (Ni), besi (Fe), dan mangan (Mn) yang mungkin sudah ada di perairan sebelumnya. Observasi yang dilakukan oleh Mills (1995) bahwa logam berat yang konsentrasi di daerah estuari yang paling tinggi adalah Cu, Pb, dan Zn.

2.2. Logam Berat Pb (Timbal)

2.2.1. Karakteristik Logam Berat Pb (Timbal)

Timbal (Pb) adalah logam lunak kebiruan atau keperakan. Timbal (Pb) dapat menguap dan bereaksi dengan oksigen sehingga membentuk Timbal oksida (PbO). Bentuk oksidasi yang paling umum adalah Timbal (II) dan senyawa organometalik (WHO, 1997). Timbal sendiri merupakan salah satu logam berat yang mempunyai toksisitas tinggi. Timbal dapat berada di seluruh benda mati di lingkungan dan sistem biologis (Suhendrayatna, 2001).

Menurut Palar (2012), logam timbal atau Pb mempunyai sifat-sifat yang khusus seperti berikut:

- Merupakan logam lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau dan dapat dibentuk dengan mudah,
- Merupakan logam yang tahan terhadap korosi sehingga sering digunakan untuk bahan *coating*,
- Mempunyai titik lebur rendah, hanya 327,5°C,
- Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri, dan
- Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

2.2.2. Ketersediaan Pb (Timbal) di Lingkungan dan Sumber Pb (Timbal)

Ketersediaan Pb di lingkungan sendiri terdapat dua cara yaitu secara alami maupun dari kegiatan manusia (*anthropogenic*). Kandungan Pb secara alami yakni terdapat pada:

a. Batuan

Logam-logam lebih banyak ditemukan dalam batuan. Keberadaan kelompok logam biasanya ditemukan dalam bentuk berikatan dengan logam-logam mineral lain. Logam yang berasal dari batuan dapat melalui proses-proses pertambangan dan pengolahan seperti penggalian, pengerukan, pencucian, pembakaran, pemurnian, dan lain-lain (Palar, 2012). Menurut Weaepohl (1961) dalam Mukono (2002), kandungan Pb dalam batuan sekitar 10-20 mg/kg.

b. Tanah

Selain pada batuan, logam Pb dapat ditemukan pada lapisan tanah permukaan. Rata-rata Pb yang terdapat di permukaan tanah adalah sebesar 5-25 mg/kg (Mukono, 2002). Menurut Palar (2012), sedikit banyaknya kandungan timbal dalam lapisan tanah permukaan dipengaruhi oleh:

- Karakteristik atau ciri khas dari struktur Pb,
- Kandungan bahan organik yang terdapat pada lapisan tanah,
- pH tanah,
- Ukuran partikel tanah,
- Kemampuan pertukaran ion, dan
- Temperatur.

c. Air

Umumnya logam yang terdapat di perairan sudah dalam bentuk persenyawaan, seperti senyawa hidroksida, senyawa oksida, senyawa karbonat, dan senyawa sulfida (Palar, 2012). Menurut Putra (2002) dalam Deri *et al.* (2013), secara alami kandungan Pb dalam perairan dapat melalui bantuan air hujan dan pengikisan batuan mineral akibat dari hempasan gelombang dan angin.

d. Udara

Logam berat Pb di udara ditemukan dalam bentuk partikulat atau senyawa. Kandungan logam berat Pb di udara dapat berasal dari letusan gunung berapi, erosi, dan lain sebagainya. Dalam keadaan alamiah menurut studi Patterson (1965) dalam Mukono (2002), kadar Pb di udara $0.0006 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dari kegiatan manusia, Pb berasal dari buangan limbah dari industri maupun limbah domestik yang berkaitan dengan timbal. Dalam perkembangan industri kimia saat ini, timbal ditambahkan dalam bahan bakar bermotor yang biasa disebut additive. Bentuk-bentuk persenyawaan dari Pb dengan unsur kimia lainnya yang banyak digunakan dalam aktivitas manusia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Bentuk Persenyawaan Pb dan Kegunaannya

Bentuk Persenyawaan	Kegunaan
Pb + Sb	Kabel telepon
Pb + As + Sn + Bi	Kabel listrik
Pb + Ni	Senyawa azida untuk bahan peledak
Pb + Cr + Mo + Cl	Pewarnaan pada cat
Pb – asetat	Pengkilapan keramik & bahan anti api
Pb + Te	Pembakit listrik tenaga panas
Tetrametil – Pb & Tetraetil - Pb	Additive untuk bahan bakar kendaraan bermotor

(Sumber: Palar, 2012)

2.2.3. Dinamika Logam Berat Pb (Timbal)

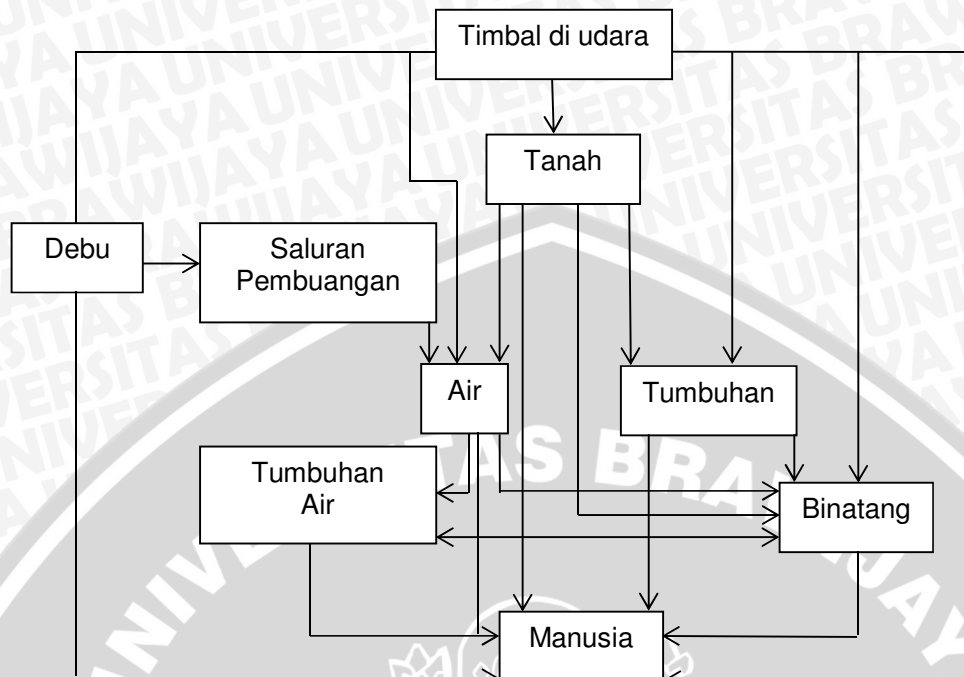
Secara alami, logam Pb di perairan dipengaruhi oleh pelapukan batuan dari hampasan gelombang dan angin. Dari kegiatan manusia bersumber dari pembakaran batu bara, asap dari pabrik-pabrik yang mengolah senyawa alkil-Pb, Pb-oksida, peleburan bijih Pn, dan transfer bahan bakar kendaraan bermotor karena senyawa alkil-Pb yang berada dalam bahan bakar sangat mudah menguap (Palar, 2012). Keberadaan logam Pb juga dipengaruhi oleh keadaan

lingkungan itu sendiri. Menurut Rochyatun *et al.*, (2006), pencemaran yang diakibatkan oleh logam berat Pb yang berasal dari aktivitas di darat lebih tinggi daripada yang berasal dari aktivitas di laut. Ini karena logam berat Pb terbawa oleh hujan dan kemudian mengalir ke sungai dan akhirnya ke laut. Logam berat yang awalnya terlarut dalam sungai, kemudian diadsorpsi oleh partikel halus dan oleh aliran sungai dibawa ke muara. Di muara, arus sungai bertemu dengan arus pasang dan gelombang yang cukup tenang sehingga logam tersebut mengalami pengenceran dalam tingkat rendah.

Pb tidak akan larut dalam tanah jika tanah terlalu masam. Pb akan mengendap di tempat-tempat pertukaran seperti pada akar dan permukaan tanah. Dalam hal ini tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat tanah mempunyai kandungan bahan organik dan kemampuan tukar kation tanah rendah. Jika tanaman tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman.

2.2.4. Efek Logam Berat Pb (Timbal)

Menurut Mukono (2002), debu, udara, dan tanah yang mengandung Pb akan mengkontaminasi air minum yang kemudian dikonsumsi oleh manusia. Keracunan oleh Pb dapat terjadi karena masuknya logam tersebut melalui beberapa jalur: a) melalui udara, b) melalui air, dan c) melalui makanan. Sejatinya, logam Pb tidak dibutuhkan oleh manusia sehingga bila makanan tersebut tercemar oleh logam tersebut, maka tubuh akan mengeluarkan sebagian dan sisanya terakumulasi dalam tubuh, seperti ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut (Saeni, 1997). Proses masuknya Pb ke dalam tubuh manusia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Masuknya Pb dalam Tubuh Manusia

(Sumber: WHO, 1997)

Gambar 1 di atas menggambarkan bahwa masuknya timbal di dalam tubuh manusia dikarenakan keberadaan timbal di udara. Keberadaan timbal di udara secara langsung akan berdampak pada manusia melalui debu terkait dengan saluran pernapasan. Selain itu akumulasi Pb dalam tubuh manusia dapat melalui tumbuhan, binatang, dan air terkait dengan makanan dan minuman yang dikonsumsi manusia. Menurut Palar (2012), menjelaskan bahwa persenyawaan logam Pb dapat masuk ke dalam tubuh manusia dikarenakan dari udara, makanan dan minuman, dan penetrasi dari logam berat Pb pada lapisan kulit. Selain itu, keracunan yang terjadi akibat dari terkontaminasinya logam Pb dalam tubuh manusia sebagai berikut:

- Meningkatnya kadar ALA dalam darah dan urine,
- Meningkatnya kadar protoporphirin dalam sel darah merah,
- Memperpendek umur sel darah merah,

- d. Menurunkan jumlah sel darah merah,
- e. Menurunkan kadar *retikulosit* (sel darah merah yang masih muda), dan
- f. Meningkatkan kandungan logam Fe dalam plasma darah.

Selain pada manusia, toksisitas logam berat mempunyai efek dalam menghambat pertumbuhan tanaman, enzimatis, fungsi stomata, aktivitas fotosintesis, dan akumulasi unsur hara lainnya dan juga merusak akar.

2.2.5. Akumulasi Logam Berat Pb di Perairan

Akumulasi logam berat di perairan yang bersifat esensial maupun non esensial akan menyebabkan pencemaran. Sebagian besar sumber pencemaran ini diakibatkan oleh pertambangan, peleburan logam dan jenis industri lainnya tak terkecuali dari sektor pertanian yang menggunakan pupuk dan didalamnya mengandung logam (Darmono, 2001). Secara alami, logam berat ini telah berada di dalam perairan dari erosi batuan dan aktivitas gunung. Logam berat yang terlarut dalam perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah menjadi sumber racun bagi biota perairan. Terdapat 4 faktor yang menjadi penentu dari daya racun yang ditimbulkan oleh logam berat yaitu: 1) Bentuk logam dalam air, 2) keberadaan logam-logam lain, 3) fisiologis dari organisme, dan 4) kondisi biota (Palar, 2012).

Pb merupakan logam berat non esensial yang berada di perairan karena adanya kontak air dengan tanah maupun udara yang telah tercemar oleh Pb karena salah satu akibat dari industri. Pb di perairan ditemukan dalam bentuk kompleks dalam gugusan organik membentuk larutan klorida atau dalam bentuk ion Pb^{++} dan $PbCl^+$ (Supriharyono, 2000).

2.2.6. Akumulasi Logam Berat Pb di Sedimen

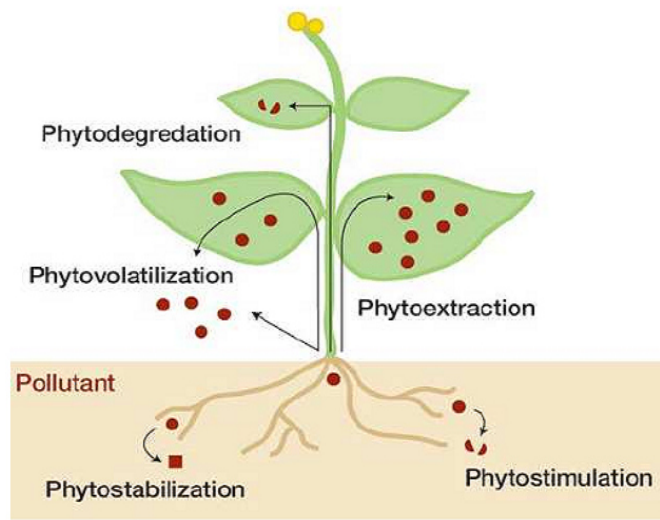
Sedimen merupakan padatan yang dapat langsung mengendap di dasar perairan apabila perairan tidak terganggu seperti pengadukan selama beberapa waktu. Padatan yang mengendap terdiri dari partikel-partikel dengan ukuran yang

relatif besar dan berat sehingga dapat mengendap dengan sendirinya (Fardiaz, 1992). Akumulasi logam berat ke dalam sedimen dipengaruhi oleh jenis sedimen dan kandungan logam berat yang terdapat di sedimen dan dipengaruhi oleh tipe sedimen (Amin, 2002).

Konsentrasi logam berat di sedimen lebih besar berada pada sedimen yang memiliki ukuran partikel yang lebih halus. Ukuran partikel yang lebih halus memiliki area permukaan yang luas serta relatif tinggi gaya elektrostatis dari permukaan partikel lain. Menurut Hutagalung *et al.* (1997), konsentrasi logam berat tertinggi berada dalam sedimen yang berupa tanah liat, pasir berlumpur, lumpur, atau campuran dari ketiganya dibandingkan dengan pasir murni. Ini dikarenakan adanya gaya tarik elektrokimia partikel sedimen dengan partikel mineral, peningkatan partikel organik dan sekresi lendir organisme.

2.3. Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pada Tumbuhan

Mekanisme penyerapan logam berat pada tumbuhan dibagi menjadi 3 proses. Yang pertama yaitu penyerapan melalui akar. Senyawa-senyawa yang terlarut di perairan akan diserap oleh akar bersama dengan air sedangkan senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar. Proses kedua adalah translokasi logam berat dari akar menuju bagian-bagian tumbuhan yang lain dan proses ketiga yaitu menetapnya logam pada sel dan jaringan. Proses tersebut merupakan salah satu upaya tumbuhan agar logam tidak menghambat metabolisme tumbuhan. Tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi yaitu menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Priyanto dan Prayitno, 2006). Pilon-Smith (2005) mengklasifikasikan proses fitoremediasi menjadi beberapa proses yaitu:



Gambar 2. Proses Fitoremediasi

(Sumber: Pilon-Smith, 2005)

Fitostimulasi merupakan penguraian zat-zat polutan dengan aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi, dan bakteri. Fitostabilisasi adalah proses yang dilakukan oleh tanaman untuk merubah polutan didalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut kedalam tubuh tanaman. Hasil rubahan dari polutan tersebut tetap berada didalam tanah. Fitoekstraksi merupakan penyerapan polutan oleh tanaman dari air atau tanah dan kemudian diakumulasi/disimpan didalam tanaman (daun atau batang), tanaman seperti itu disebut dengan hiperakumulator. Fitovolatilisasi adalah penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Proses ini tepat digunakan untuk kontaminan zat-zat organik dan fitodegradasi merupakan proses penyerapan polutan oleh tanaman dan kemudian polutan tersebut mengalami metabolisme didalam tanaman. Metabolisme polutan didalam

tanaman melibatkan enzim antara lain nitrodictase, laccase, dehalogenase dan nitrilase.

Kerusakan yang diakibatkan pencemaran seperti logam berat ini mengakibatkan adanya bahan toksik dalam tubuh tumbuhan. Ini berakibat kepada meningkatnya atau menurunnya aktivitas enzim, tertekannya fotosintesis, peningkatan respirasi, perubahan permeabilitas, dan menurunnya kesuburan dalam waktu yang lama. Gangguan metabolisme ini akan mengakibatkan produktivitas dan kualitas dari tumbuhan rendah (Sitompul dan Guritno, 1995). Terdapat banyak unsur dalam tumbuhan tetapi tidak semua berfungsi dalam kelangsungan hidup dari tumbuhan itu sendiri. Beberapa unsur itu mengganggu metabolisme atau meracuni tumbuhan seperti Pb, Cd, Hg dan Cr.

Salah satu tumbuhan yang terdapat di kawasan pesisir yang dapat menghadapi konsentrasi toksik adalah mangrove. Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di estuari. Mangrove memiliki tingkat produktivitas yang paling tinggi daripada ekosistem lain. Secara ekologis mangrove memiliki fungsi sebagai perangkap sedimen, pelindung pantai serta penyerap logam berat dan pestisida yang mencemari laut (Deri *et al.*, 2013). Mangrove memiliki toleransi yang tinggi terhadap keberadaan logam berat di lingkungan. Ini menunjukkan mangrove dapat menghindari masukan logam berat yang berlebih dan berfungsi sebagai penyaring dan memiliki daya *treatment* khas melalui organ akar (Clark *et al.*, 1998 dalam Kammaruzaman *et al.*, 2008). Api-api merupakan nama daerah dari tumbuhan *Avicennia alba* yang dapat mengakumulasi logam berat.

Avicennia alba merupakan salah satu tumbuhan yang terletak pada lapisan paling luar dari hutan mangrove. *Avicennia alba* merupakan salah satu spesies

dari Genus *Avicennia* yang mendominasi di perairan muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya.

2.3.1. *Avicennia alba*

2.3.1.1. Ciri-Ciri Umum dan Klasifikasi *Avicennia alba*

Avicennia alba memiliki nama daerah seperti api-api, mangi-mangi putih, boak, koak, dan sia-sia. Pohon ini tumbuh menyebar dengan ketinggian mencapai 25 m. Memiliki akar nafas tipis dan berbentuk jari-jari. Daun memiliki permukaan yang halus dengan bagian atas bewarna hijau mengkilat dan bawahnya pucat dengan ukuran 16 x 5 cm. Buah berbentuk kerucut/cabe/mente dengan warna hijau muda kekuningan dan berukuran 5 x 2 cm (Noor *et al.*, 2006).

Klasifikasi pada *Avicennia alba* menurut Plantamor (2009) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisio : Magnoliophyta

Class : Magnoliopsida

Sub Class : Asteridae

Order : Lamiales

Family : Acanthaceae

Genus : *Avicennia*

Spesies : *Avicennia alba*



Gambar 3. a) Daun, b) Bunga, c) Buah, dan d) Pohon *Avicennia alba*

(Sumber: Noor *et al.*, 2006).

2.3.1.2. Habitat *Avicennia alba*

Avicennia alba merupakan tumbuhan jenis pionir pada habitat rawa mangrove di lokasi pantai yang terlindung dan ditemukan di bagian perairan yang lebih asin di sepanjang pinggiran sungai yang di pengaruhi oleh pasang surut serta di sepanjang pantai. Banyak ditemukan di seluruh Indonesia, dari India sampai Indo Cina, melalui Malaysia dan Indonesia hingga Filipina, PNG, dan Australia tropis (Noor *et al.*, 2006).

Avicennia alba merupakan spesies yang ditemukan sepanjang daerah pasang surut di seluruh wilayah intertidal. Pertumbuhan optimal terjadi pada salinitas 0-30 ppt (IPB, 2007). *Avicennia* sendiri merupakan spesies koloni yang berada di daerah lumpur yang baru terbentuk di Asia Tenggara.

2.3.1.3. Fungsi dan Manfaat *Avicennia alba*

Kayu *Avicennia alba* digunakan sebagai kayu bakar dan bahan bangunan bermutu rendah. Getahnya dapat digunakan untuk mencegah kehamilan. Dan buahnya pun dapat dimakan (Noor *et al.*, 2006). Sedangkan menurut Wetlands (2015), selain digunakan sebagai obat dan makanan, secara lokal ada juga jenis-jenis yang digunakan sebagai makanan ternak dalam hal ini adalah *Avicennia marina* dan *Sonneratia caseolaris*.

Avicennia alba dapat menyerap bahan pencemaran gas buang kendaraan, industri, dan lainnya. Seperti halnya *Avicennia marina*, *Avicennia alba* di lingkungan memiliki kemampuan secara genetis dalam mendetoksifikasi logam-logam berat dalam jaringannya. Selain itu, perakarannya dapat mengendalikan lumpur sehingga mampu memperluas formasi (Purnobasuki, 2005).

Arisandi (2001) dalam Mardekawati (2013), terdapat mekanisme tumbuhan dalam menghadapi konsentrasi toksik yaitu:

1. Penanggulangan (*ameliorasi*); untuk meminimalkan pengaruh toksik terdapat empat pendekatan, yaitu:
 - a. Lokalisasi; biasanya pada organ akar,
 - b. Eksresi; secara aktif melalui kelenjer pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun tua yang diikuti dengan pengguguran daun,
 - c. Dilusi; melalui pengenceran,
 - d. Inaktivasi secara kimia; mekanisme pembentukan kompleks logam sering dijumpai pada tumbuhan.
2. Toleransi; tumbuhan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik.

Melalui penjelasan diatas, mangrove memiliki toleransi yang tinggi terhadap keberadaan logam berat di perairan. Hal ini membuktikan bahwa mangrove

dapat menghindari masukan logam berat yang berlebih dan berfungsi sebagai penyaring melalui organ akar.

2.4. Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Logam Berat

Konsentrasi logam berat di perairan dari waktu ke waktu tidak akan sama karena keberadaan logam berat di kolom perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Menurut Babich dan Stotzky (1978), keasaman tanah, bahan organik. Suhu, tekstur, mineral liat, kadar unsur lain dan lain-lain.
- b. Menurut Hamzah dan Setiawan (2010), suhu, pH, salinitas, dan kandungan oksigen terlarut (DO).

Berikut akan dibahas lebih jelas dari parameter lingkungan tersebut dan keterkaitannya terhadap keberadaan logam berat di perairan.

2.4.1. Suhu

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda. Suhu suatu perairan dipengaruhi oleh jumlah sinar matahari yang jatuh ke permukaan air yang sebagian akan dipantulkan kembali ke atmosfer dan sebagian lagi akan di serap. Suhu merupakan salah satu faktor pembatas bagi kehidupan organisme karena berpengaruh pada tingkat laju metabolisme. Peningkatan suhu perairan sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme 2-3 kali lipat (Effendi, 2003).

Perubahan suhu perairan akan mempengaruhi proses fisika perairan, kimia perairan, dan biota perairan. Menurut Hutagalung (1984), kenaikan suhu tidak hanya meningkatkan metabolisme biota perairan, tetapi juga meningkatkan toksisitas logam berat. Suhu air yang rendah akan meningkatkan adsorpsi logam ke partikulat untuk mengendap sedangkan saat suhu air naik, senyawa logam

berat akan melarut ke dalam air karena penurunan tingkat adsorpsi ke dalam partikulat (Palar, 2012).

2.4.2. pH (Derajat Keasaman)

pH atau derajat keasaman merupakan logaritme negatif dari konsentrasi ion-ion hidrogen. Nilai pH berkisar antara 0-14, suatu perairan dikatakan asam apabila pH berada kurang dari 7 sedangkan bila perairan dikatakan basa maka pH berada di atas 7 dan bila perairan dikatakan netral apabila pH berada di angka 7. Faktor-faktor yang mempengaruhi pH di perairan antara lain suhu, oksigen terlarut, CO₂, dan alkalinitas (Nontji, 2005)

pH yang ideal untuk organisme akuatik berada pada kisaran 7-8.5. Kondisi yang terlalu asam maupun terlalu basa akan membahayakan kelangsungan hidup suatu organisme karena menyebabkan mobilitas logam berat yang bersifat toksik (Barus, 2004). Menurut Novotny dan Olem (1994), nilai pH akan berpengaruh terhadap toksisitas dari logam berat. Secara umum logam berat akan meningkat toksisitasnya bila pH rendah dan bila pH tinggi maka logam berat akan mengalami pengendapan.

2.4.3. Salinitas

Menurut Effendi (2003), salinitas menggambarkan padatan total di dalam air. Salinitas dinyatakan dalam satuan g/kg atau promil (‰). Salinitas didefinisikan sebagai jumlah kadar garam-garaman yang terlarut dalam air. Besar tidaknya salinitas di perairan dipengaruhi oleh sirkulasi air, laju evaporasi, curah hujan dan jumlah masukan air tawar yang berasal dari sungai (Nontji, 2005).

Salinitas berpengaruh terhadap keberadaan konsentrasi logam berat di perairan. Penurunan salinitas di perairan akan menimbulkan peningkatan toksisitas logam berat dan tingkat akumulasi semakin besar (Rompas, 2010). Ditambahkan oleh Erlangga (2007), penurunan salinitas akan menyebabkan

daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat akan semakin tinggi.

2.4.4. DO (Oksigen Terlarut)

Oksigen terlarut merupakan salah satu unsur yang digunakan dalam proses metabolisme organisme terutama pada saat respirasi. Selain itu juga dapat dijadikan sebagai petunjuk kualitas perairan. Sumber oksigen terlarut dalam perairan berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer, arus atau aliran air melalui hujan serta aktivitas fotosintesis (Novotny dan Olem, 1994). Kadar oksigen terlarut di perairan alami sangat bervariasi, tergantung kepada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian serta semakin kecil tekanan atmosfer sehingga kadar oksigen semakin kecil (Jeffries dan Mills, 1996 *dalam* Effendi, 2003).

Sebagai salah satu indikator dalam kualitas perairan, oksigen sangat penting dalam proses oksidasi dan reduksi. Proses oksidasi dan reduksi inilah yang membantu dalam mengurangi beban pencemaran seperti bahan organik maupun non organik pada perairan secara alami (Salmin, 2005).

2.5. Penelitian Terdahulu

Dibawah ini merupakan beberapa penelitian yang telah dilakukan tentang logam berat yang nantinya dapat dijadikan sebagai penelitian pendukung.

Beberapa penelitian tersebut sebagai berikut:

1. Penulis Arisandy <i>et al.</i>, 2012	1. Penulis Hamzah dan Setiawan, 2010	1. Penulis Deri <i>et al.</i>, 2013
2. Judul Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan <i>Avicennia marina</i> (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur.	2. Judul Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara.	2. Judul Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove <i>Avicennia marina</i> di Perairan Teluk Kendari

3. Hasil

Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada jaringan *A. marina* menunjukkan bahwa akumulasi tertinggi terletak pada bagian batang daripada daun maupun buah. Sedangkan pada akar memiliki nilai yang tinggi karena bagian yang kontak langsung dengan sedimen. Terdapat perbedaan struktur jaringan terutama letak pembuluh kayu atau xylem di *A.marina*.

3. Hasil

Akumulasi logam berat di akar lebih tinggi daripada di daun, dimana konsentrasi logam berat Zn adalah yang tertinggi dan *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang dapat digunakan dalam Fitoremediasi di Muara Angke.

3. Hasil

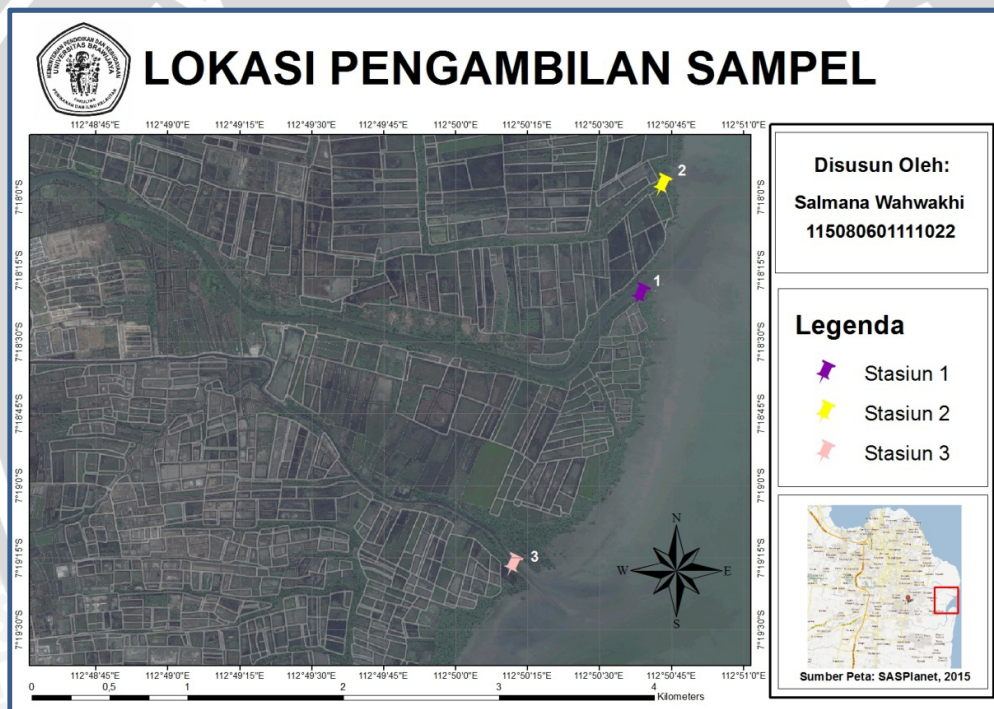
Kadar logam berat Timbal Pb pada akar *A. marina* telah melewati ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut yang ditetapkan oleh Kepmen LH No. 51 tahun 2004 yaitu 0,008 mg/ L.



3. METODE PENELITIAN

3.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-November 2014 di Perairan Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Tahapan pertama yang dilakukan adalah survei keadaan lokasi penelitian. Ini bertujuan untuk mengetahui kondisi lingkungan tempat penelitian dan menentukan titik pengambilan sampel. Berikut peta lokasi titik pengambilan sampel di Perairan Kelurahan Wonorejo yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan titik pengambilan sampel untuk penelitian ini menggunakan *Global Positioning Systems* (GPS). Terdapat sebanyak tiga titik stasiun yang diambil. Titik-titik koordinat tiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Titik-Titik Koordinat Setiap Stasiun Pengambilan

Stasiun	Koordinat	Pukul Pengambilan	Lokasi
1	S 07°18.322' E 112°50.654'	11.23 WIB	Muara Sungai Kalijagir
2	S 07°17.954' E 112°50.725'	12.28 WIB	Muara sungai daerah kawasan pendidikan
3	S 07°19.320' E 112°50.239'	14.07 WIB	Muara Sungai Rungkut

Keadaan umum titik pengambilan sampel di Perairan Muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya sebagai berikut:

1. Stasiun 1

Stasiun 1 merupakan daerah yang berada dalam kawasan ekowisata. Selain itu, pada kawasan ini mempunyai muara sungai yang berasal dari daerah Jagir. Di kawasan ini banyak terdapat sampah-sampah berupa sampah rumah tangga maupun sampah plastik yang kemungkinan besar dari rumah-rumah penduduk dan industri yang berada di sekitar sungai. Secara fisik, warna air terlihat keruh dan airnya tidak berbau. Salah satu spesies mangrove yang mendominasi di stasiun 1 adalah jenis *Avecennia alba*. Kondisi lokasi stasiun 1 pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Stasiun 1 (Muara Sungai Kalijagir)

2. Stasiun 2

Stasiun 2 merupakan daerah yang mempunyai muara yang kecil dengan perairan yang dangkal. Pada kawasan ini mempunyai muara sungai yang berasal dari kawasan pendidikan. Di kawasan ini juga terdapat banyak sampah-sampah berupa sampah plastik yang kemungkinan besar dari sisa-sisa kegiatan masyarakat di sekitar sungai. Secara fisik, warna air terlihat keruh walaupun airnya tidak berbau. Salah satu spesies mangrove yang mendominasi di stasiun 2 adalah jenis *Avecennia alba*. Kondisi lokasi stasiun 2 pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Stasiun 2 (Muara Sungai dari Kawasan Pendidikan)

3. Stasiun 3

Stasiun 3 merupakan kawasan yang mempunyai muara yang kecil dan perairan yang dalam. Pada kawasan ini mempunyai muara sungai yang berasal dari daerah Rungkut. Di kawasan ini juga terdapat banyak sampah-sampah berupa sampah plastik yang kemungkinan besar dari sisa-sisa kegiatan masyarakat di sekitar sungai. Secara fisik, warna air terlihat keruh dan airnya tidak berbau. Salah satu spesies mangrove yang mendominasi di stasiun 3 adalah jenis *Avecennia alba*. Kondisi lokasi stasiun 3 pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

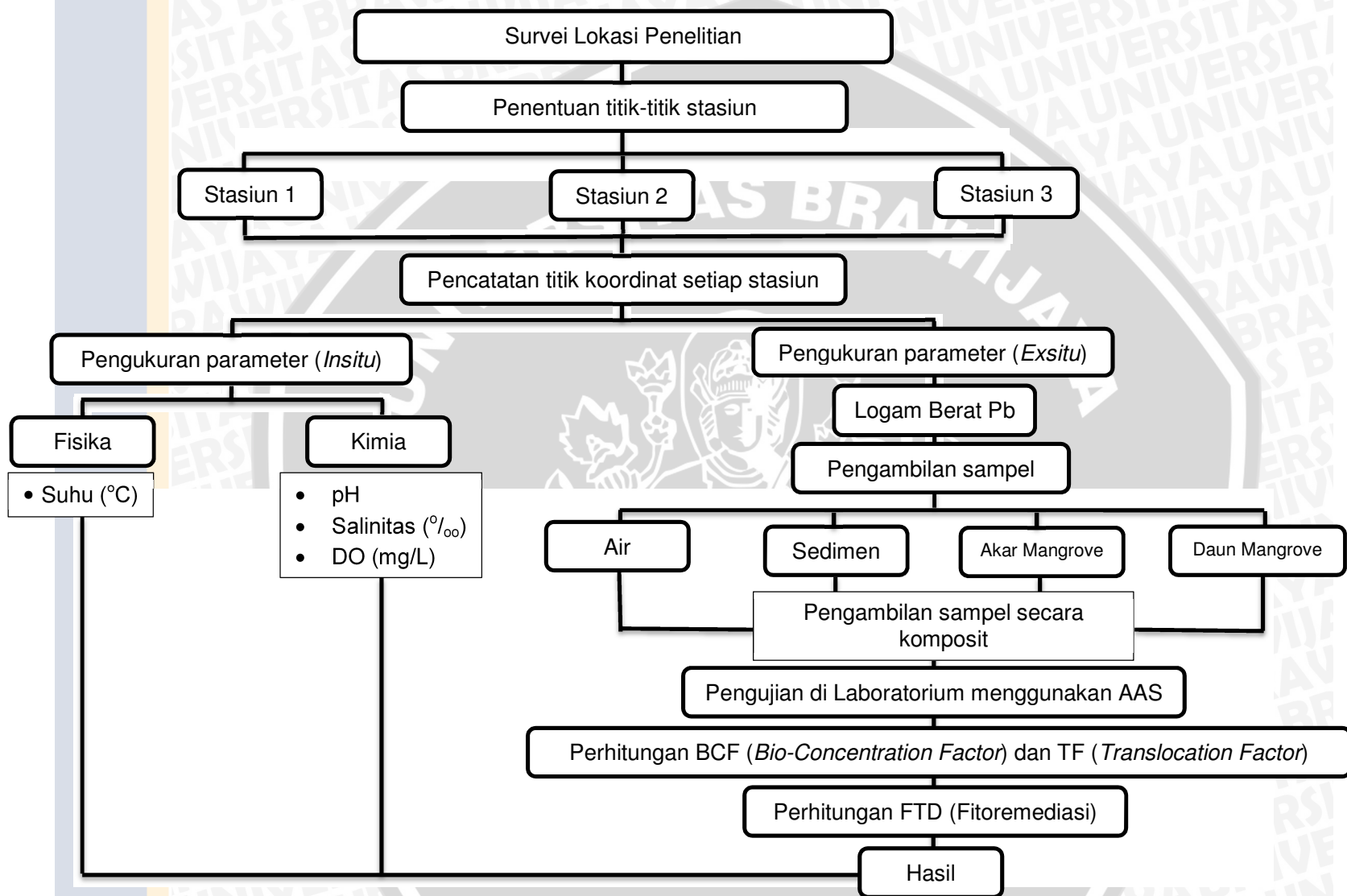


Gambar 7. Stasiun 3 (Muara Sungai dari Kawasan Rungkut)

Pemilihan Perairan Muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya didasari karena perairan disana merupakan salah satu perairan yang menjadi muara dari sungai-sungai yang melintasi kawasan perkotaan Surabaya. Berbagai aktivitas seperti industri, pemukiman, dan kegiatan lainnya di perkotaan Surabaya secara langsung maupun tidak langsung akan menimbulkan adanya bahan pencemar yang masuk diperairan. Bahan pencemar yang paling banyak masuk di perairan diduga adalah logam berat dan salah satunya adalah Pb dan berimbas pada menurunnya kualitas perairan.

3.2. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dimulai dari survei, menentukan titik stasiun, pengambilan sampel, dan analisis data. Analisis untuk kandungan logam berat pada sampel air, sedimen, akar mangrove, dan daun mangrove dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November. Dalam mengetahui fraksi-fraksi sedimen dilakukan pengujian di Laboratorium Tanah dan Air Tanah, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Skema kerja pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema Kerja Penelitian

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian mengenai Kajian *Avicennia Alba* Sebagai Agen Fitoremediasi Upaya Mengurangi Konsentrasi Logam Berat Pb Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya, Jawa Timur ini mempunyai pengukuran parameter secara *insitu* dan *exsitu*. Parameter *insitu* meliputi pengukuran suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan salinitas. Parameter *exsitu* meliputi pengukuran logam berat Pb dalam air, sedimen, akar mangrove dan daun mangrove. Alat-alat yang digunakan adalah thermometer, DO meter, salinometer, pH meter, dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah HNO₃, tisu, aquades, dan lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.4. Teknik Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua data. Data pertama meliputi data primer yang didapatkan dari observasi dan dokumentasi sedangkan data yang kedua adalah data sekunder berupa literatur penunjang. Berikut data yang diambil dalam penelitian ini:

- **Data Primer**

Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung dengan mengamati keadaan lapang. Data primer meliputi beberapa parameter yaitu parameter fisika meliputi pengukuran suhu, parameter kimia meliputi pengukuran pH, salinitas, dan DO (Oksigen terlarut), dan parameter logam berat berupa logam berat Pb (Timbal) yang dilakukan secara *insitu* dan *exsitu* dan dokumentasi berupa foto.

Pada pengukuran parameter secara *insitu* meliputi parameter fisika berupa suhu menggunakan thermometer digital dan parameter kimia berupa pH menggunakan pH meter, salinitas menggunakan salinometer, dan DO

(Oksigen Terlarut) menggunakan DO meter. Pengambilan parameter secara *insitu* ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Pengukuran parameter secara *exsitu* meliputi parameter logam berat Pb dengan mengambil sampel air, sedimen, akar mangrove, dan daun mangrove.

Dalam penelitian ini juga menggunakan dokumen berupa foto yang diambil sendiri oleh peneliti. Foto yang dimaksud adalah dokumentasi selama kegiatan penelitian seperti foto saat pengukuran parameter lingkungan, kondisi ekosistem mangrove di stasiun penelitian yang telah ditentukan dan sebagainya. Menurut Sugiyono (2008), dokumentasi dapat diartikan sebagai catatan peristiwa yang sudah berlalu. Gambar, tulisan atau karya-karya monumental dari seseorang merupakan bentuk dari dokumentasi itu sendiri. Dokumentasi sangat penting dalam pemberian bukti dan keterangan pada penelitian.

- **Data Sekunder**

Data sekunder merupakan hasil pengukuran dan pencatatan data yang tidak dilakukan sendiri oleh peneliti. Pada penelitian ini data sekunder diperoleh dari laporan-laporan, pustaka-pustaka, serta data yang diperoleh dari survei.

Data sekunder yaitu data yang diperoleh dari bahan pustaka berupa keterangan-keterangan yang secara tidak langsung. Data yang diperoleh melalui arsip-arsip yang berhubungan dengan masalah yang diteliti seperti tulisan-tulisan ilmiah dan sumber tertulis lainnya, buku-buku, literatur, dokumen resmi hasil penelitian yang berwujud laporan dan sumber lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini (Yamin, 2011).

3.5. Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2014 pada siang hari (pukul 11.00 - 15.00 WIB) di Perairan Muara Kelurahan

Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Pengambilan sampel stasiun 1 dilakukan secara pengulangan pada pukul 11.00 WIB, 11.10 WIB, dan 11.20 WIB. Pengambilan sampel stasiun 2 dilakukan secara pengulangan pada pukul 12.50 WIB, 13.00 WIB, dan 13.10 WIB. Pada pengambilan sampel stasiun 3 dilakukan secara pengulangan pada pukul 14.20 WIB, 14.30 WIB, dan 14.40 WIB. Pengambilan data dilakukan secara *insitu* dan *exsitu*. Pengambilan data secara *insitu* terdapat parameter fisika yaitu suhu dan parameter kimia yaitu pH, salinitas, dan DO (oksigen terlarut). Pengambilan data ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Pengambilan data secara *exsitu* meliputi parameter logam berat yaitu konsentrasi logam berat pada air, sedimen, akar mangrove, dan daun mangrove.

- **Sampel Air**

Berikut dibawah ini teknik pengambilan sampel air dari modifikasi penelitian Hamzah dan Setiawan (2010):

- **Preparasi**

- Siapkan alat dan bahan
- Cuci botol polietilen menggunakan HCL 6 N atau HNO₃ dan dibilas menggunakan aquades sebelum digunakan (Hutagalung, *et al.*, 1997). Ditambahkan oleh Lestari dan Budiyanto (2013), bahwa peralatan yang digunakan untuk analisis logam berat harus dicuci dengan asam dan dibilas dengan aquades.
- Pelabelan botol polietilen dan diisolasi agar label tidak rusak jika terkena air. Terdapat 7 botol polietilen dan untuk botol pengulangan diberi label BP sedangkan 6 botol lainnya diberi label 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, dan 3B.

- **Pengambilan Sampel Air Laut**

- Masukkan botol polietilen ½ dari kedalam total titik pengambilan (Andarani dan Dwina, 2009)

- Lakukan pengulangan sebanyak 3 kali lalu dikomposit setiap stasiun. Sampel komposit (*composite sample*) merupakan sampel campuran dari beberapa waktu pengamatan agar dapat mewakili lokasi penelitian (USU, 2011).
 - Masukkan sampel air yang telah dikomposit ke dalam botol polietilen
 - Tambahkan larutan HNO_3 pekat ke dalam sampel. Berdasarkan APHA/AWWA/WEF Standard Methods 20th ed. (2001), untuk pengawetan sampel air yang akan dianalisis kandungan logam beratnya, maka perlu dilakukan penambahan HNO_3 pekat (3 mL HNO_3 /L sampel air).
 - Masukkan sampel air ke *cool box* yang telah berisi es. Penggunaan es berguna untuk membuat organisme yang berada dalam sampel tidak melakukan aktivitas metabolisme yang dapat mengurangi validnya sampel logam berat yang didapat. Menurut Buckle *et al.* (1987), suhu rendah sampai dengan -5°C hanya membuat metabolisme mikroorganisme berhenti sementara (dorman).
 - Sampel siap analisis di laboratorium untuk diuji kandungan logam beratnya.
- **Sampel Sedimen**

Berikut dibawah ini teknik pengambilan sampel sedimen dari modifikasi penelitian Hamzah dan Setiawan (2010):

➤ Preparasi

- Siapkan alat dan bahan
- Pelabelan plastik untuk wadah sampel sedimen dan diisolasi agar label tidak rusak jika terkena air. Pelabelan untuk stasiun 1 adalah 1A,1B, dan 1F stasiun 2 adalah 2A, 2B, dan 2F, dan seterusnya. Label dengan kode A dan B merupakan wadah sampel untuk uji logam berat dan kode F untuk sampel yang diuji komposisi penyusun sedimen.

➤ Pengambilan Sampel Sedimen

- Ambil sedimen di stasiun yang telah ditentukan dengan kedalaman 0-10 cm. Setiap satu stasiun diambil sebanyak tiga titik pengambilan sampel secara vertikal dengan garis pantai.
- Kompositkan di dalam ember 5 L.
- Masukkan sampel sedimen ke dalam plastik yang telah diberi label.
- Masukkan sampel sedimen ke *cool box* yang telah berisi es. Penggunaan es berguna untuk membuat organisme yang berada dalam sampel tidak melakukan aktivitas metabolisme yang dapat mengurangi validnya sampel logam berat yang didapat. Menurut Buckle *et al.* (1987), suhu rendah sampai dengan -5°C hanya membuat metabolisme mikroorganisme berhenti sementara (dorman).
- Sampel siap analisis di laboratorium untuk diuji kandungan logam berat dan komposisi penyusun sedimen.

• **Sampel Akar Mangrove dan Daun Mangrove**

Berikut dibawah ini teknik pengambilan sampel akar dan daun mangrove dari modifikasi penelitian Hamzah dan Setiawan (2010):

➤ Preparasi

- Siapkan alat dan bahan
- Pelabelan plastik untuk wadah sampel akar dan daun mangrove lalu isolasi agar label tidak rusak jika terkena air. Pelabelan untuk stasiun 1 adalah 1A dan 1B, stasiun 2 adalah 2A dan 2B, dan seterusnya

➤ Pengambilan Sampel Sedimen

- Ambil akar mangrove dan daun mangrove. Akar yang diambil pada setiap stasiun adalah akar yang masuk ke dalam sedimen dan daun yang diambil adalah daun mangrove yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda

dengan diameter pohon *Avicennia alba* sebesar 15-30 cm dan tinggi berkisar 3-5 m.

- Diambil sebanyak tiga titik setiap stasiun secara vertikal dengan garis pantai. Satu stasiun diambil sebanyak 2-3 akar tiap titik dan pada daun sebanyak ± 6 daun tiap titik.
- Masukkan sampel akar dan daun mangrove ke dalam plastik yang telah diberi label.
- Masukkan sampel akar dan daun mangrove ke *cool box* yang telah berisi es. Penggunaan es berguna untuk membuat organisme yang berada dalam sampel tidak melakukan aktivitas metabolisme yang dapat mengurangi validnya sampel logam berat yang didapat. Menurut Buckle *et al.* (1987), suhu rendah sampai dengan -5°C hanya membuat metabolisme mikroorganisme berhenti sementara (dorman).
- Sampel siap analisis di laboratorium untuk diuji kandungan logam beratnya.

3.6. Metode Analisis Sampel

3.6.1. Sampel Air Laut

Analisi kandungan logam berat menggunakan uji nyala menggunakan AAS. Tahapan pertama adalah mengambil air laut sebanyak 100 ml, kemudian ditambahkan 10 ml HNO_3 pekat. Panaskan dalam hot plate sampai volumenya berkurang 30 ml. Tambahkan kembali larutan dengan aquadest sampai volume menjadi 100 ml, kemudian diendapkan. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

3.6.2. Sampel Sedimen

Terdapat 2 analisis untuk sampel sedimen. Yang pertama adalah analisis logam berat dan yang kedua adalah fraksi-fraksi sedimen. Berikut penjelasan lebih lanjut.

3.6.2.1. Logam Berat

Preparasi sedimen untuk menguji kandungan logam berat mempunyai cara yang berbeda-beda. Pada penelitian ini, sampel sedimen dihaluskan terlebih dahulu. Setelah sampel sudah dihaluskan maka selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C sampai kadar airnya hilang dan diperoleh berat konstan. Sampel sedimen lalu ditumbuk hingga lembut setelah itu ditimbang sebanyak 5 gr lalu dilarutkan dengan menambahkan 20 ml HNO_3 pekat kemudian didiamkan selama 24 jam. Langkah selanjutnya adalah dipanaskan dengan hotplate yang kemudian ditambahkan aquadest sampai volume menjadi 100 ml. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

3.6.2.2. Fraksinasi Sedimen

Terdapat tiga proses dalam fraksinasi sedimen yaitu pemeriksaan hidrometer, kalibrasi picnometer, dan berat jenis. Langkah pertama untuk fraksinasi sedimen adalah mengeringkan sampel sebanyak ± 200 gr ke dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam. Setelah sampel dikeringkan, maka selanjutnya dihaluskan menggunakan mortar dan alu sampai benar-benar halus. Selanjutnya memisahkan sampel sedimen berdasarkan besaran butir sedimen menggunakan sieve shaker. *Sieve shaker* yang digunakan adalah nomor 200 (0.075). Sampel sedimen yang digunakan adalah yang tertahan pada nomor 200. Setelah didapatkan butiran sedimen yang diinginkan, langkah selanjutnya adalah membuat larutan dengan menimbang zat kimia sodium hexametaphosphas

sebanyak 20 gram dan dimasukkan ke *beaker glass* 1 L. Kemudian dilarutkan dengan menambahkan air sampai dengan 1 liter dan diaduk hingga terlarut.

Sampel sedimen yang telah dipisah menggunakan *sieve shaker* selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur sebanyak 50 gram dan ditambahkan larutan sodium hexametaphosphas sebanyak 200 ml yang kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, sampel sedimen yang telah didiamkan selama 24 jam tersebut di aduk sampek benar-benar tercampur menggunakan alat pengaduk yang kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur 1 liter. Ditambahkan air sampai dengan 1 liter dan di kocok sampai ± 20 kali. Lalu diadakan pemeriksaan hidrometer dengan sela waktu 0, 0.5, 1, 2, 15, 30, 60, 120, dan 1440 menit. Sedimen hasil pemeriksaan hidrometer tersebut dituangkan di *sieve shaker* nomor 200 lalu dicuci dengan air. Sedimen yang tertinggal selanjutnya di oven kembali dengan suhu 100°C selama 24 jam. Sedimen yang telah dioven tersebut selanjutnya dipisah berdasarkan ukuran butirnya menggunakan *sieve shaker* kembali. Lalu langkah selanjutnya adalah memasukkan ke dalam tabel perhitungan.

Tahapan selanjutnya adalah kalibrasi picnometer. Kalibrasi picnometer ini untuk mendukung data yang digunakan pada perhitungan berat jenis. Langkah pertama untuk kalibrasi picnometer adalah mengisi picnometer dengan air sampai $\frac{3}{4}$ dan selanjutnya dipanaskan dengan hotplate. Dalam keadaan setelah dipanaskan dengan hotplate, picnometer ditambahkan air sampai penuh lalu ditutup sampai airnya keluar. Langkah selanjutnya adalah mengukur berat picnometer menggunakan timbangan dan mengukur suhu airnya. Lakukan sebanyak 5 kali untuk mengukur berat dari picnometer dan suhu airnya dengan selang waktu ± 3 menit tanpa dipanaskan kembali yang selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel perhitungan.

Setelah mendapatkan kalibrasi picnometer, maka selanjutnya adalah menghitung berat jenis. Pada perhitungan berat jenis ini hampir sama dengan kalibrasi picnometer. Perbedaannya adalah pada tahapan ini ditambahkan sampel yang telah di saring menggunakan *sieve shaker* sebanyak 20 gram. Perlakuannya sama yaitu mengisi picnometer dengan sampel sedimen sebanyak 20 gr dan air sampai $\frac{3}{4}$ yang selanjutnya dipanaskan dengan hotplate. Dalam keadaan setelah dipanaskan dengan hotplate, picnometer ditambahkan air sampai penuh lalu ditutup sampai airnya keluar. Langkah selanjutnya adalah mengukur berat picnometer menggunakan timbangan dan mengukur suhu airnya. Lakukan sebanyak 5 kali untuk mengukur berat dari picnometer dan suhu airnya dengan selang waktu ± 3 menit tanpa dipanaskan kembali yang selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel perhitungan. Setelah semua data terkumpul maka langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi fraksi-fraksi pembentuknya.

3.6.3. Akar Mangrove

Pada penelitian ini, sampel akar dipotong kecil-kecil terlebih dahulu untuk memudahkan dalam pengeringan sampel. Setelah sampel sudah dipotong kecil-kecil maka selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C sampai kadar airnya hilang dan diperoleh berat konstan. Sampel akar lalu ditumbuk hingga lembut setelah itu ditimbang sebanyak 5 gr lalu dilarutkan dengan menambahkan 20 ml HNO_3 pekat kemudian didiamkan selama 24 jam. Langkah selanjutnya adalah dipanaskan dengan hotplate yang kemudian ditambahkan aquadest sampai volume menjadi 100 ml. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

3.6.4. Daun Mangrove

Pada penelitian ini, sampel daun dipotong kecil-kecil terlebih dahulu untuk memudahkan dalam pengeringan sampel. Setelah sampel sudah dipotong kecil-kecil maka selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C sampai kadar airnya hilang dan diperoleh berat konstan. Sampel daun lalu ditumbuk hingga lembut setelah itu ditimbang sebanyak 5 gr lalu dilarutkan dengan menambahkan 20 ml HNO_3 pekat kemudian didiamkan selama 24 jam. Langkah selanjutnya adalah dipanaskan dengan hotplate yang kemudian ditambahkan aquadest sampai volume menjadi 100 ml. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

3.7. Analisis Data

3.7.1. Perbandingan dengan Baku Mutu

Data yang diperoleh dari parameter fisika, kimia, maupun konsentrasi logam berat akan dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Perbandingan dengan baku mutu ini digunakan untuk mengetahui kualitas perairan dari Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Baku mutu yang digunakan terdiri dari:

1. Standard baku mutu lingkungan menurut Kepmen Lingkungan Hidup no. 51 Tahun 2004 Lampiran II tentang baku mutu untuk wisata bahari dan Lampiran III tentang baku mutu untuk biota laut.
2. Baku mutu yang digunakan untuk logam berat Pb di sedimen menggunakan Kelimpahan Beberapa Unsur Logam Berat Dalam Tanah, Air, dan Sedimen Sungai (Widyatna *et al.*, 2014) karena belum adanya baku mutu logam berat pada sedimen.

3.7.2. Perhitungan BCF (*Bio-Concentration Factor*)

BCF (*Bio-Concentration Factor*) digunakan sebagai indikator kemampuan fitoremediasi dari spesies-spesies tanaman yang bersangkutan. Setelah kandungan logam berat dalam sedimen diketahui maka data tersebut digunakan untuk menghitung kemampuan *Avicennia alba* dalam mengakumulasi logam berat Pb melalui perhitungan BCF dengan rumus (Machado *et al.*, 2002):

$$BCF Pb = \frac{[Logam\ berat\ Pb]Tumbuhan}{[Logam\ berat\ Pb]Sedimen}$$

Menurut Ghosh dan Singh (2005), mekanisme akumulasi logam dalam tanaman dapat dihitung berdasarkan faktor biokonsentrasi dengan rumus:

$$Bio - Concentration\ Factor = \frac{Rataan\ (Pb)\ dalam\ jaringan\ tanaman\ (\frac{mg}{kg})}{[Pb]yang\ ditambahkan\ dalam\ tanah\ (\frac{mg}{kg})}$$

Kategori BCF menurut Zarinkamar *et al.*, (2013) dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Akumulator : Bila BCF dan TF (*Translocation Factor*) lebih dari 1
2. Indikator : Bila nilai BCF sama atau mendekati 1
3. Excluder : Bila BCF daun dan TF kurang dari 1 tetapi BCF pada akar lebih dari 1.

Pada dasarnya, tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat. Dalam hal ini berkaitan dengan tujuan fitostabilisasi. Fitostabilisasi merupakan penghentian kontaminan di tanah melalui absorpsi dan akumulasi oleh akar, adsorpsi ke dalam akar di daerah akar dari tanaman dan merupakan salah satu dari strategi fitoremediasi (Wise, *et al.*, 2000 dalam Hidayati, 2005). Pada dasarnya BCF (*Bio-Concentration Factor*) adalah suatu perhitungan yang dapat digunakan untuk menduga tumbuhan bisa dijadikan sebagai Fitoremediasi.

3.7.3. Perhitungan TF (*Translocation Factor*)

TF (*Translocation Factor*) merupakan perhitungan untuk menentukan perpindahan konsentrasi logam berat dari akar menuju ke bagian lainnya (daun maupun kulit) dari suatu biota. TF suatu tanaman didefinisikan sebagai rasio konsentrasi logam berat pada daun atau kulit terhadap konsentrasi logam berat pada akar (Barman, *et al.*, 2000). Rumus untuk TF sebagai berikut (MacFarlane *et al.*, 2007):

$$TF (\text{Translocation Factor}) = \frac{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Daun}}}{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Akar}}}$$

Kategori TF menurut Majid *et al.*, (2014) dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut:

TF > 1 : Mekanisme Fitoekstraksi

TF < 1 : Mekanisme Fitostabilisasi

Dalam fitoremediasi, terdapat enam proses yang terjadi. Enam proses tersebut adalah fitostimulasi, fitostabilisasi, rhizofiltrasi, fitoekstraksi, fitovolatilisasi, dan fitodegradasi. Nilai TF hanya dapat mengukur dua proses yang terjadi yaitu fitostabilisasi dan fitoekstraksi dari perhitungan perpindahan konsentrasi logam dari akar menuju ke bagian lainnya dan untuk keempat proses lainnya harus dilakukan penelitian lebih lanjut lagi.

3.7.4. Perhitungan FTD (*Fitoremediasi*)

Fitoremediasi berasal dari kata phyto (asal kata Yunani phyton) yang berarti tumbuhan dan remediation (asal kata Latin remediare = to remedy) yaitu memperbaiki (Priyanto dan Prayitno, 2006). Menurut Chaney *et al.* (1996), fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan, termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak

berbahaya. Fitoremediasi merupakan selisih antara nilai BCF dan TF dan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$FTD (Fitoremediasi) = BCF - TF$$

Fitoremediasi akan maksimal jika BCF (*Bio-Concentration Factor*) lebih tinggi daripada TF (*Translocation Factor*).

3.8. Analisis Statistik

Terdapat 2 analisis yang digunakan pada penelitian ini. Analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.8.1. Analisis T-Test

Uji beda rata-rata juga dikenal dengan istilah uji-t (*t-test*). Konsep uji-t adalah membandingkan nilai rata-rata beserta selang kepercayaan tertentu dari dua populasi. Dalam menggunakan uji-t terdapat beberapa syarat yaitu data harus berdistribusi normal. Jika data tidak berdistribusi normal, maka harus dilakukan transformasi data terlebih dahulu untuk menormalkan distribusinya (Besral, 2010). Pada penelitian ini, menggunakan aplikasi uji-t dependen pada data berpasangan.

Uji-t dependen merupakan uji komparatif yang dilakukan pada satu sampel berpasangan. Penggunaan uji ini untuk indikasi bahwa uji ini digunakan untuk membandingkan *mean* dari suatu sampel yang berpasangan dan sampel berpasangan merupakan sebuah kelompok sampel dengan subyek yang sama tetapi mengalami dua perlakuan yang berbeda. Hipotesis dari penelitian ini adalah:

- H_0 : kedua rata-rata populasi adalah sama (rata-rata konsentrasi logam berat Pb di akar dan di daun *Avicennia alba* adalah sama atau tidak berbeda secara nyata).

- H_1 : kedua rata-rata populasi adalah sama (rata-rata konsentrasi logam berat Pb di akar dan di daun *Avicennia alba* adalah tidak sama atau berbeda secara nyata)

Keputusan hipotesis menurut (Konsistensi, 2013) untuk uji ini adalah:

1. Berdasarkan perbandingan antara t-hitung dan t-tabel
 - Statistik hitung > statistik tabel, maka H_0 ditolak
 - Statistik hitung < statistik table, maka H_0 diterima
2. Berdasarkan perbandingan nilai probabilitas (Sig.)
 - Jika probabilitas > 0.05, maka H_0 diterima
 - Jika probabilitas < 0.05, maka H_0 ditolak

3.8.2. Analisis Korelasi Pearson

Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan anantara dua variabel dan untuk mengetahui bagaimana arah hubungan yang terjadi. Didalam analisis korelasi terdapat dua jenis korelasi yaitu bivariate yang biasa disebut dengan korelasi saja dan korelasi parsial yang merupakan korelasi antara dua variabel pada beberapa variable dengan menganggap variabel lainnya sebagai konstan (Noeryanti, 2000). Didalam SPSS terdapat 3 korelasi sederhana yang digunakan yaitu *Pearson Correlation*, *Kendall's tau-b* dan *Spearman Correlation*. *Pearson Correlation* merupakan korelasi yang digunakan untuk data beskala interval atau rasio sedangkan *Kendall's tau-b* dan *Spearman Correlation* biasa digunakan untuk data berskala ordinal. Pada penelitian ini, korelasi yang digunakan adalah *Pearson Correlation*.

Menurut Besral (2010), koefisien korelasi telah dikembangkan oleh Pearson, sehingga dikenal dengan nama *Pearson Coeficient Correlation* dengan lambang “*r*” kecil atau “*R*” kapital. Nilai “*r*” berkisar antara 0 yang berarti tidak terdapat korelasi sampai dengan 1 yang berarti adanya korelasi yang sempurna. Selain itu “*r*” juga mempunyai nilai negatif yang menandakan adanya hubungan

terbalik antara x dengan y . Berikut pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien korelasi menurut Sugiyono (2010) yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai korelasi (r) dan interpretasi

r	Interpretasi
0.00-0.199	Sangat Rendah
0.20-0.399	Rendah
0.40-0.599	Sedang
0.60-0.799	Kuat
0.80-1.000	Sangat Kuat

Terdapat 2 hubungan yang akan diuji menggunakan *Pearson Correlation* yaitu antara sedimen dan akar serta sedimen dan daun. Terdapat dua acara dalam mengambil keputusan dalam analisis korelasi yaitu dengan melihat nilai signifikansi dan tanda bintang yang terdapat pada *output* SPSS. Nilai signifikansi <0.05 maka terdapat korelasi dan jika signifikasinya >0.05 maka tidak terdapat korelasi. Sedangkan tanda bintang (*) menunjukkan adanya korelasi antara variabel yang dianalisis atau sebaliknya (Konsistensi, 2013).

4. PEMBAHASAN

4.1. Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Wonorejo tepatnya di Ekowisata Mangrove Wonorejo. Menurut Anonymous (2014), Kelurahan Wonorejo memiliki luas administrasi 650 Ha dengan peruntukan pembagian daerah sebagai perumahan seluas 162 Ha, perdagangan seluas 6 Ha, perkantoran 2 Ha, dan fasilitas umum 30 Ha. Kondisi geografis Kelurahan Wonorejo memiliki ketinggian tanah dari permukaan laut setinggi 2.5 m dengan curah hujan 13.300 mm/tahun. Topografi Kelurahan Wonorejo termasuk dalam kategori menengah dan suhu udara rata-rata sebesar 32°C. Jumlah kepala keluarga di Kelurahan Wonorejo berkisar 4.362 KK dengan mayoritas penduduknya beragama Islam. Kelurahan Wonorejo memiliki batas wilayah sebagai berikut:

Batas Wilayah Sebelah Utara : Sungai Wonokromo

Batas Wilayah Sebelah Timur : Selat Madura

Batas Wilayah Sebelah Selatan : Kelurahan Medokanayu

Batas Wilayah Sebelah Barat : Kelurahan Penjaringansari

Lokasi untuk pengambilan sampel berada pada tiga muara sungai yang terdapat di Kelurahan Wonorejo yaitu muara dari Sungai Kalijagir, muara dari sungai kawasan pendidikan, pertanian, dan pertambakan, serta muara sungai dari daerah Rungkut. Ketiga sungai tersebut merupakan bagian dari perairan di Indonesia yang digunakan untuk berbagai jenis kegiatan manusia. Sepanjang muara-muara tersebut terdapat pemukiman yang padat penduduk dan industri atau pabrik yang membuang limbahnya secara langsung ke sungai (Arisandy, *et al.*, 2012).

4.2. Data Hasil Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia (*Insitu*)

Data yang diperoleh pada pengukuran secara *insitu* berupa data parameter fisika dan parameter kimia yang terdapat pada ekosistem mangrove di muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Pengukuran yang dilakukan dilapang berupa data suhu, pH, salinitas, dan DO. Hasil data yang diperoleh dari parameter fisika dan parameter kimia di 3 stasiun tersebut selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran II tentang wisata bahari dan Lampiran III tentang biota laut. Berikut hasil data yang diperoleh saat pengukuran *insitu* yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Pengukuran Parameter Fisika dan Parameter Kimia Pada Ekosistem Mangrove di Muara Kelurahan Wonorejo

Stasiun Lokasi	Parameter Fisika	Parameter Kimia		
	Suhu (°C) ± stdev	pH ± stdev	Salinitas (‰) ± stdev	DO (mg/L) ± stdev
1	38.8 ± 0.20*	8.37 ± 0.02	36 ± 0.00*	4.0 ± 0.70*
2	36.6 ± 0.55*	8.06 ± 0.02	17 ± 0.00	3.4 ± 0.76*
3	36.7 ± 0.27*	7.10 ± 0.09	31 ± 0.00	5.4 ± 0.40
Rata-Rata ± stdev	37.4 ± 1.25	7.84 ± 0.67	28 ± 9.85	4.3 ± 1.01
^{*)} Lampiran II (Wisata Bahari)	Alami ^{3(c)}	7 - 8.5 ^(d)	Alami ^{3(e)}	>5
^{*)} Lampiran III (Biota Laut)	Alami ^{3(c)} Coral: 28-30 ^(c) Mangrove: 28-32 ^(c) Lamun: 28-30 ^(c)	7 - 8.5 ^(d)	Alami ^{3(e)} Coral: 33-34 ^(e) Mangrove: s/d 34 ^(e) Lamun: 33-34 ^(e)	>5

Keterangan:

^{*)} : Baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.

Alami³ : Kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam, dan musim).

c : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2°C dari suhu alami.

d : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0.2 satuan pH

e : Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5% salinitas rata-rata musiman

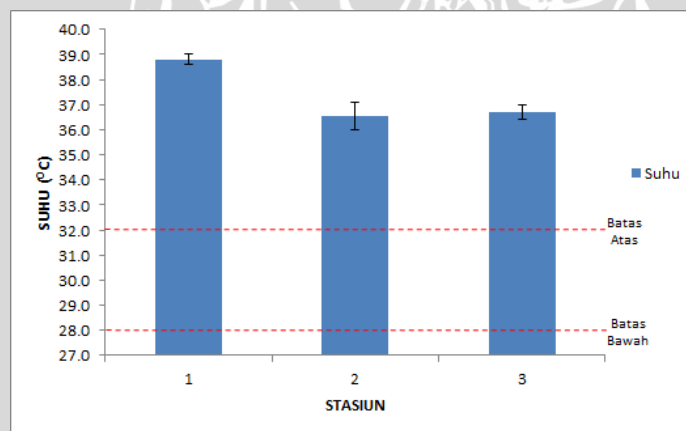
* : Tidak sesuai dengan baku mutu.

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa rata-rata suhu selama penelitian adalah $37.4^{\circ}\text{C} \pm 1.25$ sedangkan pH rata-rata sebesar 7.84 ± 0.67 . Hasil pengukuran salinitas didapatkan rata-rata sebesar $28 \text{ ‰} \pm 9.85$, sedangkan kandungan DO rata-rata adalah $4.3 \text{ mg/L} \pm 1.01$.

4.2.1. Parameter Fisika

4.2.1.1. Suhu

Pada pengukuran suhu dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Secara umum nilai suhu perairan rata-rata di muara kawasan Wonorejo adalah sebesar 37.4°C dengan standar deviasinya sebesar 1.25. Suhu perairan rata-rata di Kelurahan Wonorejo pada bulan Mei 2013 sebesar 31.15°C dengan kisaran suhu perairan antara $28.90^{\circ}\text{C} - 34.00^{\circ}\text{C}$ (Putri, 2013). Nilai rata-rata suhu selama penelitian di tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Suhu pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

Dari Gambar 9 tampak bahwa suhu tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 38.8°C . Hal ini dikarenakan pada pengukuran di stasiun 1 berada pada siang hari dan pada musim kemarau. Suhu terendah yang terdapat pada grafik menunjukkan terjadi pada stasiun 2 sebesar 36.6°C . Ini dikarenakan pada stasiun 2 mempunyai lebar muara yang paling kecil daripada stasiun lainnya dan

perairannya tertutupi oleh hutan mangrove sehingga penetrasi cahaya yang masuk ke perairan sedikit dan membuat suhu perairan lebih rendah daripada stasiun lainnya.

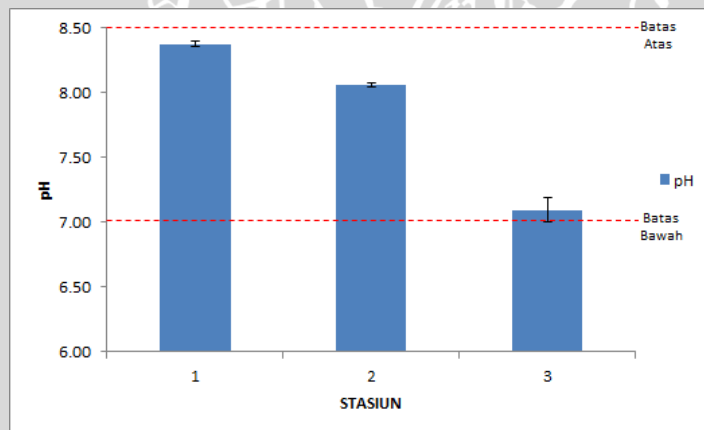
Suhu air merupakan parameter fisik air yang dapat mempengaruhi kehidupan biota perairan karena berkaitan dengan tingkat kelarutan oksigen, proses respirasi biota perairan dan kecepatan degradasi bahan pencemar (Monoarfa, 2002). Faktor yang mempengaruhi suhu dapat diakibatkan oleh letak ketinggian dari permukaan laut, intensitas cahaya matahari yang diterima, musim, cuaca, kedalaman air, maupun sirkulasi udara (Hutabarat dan Evans, 1984). Menurut Hutagalung (1984), meningkatnya suhu selain mempengaruhi aktivitas organisme yang ada dalam perairan, bahkan dapat meningkatkan toksisitas logam berat. Suhu air di perairan Nusantara umumnya berkisar antara 28-31 °C. Suhu air di lepas pantai biasanya lebih rendah daripada suhu air di dekat pantai (Nontji, 2005).

Suhu pada muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya secara umum telah melampaui dari baku mutu. Pada baku mutu Lampiran 2 (wisata bahari) suhu yang diperkenankan adalah suhu alami (28-32 °C) yaitu kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam, dan musim) dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2 °C dari suhu alami. Pada baku mutu Lampiran 3 (biota laut) suhu yang diperkenankan untuk mangrove adalah 28-32 °C dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <2 °C dari suhu alami. Berdasarkan standart baku mutu tersebut, maka stasiun 1, 2, maupun 3 semuanya telah melampaui baku mutu sehingga kondisi suhu pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya tidak baik untuk kehidupan biota laut.

4.2.2. Parameter Kimia

4.2.2.1. pH (Derajat Keasaman)

Pada pengukuran pH dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Secara umum nilai pH rata-rata selama penelitian di muara kawasan Wonorejo ini sebesar 7.84 dengan standar deviasi sebesar 0.67. pH di Kelurahan Wonorejo bulan Mei 2013 rata-ratanya sebesar 8.8 yang berkisar antara 8.15-9.35 (Putri, 2013). Menurunnya pH di Kelurahan Wonorejo ini diduga berhubungan dengan naiknya suhu. Naiknya suhu mengakibatkan kandungan CO_2 di dalam perairan semakin tinggi akibat respirasi dari biota di perairan yang semakin meningkat. Semakin tinggi CO_2 di perairan maka perairan akan menjadi asam (Wurts dan Durborow, 1992). Nilai rata-rata pH pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik pH pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

Dari Gambar 10 nampak bahwa pH tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 8.37. Besarnya pH pada stasiun 1 ini dapat diakibatkan oleh adanya buangan limbah anorganik seperti deterjen yang banyak berasal dari limbah rumah tangga. Menurut Sopiah (2004), deterjen mempunyai pH berkisar antara 9.5-12, bersifat korosif dan berdampak pada iritasi kulit. pH terendah yang

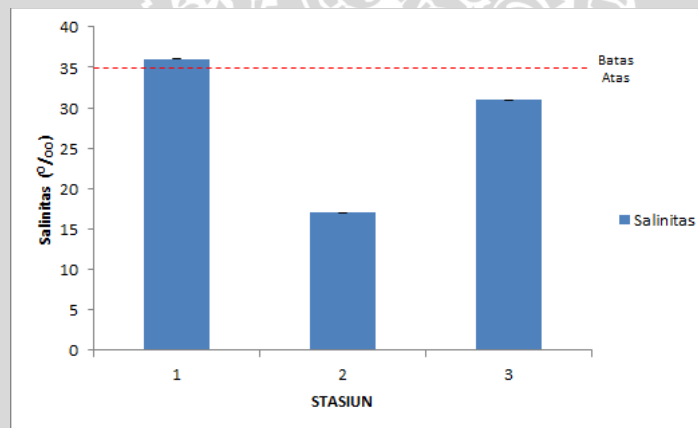
ditunjukkan pada grafik terdapat stasiun 3. Rendahnya pH pada stasiun 3 dibandingkan stasiun lainnya dapat disebabkan oleh adanya buangan limbah dari industri yang bersifat asam yang berada di sekitar sungai. Keberadaan mangrove dapat pula mempengaruhi tinggi rendahnya pH. Menurut Ewusie (1990) dalam Kushartono (2009), serasah dari mangrove yang mengalami dekomposisi menyebabkan kandungan bahan organik yang tinggi pula yang menyebabkan kondisi menjadi masam.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pH disuatu perairan muara antara lain adalah suhu, oksigen terlarut, CO_2 , dan alkalinitas. Penurunan pH yang ada disuatu perairan biasanya dipengaruhi oleh peningkatan kadar CO_2 disuatu perairan (Nontji, 2005). Peningkatan keasaman air juga diakibatkan oleh adanya asam-asam mineral dan asam karbonat yang berada di perairan. Menurut Novotny dan Olem (1994) pada pH alami, logam berat di laut maupun dalam bentuk partikel atau padatan tersuspensi sulit terurai. Pada pH rendah, ion bebas logam berat dilepaskan ke dalam perairan. Secara umum, jika pada pH rendah maka logam berat akan meningkatkan toksisitasnya. Pada pH yang lebih tinggi logam berat akan mengalami pengendapan.

pH pada muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya secara umum masih tergolong baik. Pada baku mutu Lampiran 2 (wisata bahari), pH yang diperkenankan adalah 7-8.5 dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0.2 satuan pH. Pada baku mutu Lampiran 3 (biota laut) pH yang diperkenankan sebesar 7-8.5 dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <0.2 satuan pH. Berdasarkan standart baku mutu tersebut, maka stasiun 1, 2, dan 3 semuanya masih tergolong baik untuk biota-biota pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya.

4.2.2.2. Salinitas

Pada pengukuran salinitas dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Secara umum nilai salinitas rata-rata selama penelitian di muara kawasan Wonorejo sebesar 28 ‰ dengan standar deviasi sebesar 9.85. Salinitas di Kelurahan Wonorejo berkisar antara 19 ‰ - 28.4 ‰ dengan rata-rata sebesar 23.45 ‰ (Putri, 2013). Semakin tingginya kandungan garam di perairan Kelurahan Wonorejo karena penguapan semakin tinggi akibat adanya pemanasan global (Kusmana, 2010). Suhu yang tinggi mengakibatkan penguapan partikel air sehingga mengakibatkan kadar garam tertinggal juga semakin tinggi pula. Nilai rata-rata salinitas pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya di tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Salinitas pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

Gambar 11 menunjukkan bahwa salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 36 ‰. Besarnya salinitas ini salah satunya dikarenakan suhu pada stasiun 1 yang tinggi sehingga terjadi penguapan (evaporasi) yang tinggi yang pada akhirnya akan membuat kadar garam tertinggal di perairan. Kadar garam yang tinggi di perairan juga dipengaruhi oleh proses perembesan mineral-mineral dari dalam bumi yang biasanya disebut dengan *out gassing*

(Romimohtarto, 2009). Selain itu diduga pengambilan sampel saat mulainya pasang pada stasiun 1 juga menjadi faktor tingginya salinitas karena banyaknya masukan air laut. Salinitas terendah yang terdapat pada grafik menunjukkan terjadi pada stasiun 2 sebesar 17 ‰. Berkebalikan dengan stasiun 1, stasiun 2 suhu perairan lebih rendah daripada stasiun-stasiun lainnya sehingga penguapan lebih kecil daripada stasiun lainnya. Ini dikarenakan pada stasiun 2 memiliki lebar muara yang paling kecil dan ditumbuhi banyak mangrove sehingga penetrasi cahaya yang masuk ke perairan tertutupi oleh rimbunnya pohon mangrove.

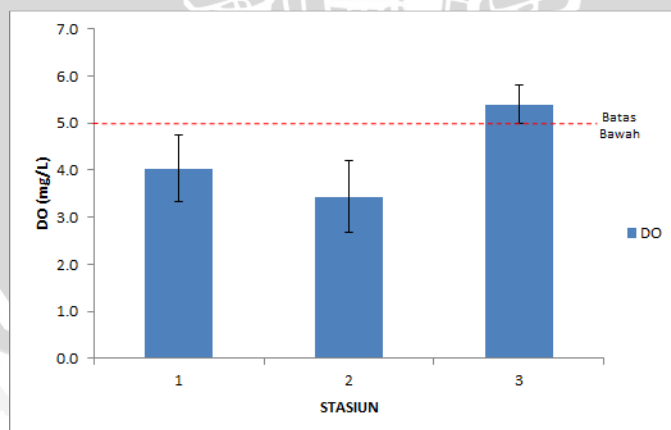
Salinitas didefinisikan sebagai berat zat padat terlarut dalam gram per kilogram air laut. Secara umum diartikan sebagai kandungan garam dari suatu perairan yang dinyatakan dalam permil (‰). Biasanya kisaran salinitas air laut berada antara 0-40 ‰ yang berarti bahwa kandungan garam dalam perairan adalah 0-40 gram per kilogram air laut (Romihmohtarto dan Juwana, 2005). Faktor-faktor yang mempengaruhi salinitas adalah penguapan, makin besar penguapan dilaut maka salinitas semakin tinggi juga maupun sebaliknya. Setelah itu adalah curah hujan. Makin besar curah hujan maka salinitas semakin rendah. Banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut (Nontji, 2005). Salinitas berpengaruh terhadap keberadaan konsentrasi logam berat yang ada di perairan. Penurunan salinitas disuatu perairan dapat menimbulkan peningkatan toksisitas logam berat dan tingkat akumulasinya semakin besar (Rompas, 2010).

Salinitas pada muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya secara umum masih baik untuk ekosistem mangrove hanya pada stasiun 1 yang melebihi baku mutu. Pada baku mutu Lampiran 2 (wisata bahari) salinitas yang diperkenankan adalah suhu alami yaitu kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam, dan musim) dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5 % salinitas rata-rata musiman. Pada baku mutu Lampiran 3 (biota laut) salinitas yang diperkenankan untuk mangrove

adalah s/d 34 ‰ dan diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan <5 % salinitas rata-rata musiman. Berdasarkan standart baku mutu tersebut, maka hanya stasiun 2 dan 3 yang masih tergolong baik untuk ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya.

4.2.2.3. DO (Oksigen Terlarut)

Pada pengukuran salinitas dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Secara umum nilai oksigen terlarut rata-rata selama penelitian di muara kawasan Wonorejo adalah sebesar 4.3 mg/L dengan standar deviasi sebesar 1.01. DO pada Kelurahan Wonorejo bulan Mei 2013 diperoleh rata-rata sebesar 5.90 mg/L dengan kisaran 4.60 mg/L - 6.70 mg/L (Putri, 2013). Rendahnya oksigen terlarut di perairan di bandingkan dengan penelitian sebelumnya diduga karena suhu pada perairan Kelurahan Wonorejo juga naik. Kelarutan oksigen di dalam air sangat dipengaruhi oleh suhu dan jumlah garam terlarut. Dengan peningkatan suhu maka konsentrasi oksigen akan menurun dan sebaliknya (Barus, 2004). Nilai rata-rata oksigen terlarut pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya di tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik DO pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

Gambar 12 menunjukkan bahwa oksigen terlarut tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 5.4 mg/L. Besarnya oksigen terlarut ini dikarenakan suhu yang rendah sehingga proses respirasi biota menjadi lebih sedikit di perairan. Walaupun suhu pada stasiun 3 hampir sama dengan stasiun 2, terdapat faktor lain yaitu proses pengadukan perairan pada stasiun 3 lebih banyak karena pertemuan antara air tawar dan air laut lebih banyak terjadi di stasiun 3. Oleh sebab itu, pengadukan lebih banyak terjadi di stasiun 3. Selain itu masih terdapat lalu lintas kapal menjadikan oksigen terlarut di stasiun 3 tinggi. Oksigen terlarut terendah diperoleh pada stasiun 2 sebesar 3.4 mg/L. Kecilnya oksigen terlarut pada stasiun 2 karena terjadi surut sehingga pengadukan pada perairan sangat kecil. Selain itu faktor rimbunnya dan lebar muara yang kecil menyebabkan terjadinya penumpukan bahan organik sehingga pada stasiun 2 oksigen terlarut rendah. Menurut Kordi (2012), kandungan oksigen terlarut yang berada di kawasan mangrove hanya sedikit karena substrat berlumpur, itu sebabnya mangrove secara umum mempunyai akar napas untuk mencukupi kebutuhan oksigen. Selain itu, umumnya air pada perairan tercemar, kandungan oksigen sangat rendah. Keberadaan bahan organik juga dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (Brown, 1987 *dalam* Effendi, 2003)

Kadar oksigen terlarut yang ada disuatu perairan biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan. Kadar oksigen terlarut yang ada disuatu perairan juga dapat berfluktuasi secara harian dan musiman bergantung pada pencampuran masa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang ada di perairan (Nontji, 2005). Perubahan konsentrasi oksigen terlarut dapat menimbulkan efek langsung yang berakibat pada kematian organisme perairan. Pengaruh tidak langsung yaitu meningkatkan toksisitas bahan pencemar yang pada akhirnya dapat membahayakan organisme itu sendiri (Rahayu, 1991).

Pada baku mutu Lampiran 2 (wisata bahari) oksigen terlarut yang diperkenankan adalah >5 mg/L. Pada baku mutu Lampiran 3 (biota laut) oksigen terlarut yang diperkenankan adalah >5 mg/L. Berdasarkan standart baku mutu tersebut, maka hanya stasiun 3 yang masih tergolong baik untuk biota perairan dan stasiun 1 dan 2 tergolong buruk untuk biota perairan di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya.

4.3. Data Hasil Pengukuran Parameter Logam Berat Pb (*Exsitu*)

Data yang diperoleh di laboratorium (*exsitu*) adalah data parameter logam berat Pb yang terdapat di air, sedimen, akar mangrove, dan daun mangrove pada ekosistem mangrove di muara Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Surabaya. Hasil data yang diperoleh dari parameter fisika dan parameter kimia di 3 stasiun tersebut selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran II tentang wisata bahari dan Lampiran III tentang biota laut sedangkan kandungan logam berat Pb pada sedimen dibandingkan Kelimpahan Beberapa Unsur Logam Berat Dalam Tanah, Air, dan Sedimen Sungai (Widhiyatna *et al.*, 2014) karena Pemerintah Indonesia belum menetapkan baku mutu untuk logam berat di sedimen.

Hasil pengukuran logam berat Pb dalam air didapatkan rata-rata sebesar $0.77 \text{ ppm} \pm 0.14$. Rata-rata hasil pengukuran logam berat Pb dalam sedimen sebesar $28.749 \text{ ppm} \pm 3.142$, sedangkan dalam akar dan daun mangrove berturut-turut sebesar $34.13 \text{ ppm} \pm 6.89$ dan $13.30 \text{ ppm} \pm 1.90$. Berikut hasil data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Pengukuran Parameter Logam Berat Pb Pada *Avicennia alba* di Ekosistem Mangrove Muara Kelurahan Wonorejo

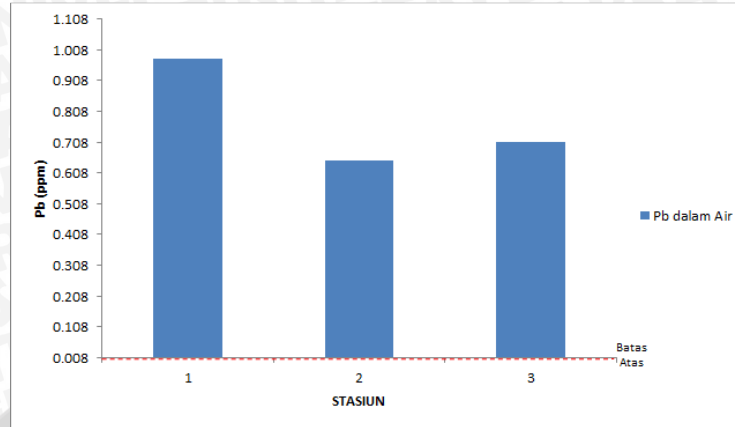
Stasiun Lokasi	Parameter Logam Berat Pb (ppm)			
	Air (ppm)	Sedimen	Akar	Daun
1	0.98	24.59	30.42	15.49
2	0.65	28.07	29.89	12.07
3	0.71	31.47	42.09	12.35
Rata-Rata ± stdev	0.78 ± 0.18	28.05 ± 3.44	34.13 ± 6.89	13.30 ± 1.90
Baku Mutu	0.005^{1(a)}	Low: 5c^(c)		
	0.008^{1(b)}	High: 80^(c)		

Keterangan:

- 1 : Menggunakan baku mutu Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut (a) Lampiran II (Wisata Bahari) ; (b) Lampiran III (Biota Laut).
- c : Menggunakan Kelimpahan Beberapa Unsur Logam Berat Dalam Tanah, Air, dan Sedimen Sungai (Widhiyatna *et al.*, 2014) untuk baku mutu sedimen.
- 2 : *Interim Sediment Quality Guidelines*

4.3.1. Air Laut

Secara umum rata-rata nilai logam berat Pb yang terdapat dalam air laut selama penelitian di muara kawasan Wonorejo ini sebesar 0.78 ppm (standar deviasi sebesar 0.18). Pb pada perairan Kelurahan Wonorejo pada bulan April-Juli 2011 mempunyai rata-rata 0.43 ppm dengan kisaran konsentrasi Pb sebesar 0.37 ppm - 0.48 ppm (Arisandy *et al.*, 2012). Semakin tingginya kandungan logam berat Pb dalam perairan diduga karena sumber pencemar logam berat Pb di perairan semakin banyak. Salah satu aktivitas tersebut adalah semakin banyaknya kendaraan bermotor, ini berkaitan dengan bahan bakar bermotor yang menghasilkan residu Pb saat proses pembakaran (Palar, 2012). Nilai logam berat Pb dalam air pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya pada tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Logam Berat Pb dalam Air pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

Gambar 13 menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb dalam air tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 0.98 ppm. Besarnya Pb dalam air pada stasiun 1 ini selain dari sumber Pb di stasiun 1 tetapi juga dikarenakan terdapatnya pengadukan yang terjadi yang menyebabkan logam Pb kembali terlarut ke dalam perairan. Ini karena pada stasiun 1 banyak aktivitas perahu dari nelayan maupun perahu pengangkut pengunjung Ekowisata Mangrove Wonorejo. Kandungan logam berat Pb dalam air yang terendah yang terdapat pada grafik menunjukkan terjadi pada stasiun 2 sebesar 0.65 ppm. Kandungan logam berat Pb dalam air pada stasiun 2 tergolong lebih kecil daripada 2 stasiun lainnya karena sumber dari bahan pencemar logam berat Pb di sepanjang sungai yang bermuara di stasiun 2 ini hanya terdapat dari sisa pertanian dan kawasan pendidikan sedangkan keberadaan pemukiman dan industri di sepanjang sungai lebih sedikit dibandingkan dengan stasiun lainnya.

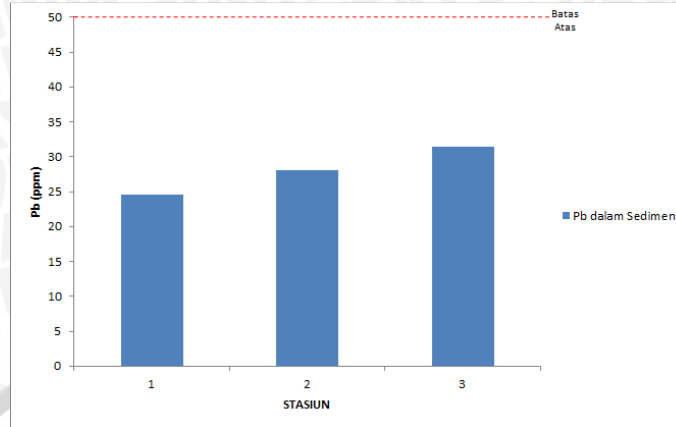
Peningkatan konsentrasi logam berat dalam sedimen yang sewaktu-waktu termobilisasi akibat pergerakan arus dan proses bioturbation (daur ulang dari tanah dan sedimen oleh hewan atau tumbuhan) dapat memberikan pengaruh negatif bagi komunitas bentos (Arifin dan Fadhlina, 2009). pH menjadi salah satu faktor juga yang mempengaruhi toksisitas dari logam berat

Pb. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya diikuti dengan kecilnya kelarutan dari senyawa logam. Umumnya pH yang semakin tinggi maka kestabilan akan bergeser dari karbonat menjadi hidroksida. Hidroksida ini mudah sekali membentuk ikatan dengan partikel-partikel yang terdapat pada badan perairan. Lama-kelamaan senyawa yang terjadi antara hidroksida dengan partikel yang ada pada badan perairan akan mengendap dan membentuk lumpur (Palar, 2012).

Pada baku mutu Lampiran 2 (wisata bahari) kandungan logam berat Pb yang diperkenankan adalah <0.005 ppm. Pada baku mutu Lampiran 3 (biota laut) kandungan logam berat Pb dalam air yang diperkenankan adalah <0.008 ppm. Berdasarkan standart baku mutu tersebut, maka perairan semua stasiun baik stasiun 1, 2, dan 3 tergolong sangat buruk untuk biota perairan karena kandungan logam berat Pb di perairan mencapai 96 kali baku mutu.

4.3.2. Sedimen

Secara umum rata-rata nilai logam berat Pb yang terdapat dalam sedimen selama penelitian di muara kawasan Wonorejo ini sebesar 28.05 ppm (standar deviasi sebesar 3.44). Pb dalam sedimen di Kelurahan Wonorejo bulan April-Juli 2011 berkisar antara 8.77 ppm - 13.16 ppm dengan rata-rata sebesar 10.97 ppm (Arisandy, *et al.*, 2012). Semakin tingginya kandungan Pb di sedimen tidak terlepas dari semakin banyaknya sumber Pb yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Selain itu, menurut Leckie dan James (1974) dalam Palar (2012), pengendapan Pb di sedimen terkait dengan keberadaan pH perairan, jenis dan konsentrasi logam, serta keadaan persenyawaannya. Nilai logam berat Pb dalam sedimen pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya pada tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Logam Berat Pb dalam Sedimen pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

Gambar 14 menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb dalam sedimen tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 31.47 ppm. Dalam pengendapan logam berat di sedimen, parameter lingkungan seperti pH menjadi faktor penting. Tetapi terdapat faktor lain yang menyebabkan logam berat Pb di stasiun 3 lebih tinggi daripada stasiun lainnya. Seperti sumber penyebab terdapat logam berat Pb di perairan, proses pengadukan, maupun kedalaman. Pada saat pengambilan sampel di stasiun 3, walaupun terdapat aktivitas kapal, faktor kedalaman menyebabkan pengadukan lebih lemah. Kandungan logam berat Pb dalam sedimen yang terendah ditemukan pada stasiun 1 sebesar 24.59 ppm. Kandungan logam berat Pb dalam sedimen pada stasiun 1 tergolong lebih kecil daripada 2 stasiun lainnya dimungkinkan karena kondisi stasiun 1 yang menjadi kawasan lalu lintas kapal wisata sehingga menyebabkan pengadukan dalam air lebih besar yang berakibat logam berat dalam sedimen kembali terlarut ke dalam perairan. Menurut Hastuti *et al.*, (2013), vegetasi mangrove berpengaruh secara nyata terhadap tingginya kandungan logam berat dalam sedimen karena salah satu fungsi mangrove sendiri yaitu sebagai perangkat sedimen, walaupun pengaruhnya sangat kecil.

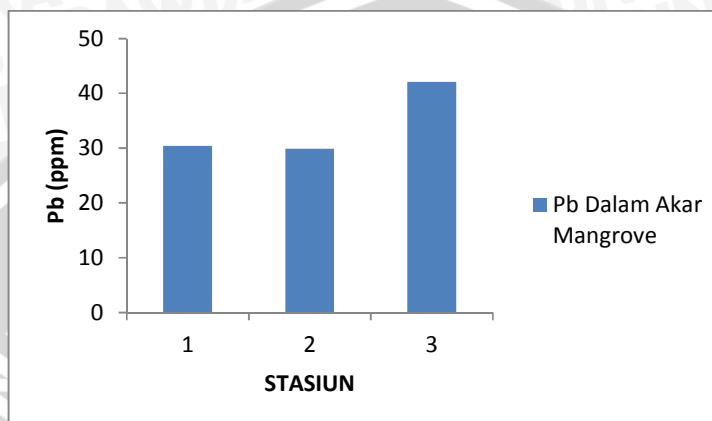
Pb dan persenyawaannya dapat berada di dalam perairan secara ilmiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara ilmiah, Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Disamping itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin juga merupakan sumber Pb yang akan masuk ke perairan. Pb yang masuk ke perairan akibat aktivitas manusia ada berbagai bentuk. Diantaranya adalah air buangan limbah dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari pertambangan bijih timah hitam dan buangan sisa industri baterai (Palar, 2012). Secara umum adanya perbedaan konsentrasi Pb dalam perairan ini disebabkan oleh berbagai proses baik fisika, biologi maupun kimia. Akan tetapi mungkin yang sangat berpengaruh adalah proses fisika baik adanya proses pengadukan maupun pengendapan dimana proses ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti arus. Arus ini akan mempengaruhi proses laju pengendapan atau sedimentasi dan mempengaruhi ukuran butir sedimen yang terendapkan (Maslukah, 2013).

Belum terdapat baku mutu di Indonesia untuk logam berat Pb dalam sedimen. Oleh sebab itu, mengacu kepada Kelimpahan Beberapa Unsur Logam Berat Dalam Tanah, Air, dan Sedimen Sungai (Widhiyatna *et al.*, 2014) maka untuk logam berat Pb pada sedimen yang paling rendah adalah 5 ppm dan yang paling tinggi sebesar 80 ppm. Setelah dibandingkan dengan kelimpahan beberapa unsur logam berat dalam tanah, air, dan sedimen sungai (Widhiyatna *et al.*, 2014), kandungan logam berat Pb dalam sedimen di semua stasiun pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya masih dapat di kategorikan baik.

4.3.3. Akar Mangrove

Secara umum nilai rata-rata logam berat Pb yang terdapat dalam akar mangrove selama penelitian di muara kawasan Wonorejo ini sebesar 34.09 ppm

(standar deviasi sebesar 6.89). Nilai konsentrasi logam berat Pb dalam akar mangrove pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Logam Berat Pb Dalam Akar Mangrove pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

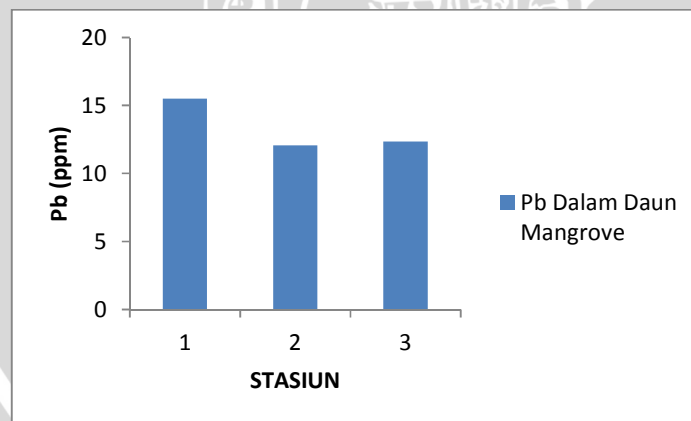
Gambar 15. menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb dalam akar tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 42.09 ppm dan kandungan logam berat Pb dalam akar yang terendah yang terdapat pada grafik menunjukkan terjadi pada stasiun 2 sebesar 29.89 ppm. Dapat dilihat dari grafik di atas bahwa konsentrasi logam berat Pb pada akar *Avicennia alba* di stasiun 3 lebih tinggi diduga karena keterkaitan kandungan logam berat pada sedimen di stasiun 3 juga tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh MacFarlane *et al.*, (2003) menyebutkan bahwa kandungan logam berat pada spesies berbeda yaitu pada *Avicennia marina* dalam kondisi terkontrol lebih tinggi di akar dibandingkan di daun.

Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang mampu menyerap bahan organik maupun non organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat yang baik (MacFarlane *et al.*, 2001). Keberadaan konsentrasi logam berat Pb yang tinggi di dalam akar diduga karena akar merupakan bagian yang paling

banyak berinteraksi dengan sedimen yang mengandung logam berat. Hal ini didukung oleh Lakitan (2001) dalam Panjaitan (2009), bahwa akar mendapat kontak dengan unsur hara melalui 3 cara yaitu secara difusi dalam larutan tanah, secara pasif terbawa aliran air, dan akar berkontak langsung dengan unsur hara tersebut. Menurut Handayani (2006), tingginya konsentrasi logam berat di dalam akar menunjukkan adanya usaha untuk memindahkan materi toksik ke dalam tubuhnya yang lebih kebal sehingga tidak mempengaruhi bagian tubuh yang rawan.

4.3.4. Daun Mangrove

Secara umum nilai rata-rata logam berat Pb dalam daun mangrove selama penelitian di muara kawasan Wonorejo ini sebesar 13.31 ppm dengan standar deviasinya sebesar 1.90. Nilai konsentrasi logam berat Pb dalam daun mangrove pada ekosistem mangrove di muara sungai Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya tiap-tiap stasiun dapat dilihat pada Gambar 16.



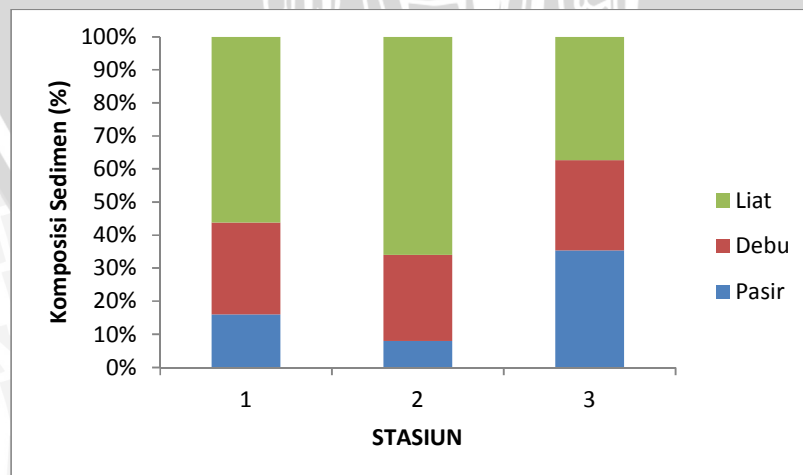
Gambar 16. Grafik Logam Berat Pb Dalam Daun Mangrove pada Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Kelurahan Wonorejo

Gambar 16 menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb dalam daun tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 15.49 ppm dan kandungan logam berat Pb dalam daun yang terendah terdapat pada stasiun 2 sebesar 12.07 ppm.

Tingginya logam berat Pb di stasiun 1 diduga karena hasil penyerapan Pb dari sedimen dan akar lebih rendah daripada stasiun lainnya sehingga berbanding terbalik yang dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15. Banyaknya akumulasi pada daun biasanya merupakan salah satu usaha yang dilakukan tumbuhan yang nantinya ditandai dengan lepasnya daun tua (Barutu *et al.*, 2014). Ditambahkan oleh Soemirat (2003), bahwa daun yang lebih muda akan lebih sulit mengabsorpsi daripada daun tua. Umumnya yang terjadi pada tumbuhan adalah mengakumulasi ion yang berlebih pada daun tua yang selanjutnya akan mengalami proses absisi daun.

4.4. Fraksinasi Sedimen

Identifikasi fraksi-fraksi ini dilakukan untuk mengetahui komposisi sedimen di lokasi penelitian. Fraksi pembentuk sedimen di perairan Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya terdiri dari liat, debu, dan pasir. Menurut Badan Pertanahan Nasional untuk pasir mempunyai ukuran diameter 2-0.05 mm, debu dengan ukuran 0.05-0.002 mm, dan liat dengan ukuran <0.002 mm. Berikut hasil analisis fraksi-fraksi pembentuk sedimen di 3 stasiun yang dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Fraksi-Fraksi Pembentuk Sedimen

Gambar 17 menunjukkan bahwa fraksi pembentuk sedimen pada stasiun 1 berupa 16% pasir, 27.80% debu, dan 56.20% liat. Pada stasiun 2 berupa 8% pasir, 26.07% debu, dan 65.93% liat. Pada stasiun 3 berupa 35.46% pasir, 27.17% debu, dan 37.37% liat. Pada stasiun 3 sedikit berbeda fraksi penyusun sedimennya dibandingkan stasiun lainnya. Ini dikarenakan lokasi dari stasiun 3 yang tidak sama dan cenderung jauh dari stasiun 1 dan stasiun 2 tetapi dari semua stasiun yang paling mendominasi adalah liat. Ini dikarenakan perairan Kelurahan Wonorejo merupakan muara dari sungai-sungai yang berasal dari Kota Surabaya sehingga terdapat banyak endapan liat yang merupakan habitat yang baik untuk mangrove.

Keberadaan logam berat dalam sedimen ini sangat erat hubungannya dengan ukuran butiran sedimen. Ukuran butiran sedimen yang lebih kecil mengandung konsentrasi logam berat yang lebih besar daripada ukuran butiran yang berukuran besar (Yang *et al.*, 2007). Menurut Arifin (2006) dalam Afriansyah (2009), sedimen yang mengandung jumlah mineral liat dan bahan organik cenderung akan mengakumulasi logam yang lebih tinggi karena senyawa tersebut dapat mengikat logam. Ini membuat ukuran partikel sedimen menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi konsentrasi dan proses adsorpsi logam berat di dalam sedimen.

4.5. Perhitungan BCF (*Bio-Concentration Factor*)

Untuk mengetahui akumulasi logam berat Pb dalam *Avicennia alba* maka dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam berat yang terdapat pada sedimen, akar, dan daun mangrove yang dikenal dengan BCF (*Bio-Concentration Factor*). Cara perhitungan BCF pada akar dan daun *Avicennia alba* dapat dilihat pada Lampiran 3. sedangkan hasil dari perhitungan BCF dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Akumulasi Logam Berat Pb Pada Akar dan Daun *Avicennia alba*

Stasiun	Spesies	BCF (<i>Bio-Concentration Factor</i>)	
		Akar	Daun
1	<i>Avicennia alba</i>	1.24	0.63
2	<i>Avicennia alba</i>	1.07	0.43
3	<i>Avicennia alba</i>	1.34	0.39
Rata-Rata		1.22	0.48

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa rata-rata BCF yang dimiliki *Avicennia alba* untuk logam Pb di Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya pada akar adalah 1.22 dan pada daun 0.48. Bila dikategorikan menurut Zarinkamar *et al.*, (2013) *Avicennia alba* dapat dikatakan sebagai tanaman excluder. Tanaman excluder adalah tanaman yang menghindari transportasi yang berlebih logam berat dari akar ke daun lalu BCF daun dan TF (*Translocation Factor*) lebih rendah dari 1 tetapi untuk BCF akar mereka lebih dari 1. Bila dibandingkan dengan *Avicennia marina* saat uji pendahuluan, BCF *Avicennia alba* lebih tinggi daripada *Avicennia marina*. *Avicennia alba* memiliki rata-rata BCF akar dan daun sebesar 1.21 dan 0.48 sedangkan BCF rata-rata *Avicennia marina* pada akar dan daun adalah 0.84 dan 0.51. Pada dasarnya tumbuhan memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat mencapai 1000 mg.kg^{-1} dan nilai BCF dapat digunakan untuk mengetahui potensi tumbuhan untuk tujuan fitoremediasi.

Hasil penelitian menunjukkan akumulasi logam berat Pb pada akar lebih tinggi daripada daun. Menurut MacFarlane *et al.* (2003), kandungan logam berat Pb pada genus yang sama seperti *Avicennia alba* yaitu *Avicennia marina* dalam kondisi terkontrol lebih banyak terdapat dalam akar daripada di daun. Hal ini karena akar merupakan organ tumbuhan yang langsung berinteraksi dengan sedimen yang mengandung konsentrasi logam berat. Tingginya akumulasi logam berat Pb pada akar *Avicennia marina* daripada di sedimen ini menunjukkan bahwa *Avicennia marina* mampu dalam menyerap bahan toksik di lingkungan

(Deri *et al.*, 2013). *Avicennia marina* memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat dan menurunkan kadar toksisitasnya karena *Avicennia marina* dapat melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi) yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya (Fitter dan Hay, 1991). Dalam melihat perbedaan akumulasi Pb di akar dan daun *Avicennia alba* dilakukan uji t. Hasil uji t tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji T-Test Akar dan Daun Mangrove

Paired Samples Test					
		Paired Differences			
					95% Confidence Interval of the Difference
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
					Lower Upper
Pair 1	Akar - Daun	2.08300E1	7.85042	4.53244	1.32847 40.33153

Paired Samples Test		
t	df	Sig. (2-tailed)
4.596	2	.044

Kesimpulan pada uji t ini dapat melalui dua acara. Yaitu melalui perbandingan antara t-hitung dan t-tabel. t-hitung berdasarkan tabel diatas adalah 4.59 dan t-tabel didapat dari tingkat signifikansi dan derajat kebebasan sehingga didapatkan t-tabel sebesar 4.30. Jika t-hitung > t-tabel maka Ho ditolak dan jika t-hitung < t-tabel maka Ho diterima. Oleh karena itu, t-hitung terletak pada Ho ditolak yang dapat disimpulkan bahwa logam berat Pb pada akar dan daun mangrove adalah tidak sama atau berbeda nyata dan yang kedua menggunakan nilai probabilitas. Jika nilai probabilitas > 0.05 maka Ho diterima dan jika probabilitas < 0.05 maka Ho ditolak. Dapat dilihat pada output bahwa nilai probabilitas adalah 0.04 ($P < 0.05$) maka Ho ditolak dan mean pada output

menunjukkan selisih rata-rata akar dan daun mangrove. Dapat disimpulkan bahwa logam berat Pb banyak terakumulasi di akar daripada daun dari *Avicennia alba*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tam dan Wong (1996) yang menyebutkan bahwa tumbuhan mangrove mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat pada akar. Hal ini berhubungan dengan sistem yang dimiliki tumbuhan yaitu sistem ekskresi. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat yang kemudian ditranslokasikan ke jaringan lainnya (MacFarlane *et al.*, 2003).

4.6. Perhitungan TF (*Translocation Factor*)

TF (*Translocation Factor*) merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung proses perpindahan/translokasi logam berat dari akar menuju tunas. TF sendiri didefinisikan sebagai konsentrasi logam berat pada daun dibagi konsentrasi logam berat pada akar (MacFarlane *et al.*, 2007). Cara perhitungan untuk TF dapat dilihat pada Lampiran 4. sedangkan hasil dari perhitungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perpindahan atau Translokasi Logam Berat Pb Pada *Avicennia alba*

Stasiun	Spesies	TF (<i>Translocation Factor</i>)
1	<i>Avicennia alba</i>	0.51
2	<i>Avicennia alba</i>	0.40
3	<i>Avicennia alba</i>	0.29
Rara-Rata		0.40

Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa rata-rata TF yang dimiliki *Avicennia alba* untuk logam Pb di Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya adalah 0.40. Menurut kategori Majid *et al.*, (2014), *Avicennia alba* mempunyai mekanisme yaitu fitostabilisasi. Fitostabilisasi adalah proses yang dilakukan oleh tanaman untuk

merubah polutan didalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut kedalam tubuh tanaman. Hasil rubahan dari polutan tersebut tetap berada didalam tanah. Mekanisme yang ada di *Avicennia alba* ini sama dengan *Avicennia marina* saat dilakukan uji pendahuluan yaitu fitostabilisasi. Tetapi nilai TF dari *Avicennia marina* lebih tinggi daripada *Avicennia alba* yaitu sebesar 0.61.

Penelitian yang dilakukan oleh Hamzah dan Setiawan (2010), pada genus mangrove yang sama tetapi berbeda spesiesnya (*Avicennia marina*) menunjukkan bahwa *Avicennia* dapat digunakan untuk tujuan *fitostabilisasi*. Pernyataan ini didukung dengan pernyataan oleh Lotfinasabasi dan Gunale (2012), yang menyatakan bahwa pada tumbuhan yang memiliki akar nafas tidak memiliki mobilitas logam yang tinggi.

4.7. Perhitungan FTD (Fitoremediasi)

Fitoremediasi merupakan penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan yang berada di dalam tanah atau perairan yang terkontaminasi (Juhaeti, *et al.*, 2004). Perhitungan fitoremediasi didapatkan dari selisih antara BCF dan TF. Perhitungan untuk FTD dapat dilihat pada Lampiran 5. dan untuk hasil dari perhitungan FTD dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Fitoremediasi Logam Berat Pb di Akar dan Daun Pada *Avicennia alba*

Stasiun	Spesies	FTD (Fitoremediasi)	
		Akar	Daun
1	<i>Avicennia alba</i>	0.73	0.12
2	<i>Avicennia alba</i>	0.67	0.03
3	<i>Avicennia alba</i>	1.05	0.10
Rata-Rata		0.81	0.08

Berdasarkan Tabel 9 dapat dilihat bahwa rata-rata FTD yang dimiliki *Avicennia alba* untuk logam Pb di Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya pada akar mempunyai nilai 0.81 dan pada daun 0.08. Nilai FTD pada *Avicennia alba* ini lebih besar dari *Avicennia marina* yang dilakukan pada uji pendahuluan yaitu nilai FTD akar sebesar 0.23 dan FTD daun sebesar -0.1. Ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Arisandy *et al.*, (2012), pada spesies *Avicennia marina* di perairan yang sama, nilai FTD untuk *Avicennia marina* di perairan pada akar berkisar antara -1.446 sampai -1.291 dan pada daun berkisar antara -1.344 sampai -1.235. Ini membuktikan bahwa *Avicennia alba* lebih baik daripada *Avicennia marina* untuk agen fitoremediasi.

Menurut Yoon *et al.*, (2006), nilai FTD akan maksimal bila nilai BCF lebih tinggi daripada nilai TF. Berdasarkan uraian tentang nilai FTD di atas, dapat disimpulkan bahwa *Avicennia alba* dapat digunakan untuk tujuan fitoremediasi. Dalam proses fitoremediasi terdapat beberapa mekanisme kerja yaitu *fitoekstraksi*, *fitovolatilisasi*, *fitodegradasi*, *fitostabilisasi*, *rhizofiltrasi*, dan interaksi dengan mikroorganisme pendegradasi polutan (Kelly, 1997 dalam Asriani, 2013).

4.8. Hubungan Konsentrasi Logam Berat Pada di Sedimen, Akar dan Daun Mangrove.

Analisis korelasi ditujukan untuk melihat ada atau tidaknya hubungan serta arah hubungan antara dua variabel atau lebih. Arah hubungan itu dapat positif yaitu koefisien 0 sampai 1, negatif nilai koefisien 0 sampai -1, dan nihil nilai koefesienya 0. Korelasi yang digunakan pada penelitian ini adalah korelasi pearson untuk digunakan pada data interval dan rasio yang terdiri dari dua variabel. Hasil analisis Korelasi Pearson antara sedimen dan akar serta sedimen dan daun dapat dilihat pada Lampiran 6.

Berdasarkan hasil analisis Korelasi Pearson pada Lampiran 6, nilai korelasi antara sedimen dan daun, sedimen dan daun memiliki hubungan dengan kategori sangat kuat dengan arah hubungan negatif sebesar -0.831 akan tetapi korelasi tersebut tidak signifikan yaitu nilai sig. antara sedimen dan daun sebesar 0.376 ($P < 0.05$). Berdasarkan Tabel 11 nilai korelasi diatas antara sedimen dan akar memiliki hubungan dengan kategori sangat kuat dengan arah hubungan positif sebesar 0.843 akan tetapi nilai tersebut tidak signifikan yaitu nilai sig. antara sedimen dan akar sebesar 0.362 ($P < 0.05$). Tidak signifikannya dari hasil Korelasi Pearson ini diduga karena kurangnya data saat pengambilan. Besarnya kandungan logam berat Pb dalam akar karena terkait letak akar yang berada di dalam sedimen. Semakin besar kandungan logam berat yang ada di sedimen, maka semakin besar pula logam berat yang ada di akar mangrove. Menurut Arisandy *et al.*, (2012) tingginya nilai konsentrasi logam berat karena akar merupakan bagian yang berkontak langsung dengan sedimen yang tercemar yang kemudian ditranslokasikan ke bagian lain. Ditambahkan oleh Yoon *et al.*, (2006), akar juga mempunyai sistem penghentian transport logam menuju daun terutama logam non esensial sehingga terjadi penumpukan logam berat di dalam akar.

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Perairan Muara Kelurahan Wonorejo, dapat disimpulkan bahwa:

1. Rata-rata nilai konsentrasi logam berat Pb yang terdapat di dalam air sebesar $0.78 \text{ ppm} \pm 0.18$, di dalam sedimen sebesar $28.05 \text{ ppm} \pm 3.44$, di dalam akar *Avicennia alba* sebesar $34.13 \text{ ppm} \pm 6.89$, dan di dalam daun *Avicennia alba* sebesar $13.30 \text{ ppm} \pm 1.90$.
2. *Avicennia alba* merupakan salah satu spesies yang banyak terdapat di muara Kelurahan Wonorejo. *Avicennia alba* dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi berdasarkan nilai rata-rata FTD akar sebesar 0.82 dan pada daun sebesar 0.08.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Perairan Muara Kelurahan Wonorejo, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan dari *Avicennia alba* karena belum banyaknya informasi tentang kemampuan, manfaat, dan fungsi *Avicennia alba* di lingkungan.
2. Masyarakat Kelurahan Wonorejo dapat dan mampu memahami pentingnya ekosistem mangrove serta menjaganya terutama *Avicennia alba* dalam mengurangi dampak pencemaran yang terjadi di sekitar muara Kelurahan Wonorejo.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, A. 2009. Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu) dalam Air, Seston, Kerang, dan Fraksinasinya dalam Sedimen di Perairan Delta Berau, Kalimantan Timur. IPB:Bogor
- Amin, B. 2002. *Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove (Avicennia marina) di Perairan Pantai Dumai. Riau. Jurnal Natur Indonesia*. 80-86 hal
- Andarani, P., dan Roosmini, D. 2009. *Profil Pencemaran Logam Berat (Cu, Cr, dan Zn) Pada Air Permukaan dan Sedimen di Sekitar Industri Tekstil PT X (Sungai Cikijing)*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan : ITB.
- Anonymous. 2014. *Data Monografi Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya*. Data Bulan Juli-September 2014.
- ANZECC. 2000. *National Water Quality Management Strategy*. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. Vol.1, Chapter. 1-7
- APHA, AWWA, WEF. 2001. *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition*. Washington DC: American Public Health Association.
- Arifin, Z. dan D. Fadhlina. 2009. *Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, dan Zn dalam Sedimen dan Bioavailabilitasya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta*. IPB: Bogor.
- Arisandy, K.R., Herawati, E.Y., Suprayitno, E. 2012. *Akumulasi Logam Berat (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan Avicennia marina (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur*. FPIK-UB: Malang.
- Asriani, A.N., Samang, L., Zubair, A., 2013. *Fitoremediasi Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Eceng Gondok*. UNHAS:Makkassar.
- Babich, H dan G. Stotzky. 1978. *Effect of Cadmium On The Biota: Influences of Environmental Factors*. Edvance in Applied Microbiology.
- Barman S.C., Sahu R.K., Bhargava S.K. and Chatterjee C., 2000. *Distribution of heavy metals in wheat, mustard and weed grains irrigated with industrial effluents*, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 64, pp 489-496.
- Barus, T.A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan. USU Press.
- Barutu, H.L., Amin, B., dan Efriyeldi. 2014. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Pada Avicennia marina di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau*. FPIK: Universitas Riau.

- Besral. 2010. *Pengolahan dan Analisis Data-1 Menggunakan SPSS*. UI: Jakarta
- Buckle, K.A., Hari P., Adiono., 1987. *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI Press.
- Chaney R., Li Y.M., Green C. 1996. *Potential use of metal hyperaccumulators*. Mining Environ Manag 3:9-11.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press. Jakarta.
- Deri., E., Afu. L.O.A., 2013. *Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pad Akar Mangrove Avicennia marina di Perairan Teluk Kendari*. Jurnal Mina Laut Indonesia Vol. 01, No.01. Kendari: FPIK Universitas Haluoleo. Hlm: 38-48.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Erlangga. 2007. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Propinsi Riau terhadap Ikan Baung (Hemobagrus hemurus)*. Bogor. Thesis. Sekolah Pascasarjana IPB. 87 hal.
- Fardiaz. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Fitter, A.H dan Hay, R.K.M. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ghosh, M., Singh, S.P., 2005. *A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its Byproducts*. Devi Ahilya University:India
- Hamzah, F., Setiawan, A., 2010. *Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara*. FPIK-IPB: Bogor.
- Handayani, T. 2006. *Bioakumulasi Logam Berat Dalam Mangrove Rhizophora mucronata dan Avicennia marina di Muara Angke Jakarta*. Balai Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Hastuti, E. Dwi., S. Anggoro, dan R. Probadi. 2013. *Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak*. Fakultas Sains dan Matematika. UNDIP.
- Hidayati, N. 2005. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. LIPI:Bogor. Hal 35-40
- Hutabarat L., Evans S.M., 1984. *Pengantar Oceanografi*. UI Press. Jakarta.
- Hutagalung, H.P., 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut*. Pewarta Oceana IX No. 1. Hal 12-19.

Hutagalung, H.P., D. Setiapermana, dan S.H. Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen, dan Biota (Buku Kedua)*. P3O LIPI. Jakarta.

IPB. 2007. *Ekosistem Mangrove*. http://web.ipb.ac.id/~dedi_s/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=58. Diakses pada tanggal 20 Maret 2015

Juhaeti, T., Fauzia S., Nuril H., *Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas*. LIPI: Bogor 16002

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

Kantor Menteri Negara Kependudukan & Lingkungan Hidup. 1991. *Pengembangan Baku Mutu Lingkungan Laut (Pengendalian Pencemaran Laut)*. Proyek Pembinaan Kelestarian Sumberdaya Alam Laut dan Pantai. Jakarta. 15 hlm.

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Baku Mutu Air Laut*. Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51.

Konsistensi, 2013. Uji Analisis Korelasi dengan Program SPSS. <http://www.konsistensi.com/2013/05/uji-analisis-korelasi-dengan-program.html>. Diakses pada tanggal 25 Maret 2015.

Kordi, G. 2012. *Ekosistem Mangrove; Potensi, Fungsi, dan Pengelolaan*. Jakarta: Rineka Cipta.

Kushartono, E.W., 2009. *Beberapa Aspek Bio-Fisik Kimia Tanah di Daerah Mangrove Desa Pasar Banggi Kabupaten Rembang*. UNDIP: Semarang Ilmu Kelautan. Vol. 14:7683

Kusmana, C. 2010. *Respon Mangrove Terhadap Perubahan Iklim Global Aspek Biologi dan Ekologi Mangrove*. IPB. Bogor

Lestari dan Budiyanto, F. 2013. *Konsentrasi Hg, Cd, Cu, Pb, dan Zn dalam Sedimen di Perairan Gresik*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis Vol.5, No.1. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Hlm.: 182-191.

Lotfinasabasl, S., Gunale, V.R., 2012. *Studies on Heavy Metals Bioaccumulation Potential of Mangrove Species, Avicennia Marina*. International Journal of Engineering Science and Technology. India.

MacFarlane, G.R., Burchett, M.D., 2001. *Cellular Distribution of Copper, Lead and Zinc in the Grey Mangrove, Avicennia marina (Forsk.) Vierh.* Aquatic Botany 68: 45-59.

MacFarlane, G.R., Pulkownik, A., Burchett, M.D., 2003. *Accumulation And Distribution of Heavy Metal in The Grey Mangrove Avicennia marina*. Marine Pollution Bulletin Vol. 123, pp. 139-151.

- MacFarlane, G.R., Koller, E.C., and Blomberg, S.P., 2007. *Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangrove: A Synthesis of Field-based Studies*. Chemosphere, pp.1454-1464.
- Machado W., Silva-Filho E.V., Oliveira R.R., and Lacerda L.D., 2002. *Trace metal Retention in Mangrove Ecosystems in Guanabara Bay, SE Brazil*. Marine Pollution Bulletin. 44: 1277-1280.
- Majid, S.N., Khwakaram, A.I., Rasul, G.A.M., Ahmed, Z.H., 2014. *Bioaccumulation, Enrichment and Translocation Factors of some Heavy Metals in Typha Angustifolia and Phragmites Australis Species Growing along Qalyasan Stream in Sulaimani City*. Journal of Zankoy Sulaimani-Part A, vol.16, pp. 93-109.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. *Remediation Technologies Selection for Oil-Polluted Marine Ecosystem*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Mardekawati, L., Burhanudin, Dewantara, I., 2013. *Kemampuan Empat Jenis Tanaman Dalam Menyerap Cemaran Merkuri di Media Tailing*. Fakultas Kehutanan. Universitas Tanjungpura: Pontianak
- Maslukah, L. 2006. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang*. Tesis. IPB: Bogor
- Maslukah, L. 2013. *Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Terlarut, dalam Seston dan dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang*. Jurusan Ilmu Kelautan FPIK-UNDIP: Semarang.
- Mills, W.B. 1995. *Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants in Surface and Ground Water-Part 1*. US EPA, Georgia.
- Monoarfa, W., 2002. *Dampak Pembangunan Bagi Kualitas Air Di Kawasan Pesisir Pantai Losari, Makassar*. Jurnal Sci & Tech, V. Universitas Hasanudin: Makassar.
- Mukhtasor, L.M. Lee, dan J.J. Sharp. 2002. *A New Approach to Modeling Initial Dilution of Buoyancy-Dominated Jet in Moving Water*. Journal Environmental Engineering, S.ci., vol.1. 2002.
- Mukono, H.J. 2002. *Epidemiologi Lingkungan*. Airlangga University Press. Surabaya.
- Noeryanti. 2000. *Panduan Praktikum Statistik Dasar*
- Nontji, Anugerah. 2005. *Laut Nusantara*. Cetakan Keempat. Djambatan. Jakarta.
- Noor, Y.S., M. Khazali., I.N.N. Suryadiputra., 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP, Bogor.

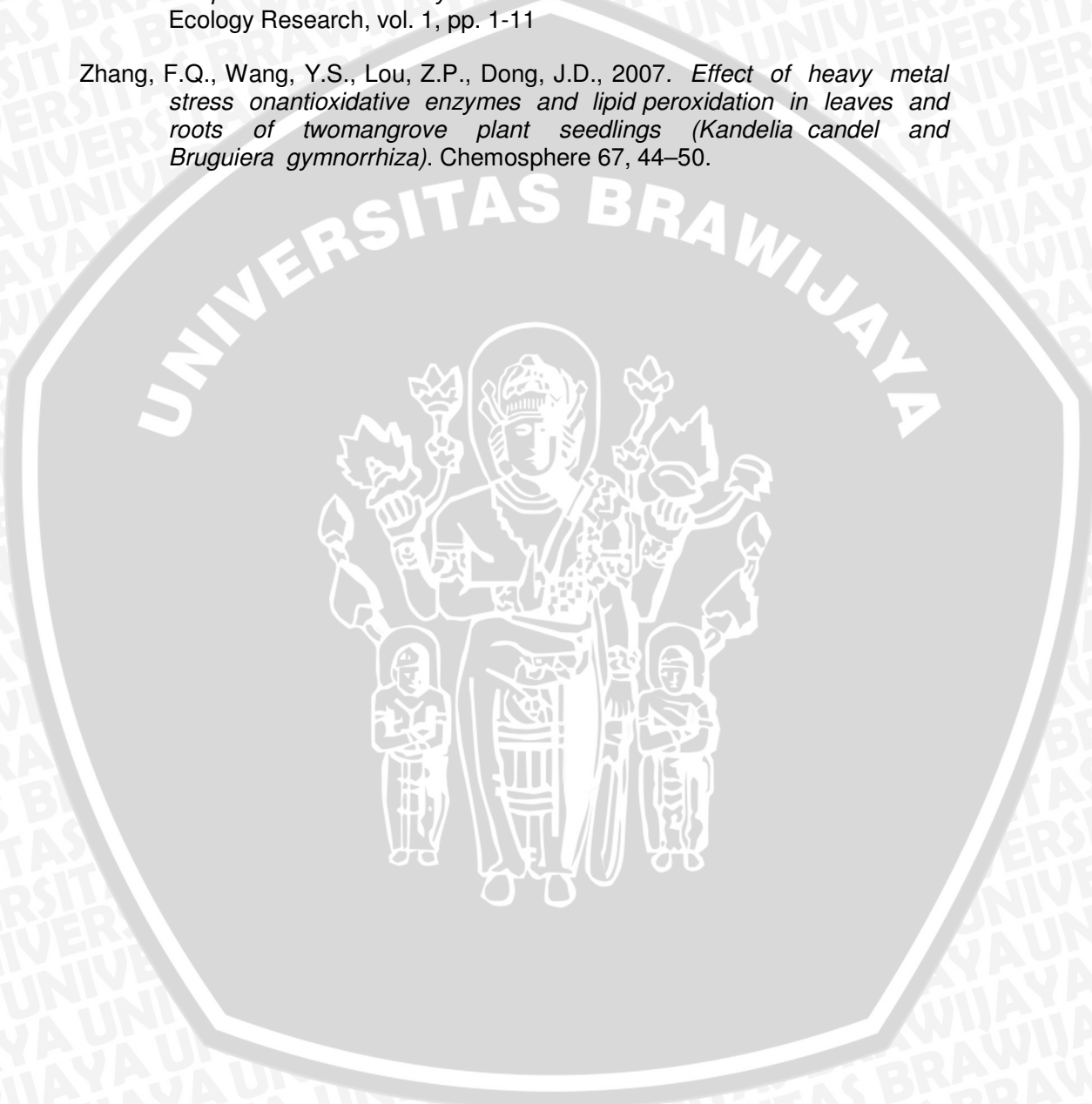
- Novotny, V. dan Olem, H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrans Reinhold, New York. 1054 p.
- Pahalawattaarachchi, V., Purushothaman, C.S., dan Vennila, A., 2009. *Metal Phytoremediation potential of Rhizophora mucronata (Lam.)*. Indian Journal of Marine Sciences, vol. 38, pp. 178-183.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Cetakan Kelima. Rineka Cipta. Jakarta.
- Panjaitan, G.Y. 2009. *Akumulasi Logam Berat tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon Avicennia marina di Hutan Mangrove*. Skripsi. USU Repositor: Medan.
- Pilon-Smith, E. 2005. *Phytoremediation*. Annu Rev Pant Biol, Vol. 56, pp. 15-39.
- Plantamor. 2009. *Avicennia alba*. <http://www.plantamor.com/index.php?plant=2114>. Diakses pada tanggal 20 Februari 2015.
- Prasetya, A.N. 2012. *Struktur Komunitas Mangrove di Daerah Wonorejo Pantai Timur Surabaya*. UNAIR: Surabaya
- Priyanto B., Prayitno J. 2006. *Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khusus Logam Berat*. <http://itl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>. Diakses pada tanggal 07 Maret 2015.
- Purnobasuki, H. 2005. *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. Arilangga University Press: Surabaya.
- Putri, S.I.P. 2013. *Kajian Distribusi Horizontal Total Organik Matter Dengan Karakteristik Fisika, Kimia, dan Biologi di Perairan Timur Surabaya*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Rahayu S. 1991. *Penelitian Kadar Oksigen Terlarut (DO) dalam Air bagi Kehidupan Ikan*. BPPT No. XLV/1991. Jakarta.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M.T., Rozak, A. 2006. *Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane*. LIPI: Jakarta Vol. 10. No. 1 hal: 35-40
- Romimohtarto, K. 2009. *Biologi Laut*. Penerbit Djambatan; Jakarta.
- Rompas, M.R. 2010. *Toksikologi Kelautan*. PT. Walaw Bengkulen. Jakarta.
- Saeni. 1997. *Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut*. Orasi Ilmiah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Bogor.
- Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseana Vol 30(3): 21-26.

- Sarjono, A. 2009. *Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara*. Skripsi. IPB: Bogor
- Sitompul, S.M dan Guritno, B., 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sopiah, N. R., 2004. *Pengelolaan Limbah Deterjen Sebagai Upaya Minimalisasi Polutan di Badan Air dalam Rangka Pembangunan Berkelanjutan*, Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah IV: 15 September 2005, Serpong. 99-101
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Bandung
- Suhendrayatna. 2001. *Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Microorganisme*. Sinergy Forum-PPI Tokyo Institute of Technology.
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., 1996. *Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater*. Environmental Pollution 94, 283–291.
- USGS. 2015. *Contaminants in the Mississippi River, 1987-92*. <http://pubs.usgs.gov/circ/circ1133/>. Diakses pada tanggal 12 Maret 2015
- USU. 2011. *Pengukuran Kualitas Air*. Universitas Sumatera Utara.
- Wetlands. 2015. *Avicennia marina*. Diperoleh pada tanggal 2 Februari 2015. www.wetlands.or.id.
- WHO, 1997. *Lead Enviromental Health Criteria 3*. Geneva.
- Widhiyatna, D., Tjahjono, B., Gunrady, R., Sukandar, M., TaA'in, Z. 2014. *Pendataan Sebaran Merkuri di Daerah Cineam, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat dan Sangon, Kab. Kulon Progo, DI Yogyakarta*. Badan Geologi
- Wurts, W.A. dan Durborow, R.M. 1992. *Interactions of pH, Carbon Dioxide, Alkalinity, and Hardness in Fish Ponds*. SRAC Publication No. 464
- Yamin, Sofyan dan Heri Kurniawan. 2011. *Generasi Baru Mengolah Data Penelitian dengan partial Least Square Path Modeling*. Penerbit Salemba Infotek, Jakarta.
- Yang, T., Liu Q., Chan L., dan Liu Z. 2007. *Magnetic signature of heavy metals pollution of sediments: case study from the East Lake in Wuhan, China*. Journal of Environmental Geology (2007) 52:1639–1650.

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

Zarinkamar, F., Saderi, Z., Soleimanpour, S., 2013. *Excluder Strategies in Response to Pb Toxicity in Matricaria Chamomilla*. Environment and Ecology Research, vol. 1, pp. 1-11

Zhang, F.Q., Wang, Y.S., Lou, Z.P., Dong, J.D., 2007. *Effect of heavy metal stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of twomangrove plant seedlings (Kandelia candel and Bruguiera gymnorhiza)*. Chemosphere 67, 44–50.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat yang Digunakan Pada Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian di Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya sebagai berikut:

LAPANGAN				
No	Alat	Unit	Merk	Fungsi
1	Thermometer	°C	Dekko	Mengukur suhu
2	DO meter	mg/L	Lutron	Mengukur oksigen terlarut
3	Salinometer	°/∞	Atago Pocket	Mengukur salinitas
4	pH meter	-	Atago	Mengukur derajat keasaman (pH)
5	Pipet tetes	mL	-	Mengambil larutan dalam skala kecil
6	Washing bottle	mL	-	Wadah aquades
7	Spatula	-	-	Menghomogenkan larutan
8	GPS (Global Positioning Sistem)	-	Garmin	Mengetahui titik koordinat stasiun
9	Kamera digital	-	Canon	Dokumentasi selama penelitian
10	Botol polietilen	mL	-	Wadah sampel sedimen
11	Coolbox	-	-	Wadah sampel sementara yang telah diambil
12	Ember 5 L	L	-	Wadah sementara saat pengambilan sampel secara komposit
13	Alat tulis	-	-	Mencatat data saat penelitian
14	Gayung	-	-	Memindahkan sampel sedimen
15	Gunting rumput	-	-	Memotong akar mangrove dan daun mangrove
LABORATORIUM				
No	Alat	Unit	Merk	Fungsi
1	Timbangan analitik	gr	-	Mengukur massa sampel
2	Gelas Ukur	mL	-	Wadah larutan sementara
3	Oven	°C	-	Mengeringkan sampel sedimen

4	AAS	-	Shimadzu Atomic Absorption/Flame Spectrophotometer Model AA-630	Mengukur konsentrasi logam berdasarkan penyerapan absorpsi
5	Erlenmayer	mL	Pyrex	Wadah mereaksikan larutan kimia dengan sampel
6	Labu Ukur 100 mL	mL	Pyrex	Mengukur volume sampel yang akan dilarutkan dan wadah sampel
7	Hotplate	-	-	Memanaskan sampel
8	Beaker glass	mL	Pyrex	Wadah larutan dan mengukur aquadest yang akan digunakan
9	Pipet tetes	mL	-	Mengambil larutan dalam skala kecil
10	Mortar dan Alu	-	-	Menghaluskan sampel sedimen, akar, dan daun mangrove
11	Mikro pipet	-	-	Mengambil larutan dalam skala 10 μ l
12	Komputer	-	-	Mengubah nilai absorbansi menjadi nilai konsentrasi logam berat
13	Lemari es	$^{\circ}\text{C}$	-	Menyimpan sampel
14	Gelas ukur 1000 mL	mL	-	Wadah pemeriksaan hidrometer
15	Picnometer	mL	-	Pengukuran berat jenis
16	Loyang	-	-	Wadah untuk sedimen saat di oven
17	Beaker glass 1000 mL	mL	-	Wadah larutan sodium hexametaphosphas
18	Alat tulis	-	-	Mencatat hasil pengukuran
19	Sieve shaker	-	-	Memilah fraksi-fraksi sedimen
20	Labu ukur	mL	-	Wadah perendaman sedimen dengan larutan sodium hexametaphosphas
21	Stopwatch	-	-	Mengukur waktu pada pemeriksaan hidrometer
22	Washing bottle	mL	-	Wadah aquades

Lampiran 2. Bahan yang Digunakan Pada Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian di Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya sebagai berikut:

LAPANGAN				
No	Bahan	Unit	Merk	Fungsi
1	Air sampel	mL	-	Bahan yang akan diuji
2	Sedimen	gr	-	Bahan yang akan diuji
3	Akar mangrove	gr	-	Bahan yang akan diuji
4	Daun mangrove	gr	-	Bahan yang akan diuji
5	Aquades	mL	-	Mengkalibrasi alat sebelum digunakan
6	Tissue	-	-	Membersihkan alat
7	Es	-	-	Pengawetan sampel sementara
8	Kertas label	-	-	Menandai sampel
9	Plastik	-	-	Wadah sampel sedimen
8	HNO ₃	mL	-	Pengawetan sampel
LABORATORIUM				
No	Bahan	Unit	Merk	Fungsi
1	Sarung tangan	-	-	Keselamatan kerja
2	Masker	-	-	Keselamatan kerja
3	Air sampel	mL	-	Bahan yang akan diuji
4	Sedimen	gr	-	Bahan yang akan diuji
5	Akar mangrove	gr	-	Bahan yang akan diuji
6	Daun mangrove	gr	-	Bahan yang akan diuji
7	Gas AAS	-	-	Pengoperasian AAS
8	Aquades	-	-	Mengkalibrasi alat sebelum digunakan
9	Kertas saring 0,45 µm	-	-	Menyaring sampel yang akan diukur kadar logamnya
10	Sodium hexametaphosphas	gr	-	Zat pendispersi untuk memecah sedimen

Lampiran 3. Perhitungan BCF (*Bio—Concentration Factor*)

3.1. Perhitungan BCF Pada Akar

Mangrove

- Stasiun 1 (*Avicennia alba*).

$$BCF Pb = \frac{[Logam\ berat\ Pb]Akar}{[Logam\ berat\ Pb]Sedimen}$$

$$BCF Pb = \frac{30.419\ ppm}{24.594\ ppm}$$

$$BCF Pb = 1.24$$

- Stasiun 2 (*Avicennia alba*).

$$BCF Pb = \frac{[Logam\ berat\ Pb]Akar}{[Logam\ berat\ Pb]Sedimen}$$

$$BCF Pb = \frac{29.890\ ppm}{28.067\ ppm}$$

$$BCF Pb = 1.07$$

- Stasiun 3 (*Avicennia alba*).

$$BCF Pb = \frac{[Logam\ berat\ Pb]Akar}{[Logam\ berat\ Pb]Sedimen}$$

$$BCF Pb = \frac{42.085\ ppm}{31.473\ ppm}$$

$$BCF Pb = 1.34$$

3.2. Perhitungan BCF Pada Daun

Mangrove

- Stasiun 1 (*Avicennia alba*).

$$BCF Pb = \frac{[Logam\ berat\ Pb]Daun}{[Logam\ berat\ Pb]Sedimen}$$

$$BCF Pb = \frac{15.494\ ppm}{24.594\ ppm}$$

$$BCF Pb = 0.63$$

- Stasiun 2 (*Avicennia alba*).

$$BCF Pb = \frac{[Logam\ berat\ Pb]Daun}{[Logam\ berat\ Pb]Sedimen}$$

$$BCF Pb = \frac{12.070\ ppm}{28.067\ ppm}$$

$$BCF Pb = 0.43$$

- Stasiun 3 (*Avicennia alba*).

$$BCF Pb = \frac{[Logam\ berat\ Pb]Daun}{[Logam\ berat\ Pb]Sedimen}$$

$$BCF Pb = \frac{12.352\ ppm}{31.473\ ppm}$$

$$BCF Pb = 0.39$$

Lampiran 4. Perhitungan TF (Translocation Factor)

- Stasiun 1 (*Avicennia alba*).

$$TF Pb = \frac{0.43 \text{ ppm}}{1.07 \text{ ppm}}$$

$$TF Pb = \frac{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Daun}}}{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Akar}}}$$

$$TF Pb = 0.40$$

$$TF Pb = \frac{0.63 \text{ ppm}}{1.24 \text{ ppm}}$$

$$TF Pb = 0.51$$

- Stasiun 2 (*Avicennia alba*).

$$TF Pb = \frac{0.39 \text{ ppm}}{1.34 \text{ ppm}}$$

$$TF Pb = \frac{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Daun}}}{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Akar}}}$$

$$TF Pb = 0.29$$

- Stasiun 3 (*Avicennia alba*).

$$TF Pb = \frac{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Daun}}}{[\text{Logam berat Pb}]_{\text{Akar}}}$$

Lampiran 5. Perhitungan FTD (Fitoremediasi)

5.1. Perhitungan FTD Pada Akar

Mangrove

- Stasiun 1 (*Avicennia alba*).

$$FTD \text{ Akar} = BCF - TF$$

$$FTD \text{ Akar} = 1.24 - 0.51$$

$$FTD \text{ Akar} = 0.73$$

- Stasiun 2 (*Avicennia alba*).

$$FTD \text{ Akar} = BCF - TF$$

$$FTD \text{ Akar} = 1.07 - 0.40$$

$$FTD \text{ Akar} = 0.67$$

- Stasiun 3 (*Avicennia alba*).

$$FTD \text{ Akar} = BCF - TF$$

$$FTD \text{ Akar} = 1.34 - 0.29$$

$$FTD \text{ Akar} = 1.05$$

5.2. Perhitungan FTD Pada Daun

Mangrove

- Stasiun 1 (*Avicennia alba*).

$$FTD \text{ Daun} = BCF - TF$$

$$FTD \text{ Daun} = 0.63 - 0.51$$

$$FTD \text{ Daun} = 0.12$$

- Stasiun 2 (*Avicennia alba*).

$$FTD \text{ Daun} = BCF - TF$$

$$FTD \text{ Daun} = 0.43 - 0.40$$

$$FTD \text{ Daun} = 0.03$$

- Stasiun 3 (*Avicennia alba*).

$$FTD \text{ Daun} = BCF - TF$$

$$FTD \text{ Daun} = 0.39 - 0.29$$

$$FTD \text{ Daun} = 0.10$$

Lampiran 6. Uji Statistik

a. Uji Koreasi Pearson

- Sedimen dan Akar

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Akar	34.1333	6.89577	3
Sedimen	28.0433	3.44008	3

Correlations

		Akar	Sedimen
Akar	Pearson Correlation	1	.843
	Sig. (2-tailed)		.362
	Sum of Squares and Cross-products	95.103	39.975
	Covariance	47.552	19.988
	N	3	3
Sedimen	Pearson Correlation	.843	1
	Sig. (2-tailed)	.362	
	Sum of Squares and Cross-products	39.975	23.668
	Covariance	19.988	11.834
	N	3	3

- Sedimen dan Daun

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Sedimen	28.0433	3.44008	3
Daun	13.3033	1.89888	3

Correlations

		Sedimen	Daun
Sedimen	Pearson Correlation	1	-.831
	Sig. (2-tailed)		.376
	Sum of Squares and Cross-products	23.668	-10.851
	Covariance	11.834	-5.425
	N	3	3
Daun	Pearson Correlation	-.831	1
	Sig. (2-tailed)	.376	
	Sum of Squares and Cross-products	-10.851	7.211
	Covariance	-5.425	3.606
	N	3	3

b. Uji T-Test**Paired Samples Statistics**

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Akar	34.1333	3	6.89577	3.98127
	Daun	13.3033	3	1.89888	1.09632

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Akar & Daun	3	-.400	.738

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Pair 1	Akar - Daun	2.08300E1	7.85042	4.53244	1.32847	40.33153

Paired Samples Test

t	df	Sig. (2-tailed)
4.596	2	.044

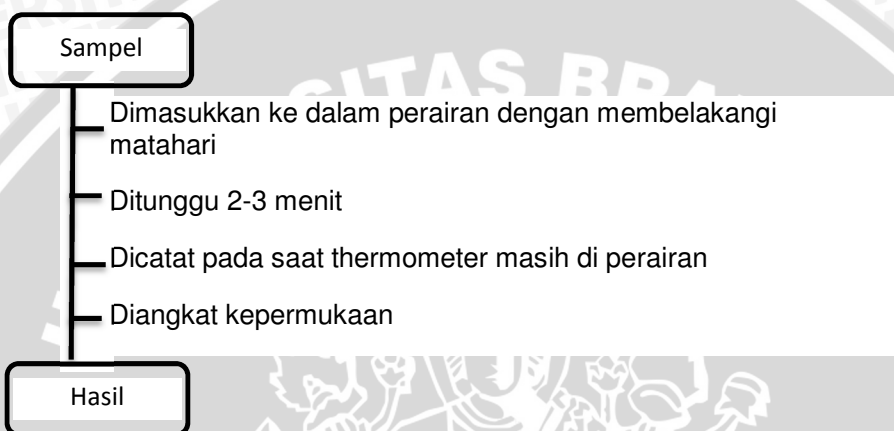


Lampiran 7. Skema Kerja

Skema kerja dari pengukuran parameter fisika (suhu) dan kimia (pH, salinitas, dan DO) adalah sebagai berikut:

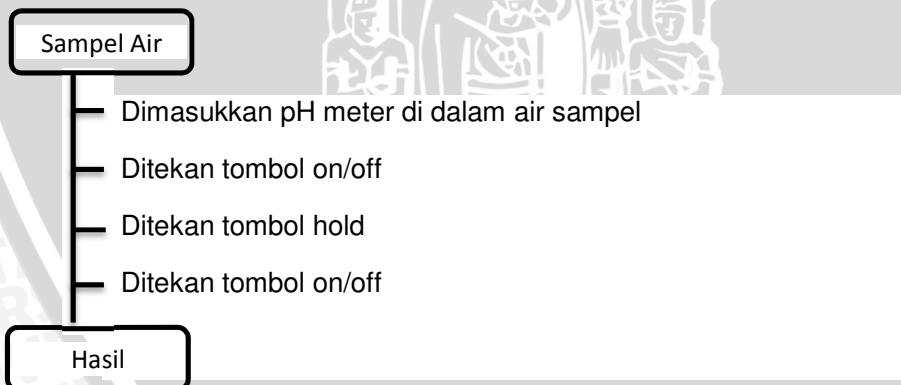
1. Parameter Fisika.

a. Skema kerja untuk pengukuran suhu

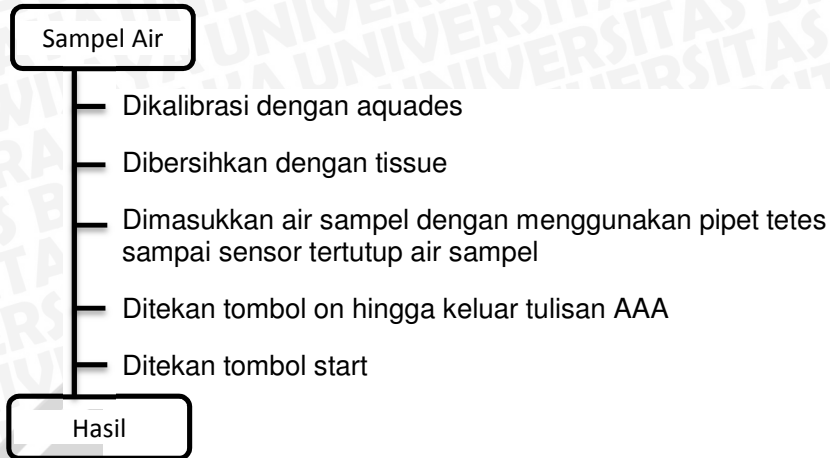


2. Parameter Kimia.

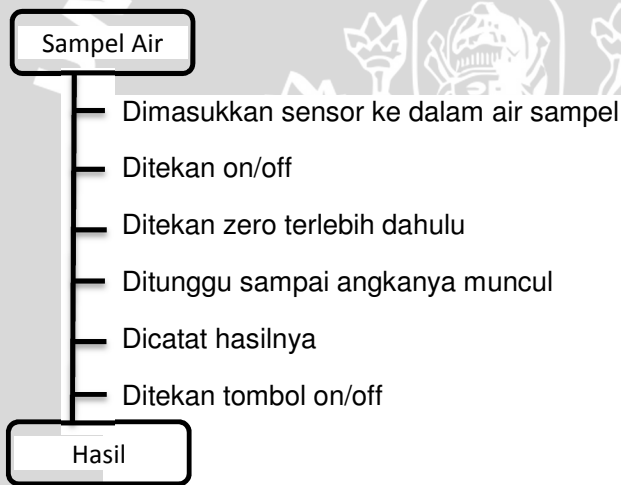
a. Skema kerja untuk pengukuran pH



b. Skema kerja untuk pengukuran salinitas



c. Skema kerja untuk pengukuran DO



Lampiran 8. Hasil Uji di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

DATA ANALISA CUPLIKAN

Dikirim Oleh : Sdr. Salmana
Dikirim Tanggal : 28 Oktober 2014
Sampel Dari : Sedimen

Kode Sampel	Hasil Analisa (ppm Pb)	Metode Analisa	pH
Sedimen 1	24,594	AAS	7,45
Sedimen 2	28,067		7,55
Sedimen 3	31,473		7,60
Sedimen 4	30,862		7,70

Sampel : Akar

Kode Sampel	Hasil Analisa (ppm Pb)	Metode Analisa
Akar 1	30,419	AAS
Akar 2	29,890	
Akar 3	42,085	
Akar 4	25,882	

Sampel : Daun

Kode Sampel	Hasil Analisa (ppm Pb)	Metode Analisa
Daun 1	15,494	AAS
Daun 2	12,070	
Daun 3	12,352	
Daun 4	15,837	

Sampel : Air

Kode Sampel	Hasil Analisa (ppm Pb)	Metode Analisa
Air 1	0,980	AAS
Air 2	0,650	
Air 3	0,710	
Air 4	0,750	

Surabaya, 12 Nopember 2014
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.
NIP. 195501281985032001

Catatan :

- Laporan ini dibuat untuk cuplikan yang diterima laboratorium kami

Lampiran 9. Baku Mutu Kualitas Perairan

- a. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004
Tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran II.

Lampiran II : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup

Nomor : 51 Tahun 2004

Tanggal : 8 April 2004

BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK WISATA BAHARI

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
FISIKA			
1.	Warna	Pt. Co	30
2.	Bau		Tidak berbau
3.	Kecerahan ^a	m	>6
4.	Kekeruhan ^a	ntu	5
5.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	20
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)}
7.	Sampah	-	nihil ¹⁽⁴⁾
8.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ¹⁽⁵⁾
KIMIA			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(d)
2.	Salinitas ^e	‰	alami ^{3(e)}
3.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	>5
4.	BOD ₅	mg/l	10
5.	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	nihil ¹
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	nihil ¹
9.	Senyawa Fenol	mg/l	nihil ¹
10.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11.	PCB (poliklor bifenil)	µg/l	nihil ¹
9.	Surfaktan (detergen)	mg/l MBAS	0,001
10.	Minyak & lemak	mg/l	1
11.	Pestisida ^f	µg/l	nihil ^{1(f)}
Logam terlarut:			
12.	Raksa (Hg)	mg/l	0,002
13.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,002
14.	Arsen (As)	mg/l	0,025
15.	Cadmium (Cd)	mg/l	0,002
16.	Tembaga (Cu)	mg/l	0,050
17.	Timbal (Pb)	mg/l	0,005
18.	Seng (Zn)	mg/l	0,095
19.	Nikel (Ni)	mg/l	0,075

- b. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004
Tentang Baku Mutu Air Laut Lampiran III.

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

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) ^g	MPN/100 ml	1000 ^(g)
2.	Patogen	sel/100 ml	nihil ¹
3.	Plankton	sel/100 ml	tidak bloom ^g
RADIO NUKLIDA			
1.	Komposisi yang tidak diketahui	Bq/l	4

- c. Kelimpahan Beberapa Unsur Logam Berat Dalam Tanah, Air, dan Sedimen Sungai (Widhiyatna *et al.*, 2014)

Unsur	Kelimpahan (dalam ppb)		
	Tanah	Air	Sedimen Sungai
Au	<10 - 50	0.002	-
Ag	<0.1 - 1	0.01 - 0.7	-
Hg	<10 - 300	0.01 - 0.05	<10 - 100
As	1000 - 50000	1-30	1000 - 50000
Cu	5000 - 100000	8	5000 - 80000
Pb	5000 - 50000	3	5000 - 80000
Zn	10000 - 300000	1 - 20	10000 - 200000
Cd	<1000 - 1000	0.2	-

Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian

Lapangan		
No	Foto	Keterangan
1		Pengambilan sampel sedimen disetiap stasiun
2		Pengambilan sampel air disetiap stasiun
3		Pengambilan sedimen yang telah dikomposit disetiap stasiun
4		Pengukuran salinitas menggunakan salinometer pada setiap stasiun

5		Pengukuran DO (oksigen terlarut) menggunakan DOmeter di setiap stasiun
---	---	--

Laboratorium

No	Foto	Keterangan
1		Penggerusan sampel sedimen setelah dikeringkan
2		Pengambilan sampel untuk diayak menggunakan <i>Sieve Sacker</i>
3		Penimbangan zat sodium hexameta phoshas

4		Penimbangan picnometer
5		Pengukuran Hidrometer
6		Pemanasan picnometer menggunakan hotplate