

**KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL(Pb) PADA AKAR DAN BATANG
PADA TANAMAN MANGROVE *Avicennia alba* DI KAWASAN MANGROVE
DESA GUNUNG ANYAR, SURABAYA DAN DI DESA KEDAWANG,
KECAMATAN NGULING, PASURUAN**

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

Oleh:
**MAHLUKI BAEDOWI
NIM. 0910810103**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2013

**KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL(Pb) PADA AKAR DAN BATANG
PADA TANAMAN MANGROVE *Avicennia alba* DI KAWASAN MANGROVE
DESA GUNUNG ANYAR, SURABAYA DAN DI DESA KEDAWANG,
KECAMATAN NGULING, PASURUAN**

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

**Laporan Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Perikanan pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:
MAHLUKI BAEDOWI
NIM. 0910810103



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PERSETUJUAN

**KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL(Pb) PADA AKAR DAN BATANG
PADA TANAMAN MANGROVE *Avicennia alba* DI KAWASAN MANGROVE
DESA GUNUNG ANYAR, SURABAYA DAN DI DESA KEDAWANG,
KECAMATAN NGULING, PASURUAN**

Oleh:
Mahluki Baedowi
NIM. 0910810103

Telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 2 Agustus 2013
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Ir. Supriatna, M.Si)
NIP. 19640515199003 1 003
Tanggal:

Dosen Penguji II

(Nanik Retno Buwono, S.Pi., MP)
NIK. 84042008120095
Tanggal:

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Dr.Ir. Mohammad Mahmudi, MS)
NIP. 19600504 198601 004
Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Ir.Mulyanto, M.Si)
NIP. 19600317 198602 1 002
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)
NIP. 19600322 198601 1 001
Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya penelitian melalui Program Penelitian Payung Disertasi Doktor Sukian Wilujeng. Dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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



Malang, 1 Agustus 2013

Mahasiswa

Mahluki Baedowi

NIM. 0910810103

RINGKASAN

MAHLUKI BAEDOWI. Skripsi tentang Kandungan Logam Berat Pb pada Akar dan Batang Mangrove (*Avicennia alba*) di Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan Jawa Timur (di bawah bimbingan **Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS** dan **Ir. Mulyanto, M.Si**)

Pencemaran logam berat timbal (Pb) merupakan masalah yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan bahkan manusia. Masuknya Pb ke tubuh manusia dapat melalui makanan dari tumbuhan yang biasa dikonsumsi manusia seperti padi, teh dan sayur-sayuran. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat berfungsi untuk menyerap bahan-bahan organik dan non-organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat. Salah satunya mangrove jenis *Avicennia alba* dapat digunakan sebagai indikator biologis lingkungan yang tercemar logam berat terutama Cu, Pb, dan Zn melalui monitoring berkala.

Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu menganalisa kandungan logam berat Pb pada perairan dan sedimen yang terletak di kawasan mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan. Menganalisa kandungan logam berat Pb pada akar dan batang pada tanaman mangrove jenis *Avicennia alba* di kawasan mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan, serta mengetahui kemampuan vegetasi tersebut dalam menyerap logam berat Pb pada kedua stasiun pengamatan sehingga dapat dijadikan akumulator logam berat di kawasan hutan mangrove Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Mei 2013 di kawasan mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan Jawa Timur.

Kadar Pb pada air di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 0,325 ppm dan pada lokasi Kedawang sebesar 0,145 ppm. Kadar Pb air di kedua lokasi menunjukkan bahwa kadar tersebut sudah melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Berdasarkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 mengenai baku mutu air laut untuk biota laut, batas kandungan untuk Pb yaitu sebesar 0,008 ppm. Kadar Pb pada sedimen di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 12,015 ppm dan pada lokasi Kedawang sebesar 2,91 ppm. Kadar Pb pada sedimen di kedua lokasi menunjukkan bahwa kadar tersebut masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan. Kadar Pb pada sedimen di kedua lokasi menunjukkan bahwa kadar tersebut masih berada di bawah ambang batas menurut nilai baku mutu yang dikeluarkan oleh IADC/CEDA (1997) mengenai kandungan logam yang dapat ditoleransi keberadaannya dalam sedimen untuk logam berat timbal (Pb) yaitu sebesar 85 ppm. Kadar Pb di lokasi kawasan mangrove Gunung Anyar pada akar *Avicennia alba* sebesar 4,6 ppm, Sedangkan di lokasi Kedawang pada akar *Avicennia alba* sebesar 2,86 ppm. Kadar Pb di lokasi kawasan mangrove Gunung Anyar pada batang *Avicennia alba* sebesar 1,365 ppm. Sedangkan di lokasi Kedawang pada batang *Avicennia alba* sebesar 0,72 ppm. Nilai BCF di

daerah kawasan Mangrove Gunung Anyar berkisar antara 0,3-0,5 dan di daerah Kedawang berkisar antara 0,9-1,3. Nilai *Translocation Factor* (TF) pada kawasan mangrove Gunung Anyar yaitu 0,3 dan daerah Kedawang berkisar antara 0,2-0,3. Nilai Fitoremediasi (FTD) pada lokasi penelitian kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 0-0,2, sedangkan nilai Fitoremediasi pada daerah Kedawang berkisar antara 0,6-1,1. Berdasarkan nilai BCF, TF dan FTD mangrove *Avicennia alba* dapat dijadikan fitoremediasi karena dapat beradaptasi terhadap logam berat. Hasil analisa kualitas air pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara suhu 25-32,6°C, pH air 6,71-6,76, salinitas 1-12,3 dan DO 2,1-5,23 mg/l, sedangkan pada daerah Kedawang berkisar antara suhu 32,3-33,2°C, pH air 6,85-7,76, salinitas 16-26 dan DO 0,8-1,85 mg/l. Hasil analisa kualitas sedimen pada kawasan mangrove Gunung Anyar yaitu tekstur didominasi oleh liat, total N 0,13 – 0,2 mg kg⁻¹ dan total P 11,88 - 18,40 mg kg⁻¹, sedangkan pada daerah Kedawang yaitu tekstur didominasi oleh pasir, total N 0,9 - 1,4 mg kg⁻¹ dan total P 29,69 - 40,70 mg kg⁻¹.

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah kandungan logam berat Pb pada kedua lokasi sudah melebihi ambang batas dan kandungan Pb pada sedimen masih dalam batas yang diijinkan. Kandungan logam berat Pb pada *Avicennia alba* lebih tinggi pada bagian akar dibandingkan dengan bagian batang. Berdasarkan nilai BCF, TF dan FTD mangrove *Avicennia alba* dapat dijadikan fitoremediasi karena dapat beradaptasi terhadap logam berat.

Saran yang dapat diberikan ialah diperlukan pengelolaan dan konservasi hutan mangrove secara berkelanjutan pada kawasan mangrove Gunung Anyar dan kawasan mangrove daerah Kedawang, karena hutan mangrove tersebut dapat menjadi fitoremediasi untuk mengurangi logam berat yang mencemari lingkungan, serta perlu adanya penanaman kembali pohon mangrove di kedua lokasi.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, cinta kasih serta karunia-Nya, Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepangkuan hamba Allah SWT terkasih Rasulullah SAW, sehingga penyusunan laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Laporan skripsi ini berjudul "Kandungan logam berat timbal (pb) pada akar dan batang pada tanaman mangrove *Avicennia alba* di Kawasan Mangrove Desa Gunung Anyar, Surabaya dan di Desa Kedawang, Kecamatan Nguling, Pasuruan".

Demi kesempurnaan Skripsi ini, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya skripsi ini bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi pihak yang membutuhkan

Malang, 1 Agustus 2013

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar besarnya atas terselesainya laporan skripsi ini kepada :

1. **Nurhayati**, selaku Ibu tercinta yang telah melahirkan, merawat, mendidik, memberikan kasih sayang serta mendoakan setiap saat.
2. **Baedowi**, selaku Ayah tercinta yang telah berjuang, berkorban serta memberikan inspirasi, motivasi, nasihat, doa dan cucuran keringat.
3. Bapak **Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS** selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia dan dengan setia membimbing dengan penuh sabar dalam penelitian ini.
4. Bapak **Ir. Mulyanto, M.Si** selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penelitian ini.
5. Bapak **Ir. Supriatna, MS** dan Ibu **Nanik Retno Buwono, S.Pi, MP.**, selaku dosen penguji yang sudah memberikan yang terbaik untuk studi saya.
6. Ibu **Sukian Wilujeng**, selaku orang yang membantu atas terselesainya skripsi ini.
7. **Rona Aji L. S.Pi, Linda Silvira S. S.Pi, Anggi Fajar, Argo Adhytio, Nurlaila Fitriana** yang telah banyak membantu dalam proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi.
8. **Mia Lasmini S.Psy** selaku wanita tercinta yang selalu memberikan kisah dan kasih cintanya dan selalu menjadi yang spesial di hati.
9. **Cahyo Dwi Nugroho, Moch Iqbal Mubaroqi, Larinta Septian, Miral Akbar, Rachmadin Mega Danan, Rosidy Hidayat, Wahyu Isroni dan M. Ashary, Beny**

10. Wahyudi, Sony, Dicky, Somat, Dodi, Udin, Santos, Basir, Barca, Dedi, Yoyon, Indra, Bajul, Om Bagiyo, Om Marsono selaku sahabat seperjuangan, sahabat canda tawa di Malang.
11. Sutris, Rudra, Ricky, Lutfy, Hakam, Fahmi, Habib, Anam, Rozik, Takim, Basit selaku sahabat daerah sepermainan.
12. Keluarga besar Saiful Mukmin dan Keluarga besar Om Gito yang telah memberikan dukungan untuk selalu menjadi yang terbaik.
13. Keluarga Besar Manajemen Sumberdaya Perairan 2009, Alumni MAN Banyuwangi angkatan 2006, KOMPAK, Kost Sengguruh 39b dan Kost TUNJAY serta Republik Facebook semoga tetap terjalin komunikasi dan silaturahmi yang baik.
14. Tanah, Air, Udara, Laut, Hutan, Gunung, Alam semesta dan Seluruh Jagad Raya yang telah menghidupi hingga saya mampu bertahan hingga saat ini.
15. Kamar no 9 yang penuh kasih sayang untuk selalu merangkul dan memberi tempat untuk istirahat, berfantasi, berikhtiar, berdoa serta menumpahkan segala emosi.
16. Seluruh saudara, sahabat, teman dan rekan yang tak dapat disebutkan terima kasih atas semua kebaikan kalian.

Malang, 1 Agustus 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	ii
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Tempat dan Waktu Penelitian	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam Berat	6
2.2 Pencemaran Logam Berat Pada Perairan	7
2.3 Pencemaran Logam Berat di Sedimen	8
2.4 Logam Berat Pb	9
2.4.1 Sifat-sifat Pb	10
2.4.2 Sumber Pb	11
2.4.3 Bahaya Pb	12
2.5 Bioakumulasi Logam Berat.....	14
2.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat	15
2.7 Pengertian Mangrove	16
2.7.1 Karakteristik Hutan Mangrove.....	18
2.7.2 Struktur Vegetasi Hutan Mangrove dan Adaptasi	19
2.8 <i>Avicennia alba</i>	20
2.8.1 Ciri-ciri umum <i>Avicennia alba</i>	20
2.9 Akar <i>Avicennia alba</i>	22
2.10 Batang <i>Avicennia alba</i>	26
2.11 Parameter Kualitas Pendukung	27
2.11.1 Parameter Fisika	27

2.11.1.1 Suhu	27
2.11.1.2 Substrat	27
2.11.2 Parameter Kimia	28
2.11.2.1 Salinitas	28
2.11.2.2 pH Air	28
2.11.2.3 DO	29
2.11.2.4 Nitrat	30
2.11.2.5 Fosfat	30

3. MATERI DAN METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian	32
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	32
3.3 Metode Penelitian	32
3.4 Penentuan Stasiun Pengamatan	33
3.5 Analisis Sampel	35
3.5.1 Pengambilan Sampel <i>Avicennia alba</i>	35
3.5.2 Pengambilan Sampel Air dan Sedimen	36
3.6 Analisis Data	37
3.6.1 Pengamatan Logam Berat pb pada Akar dan Batang	37
3.6.2 Pengamatan Logam Berat pada Air	38
3.6.3 Pengamatan Logam Berat pada Sedimen	38
3.6.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	39
3.6.5 Faktor Translokasi (TF)	40
3.7 Prosedur Kerja Pengukuran Parameter	40
3.7.1 Parameter Fisika	40
3.7.2 Parameter Kimia	42
3.8 Cara Kerja <i>Atomic Absorption Spectrofotometer</i> (AAS)	45

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Umum Penelitian	46
4.2 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel	48
4.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel di Gunung Anyar	48
4.2.2 Lokasi Pengambilan Sampel di Kedawang	49
4.3 Hasil Analisis Timbal (Pb)	50
4.3.1 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Air	50
4.3.2 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen	52
4.3.3 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Mangrove <i>Avicennia alba</i>	55
4.4 Bioconcentration Factor (BCF) dan Translocation Factor (TF)	59
4.5 Parameter Kualitas Air	61
4.5.1 Suhu	62
4.5.2 Ph Air	63
4.5.3 Salinitas	64
4.5.4 DO	65
4.6 Parameter Kualitas Sedimen	65
4.6.1 Tekstur / Sedimen	65
4.6.2 Total N dan P Sedimen	67

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70

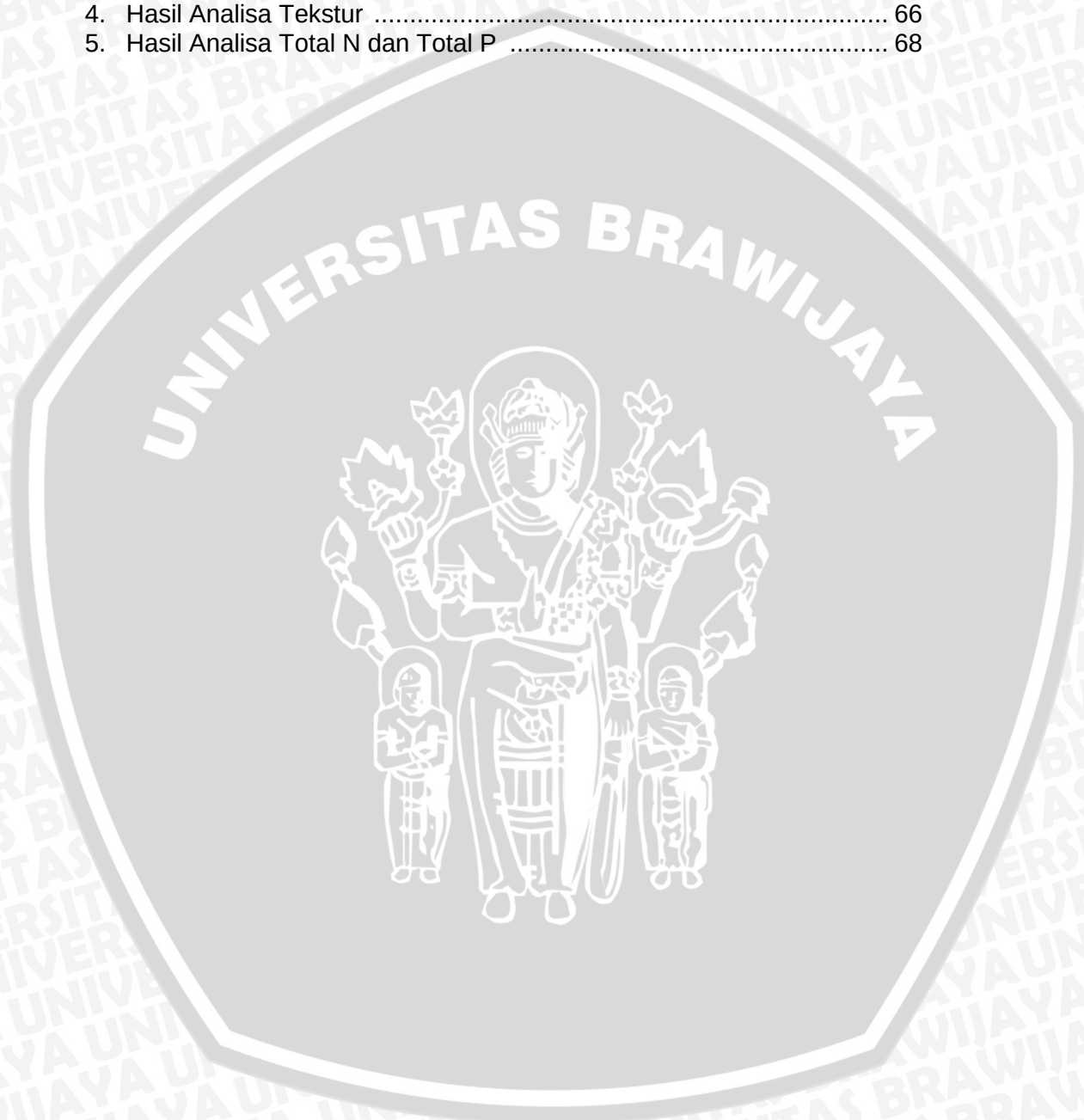
DAFTAR PUSTAKA	71
----------------------	----

LAMPIRAN	77
----------------	----



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Analisa Pb pada Mangrove <i>Avicennia alba</i>	50
2. <i>Bioconcentration Factor</i> (BCF), <i>Translocation Factor</i> (TF) dan <i>Fitoremediasi</i> (FTD) Logam Berat Timbal (Pb)	59
3. Data Kualitas Air	61
4. Hasil Analisa Tekstur	66
5. Hasil Analisa Total N dan Total P	68



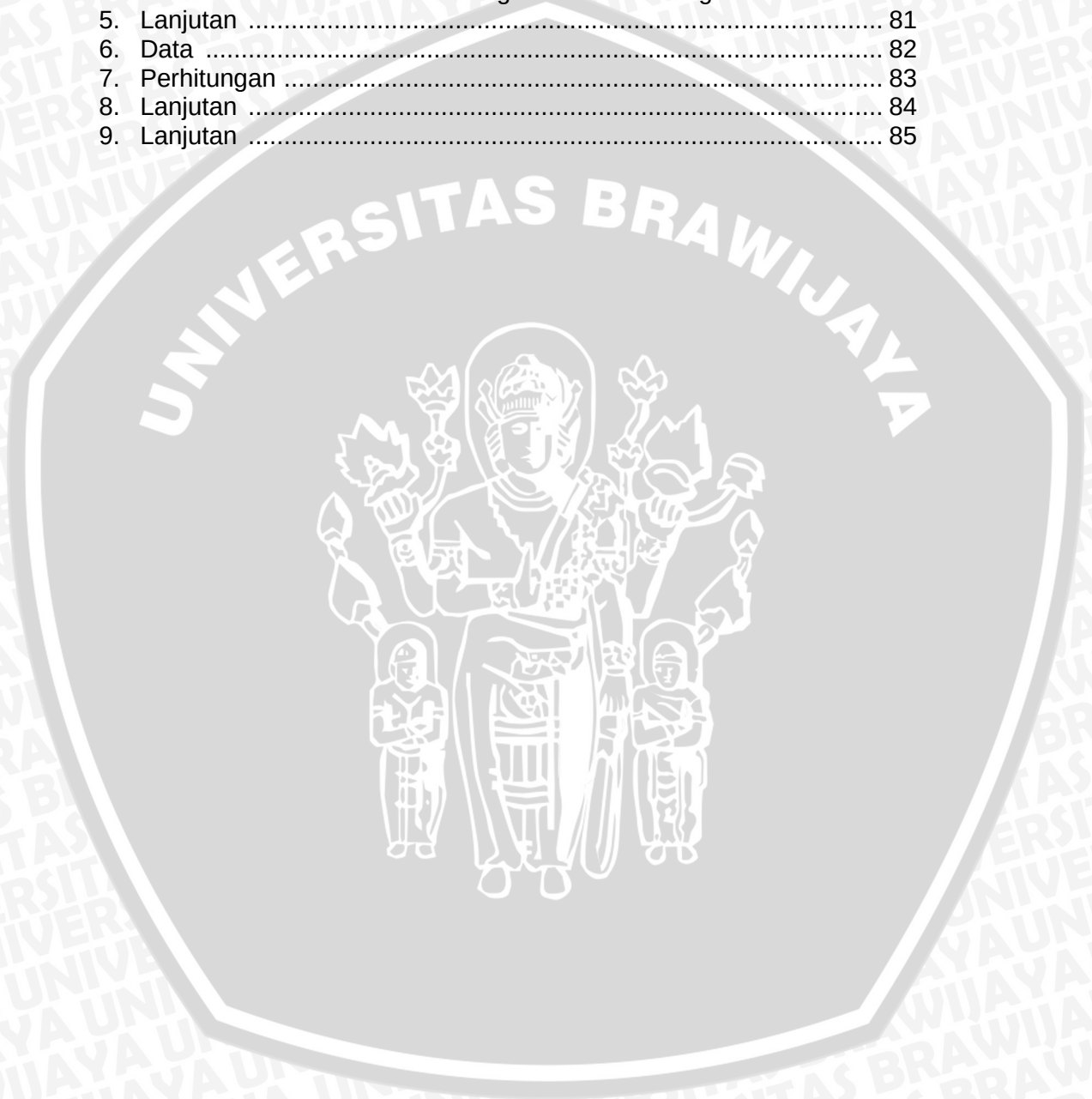
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Mangrove <i>Avicennia alba</i>	22
2. Struktur Akar	23
3. Sistem akar <i>Avicennia alba</i>	24
4. Struktur Pneumatophore	25
5. Batang <i>Avicennia alba</i>	27
6. Kadar Pb pada Air	51
7. Kadar Pb pada Sedimen	53
8. Kadar Pb pada Akar	55
9. Kadar Pb pada Batang	57
10. Analisa Tekstur	66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat dan bahan yang digunakan	77
2. Lokasi Penelitian Kawasan Mangrove di Gunung Anyar	78
3. Lanjutan	79
4. Lokasi Penelitian Kawasan Mangrove di Kedawang	80
5. Lanjutan	81
6. Data	82
7. Perhitungan	83
8. Lanjutan	84
9. Lanjutan	85



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat berfungsi untuk menyerap bahan-bahan anorganik. Mangrove juga merupakan tempat mencari makan, memijah dan berkembang biak bagi udang dan ikan serta kerang dan kepiting. Bagi manusia mangrove juga bermanfaat baik secara langsung dan tidak langsung terhadap sosial ekonomi penduduk sekitar. Selain itu, ekosistem mangrove juga berfungsi mencegah erosi (Arisandy, 2001).

Tanaman mangrove berperan juga sebagai buffer (perisai alam) dan menstabilkan tanah dengan menangkap dan memerangkap endapan material dari darat yang terbawa air sungai dan yang kemudian terbawa ke tengah laut oleh arus. Mangrove tumbuh subur dan luas di daerah delta dan aliran sungai yang besar dengan muara yang lebar. Di pantai yang tidak ada sungainya, daerah mangrove sempit. Mangrove mempunyai toleransi besar terhadap kadar garam dan dapat berkembang di daratan bersalinitas tinggi dimana tanaman biasa tidak dapat tumbuh (Murdiyanto, 2003).

Pencemaran logam berat timbal (Pb) merupakan masalah yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan bahkan manusia. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan (Palar, 1994). Menurut

Arisandy *et al.*, (2011), industrialisasi menimbulkan efek negatif berupa limbah industri baik yang terbentuk padat maupun cair berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Bilamana limbah tersebut dilepaskan ke perairan bebas, akan terjadi perubahan nilai dari perairan itu baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar.

Perairan muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya merupakan salah satu perairan di Indonesia yang digunakan untuk berbagai jenis kegiatan manusia. Sepanjang sungai tersebut terdapat pemukiman yang padat penduduk serta industri atau pabrik yang membuang limbahnya secara langsung ke sungai yang bermuara ke selat Madura. Muara sungai Kebon Agung ditumbuhi beberapa jenis mangrove, terutama *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp (Arisandy *et al.*, 2011).

Wilayah Pantai Timur Surabaya merupakan bentang alam yang relatif datar dengan kemiringan 0-3°, rata-rata ketinggian pasang surut 1,67 meter. Kawasan ini terbentuk dari hasil pengendapan dari sistem sungai yang ada di sekitarnya dan dipengaruhi oleh laut. Kondisi daerah delta dengan tanah aluvial yang sangat dipengaruhi oleh sistem laut ini merupakan habitat yang baik bagi tumbuhnya ekosistem mangrove. Menurut Arisandy *et al.*, (2011) jenis yang mendominasi adalah *Avicennia marina* dengan ketebalan vegetasi mangrove hanya berkisar antara 5-100 meter ke arah daratan, bahkan beberapa bagian garis pantai tidak lagi ditumbuhi vegetasi mangrove karena telah dialihkan menjadi lahan pertambakan dan rekreasi.

Berdasarkan data Ecoton dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Surabaya diketahui bahwa di garis Pantai Kenjeran sampai muara Sungai Jagir Wonokromo, ketebalan kawasan mangrove + 5-10 meter didominasi jenis

Avicennia marina. Kondisi hutan relatif baik kecuali di Daerah Kenjeran, garis pantai muara Sungai Jagir Wonokromo sampai dengan muara Sungai Wonorejo, ketebalan kawasan mangrove $\pm$ 5-10 meter didominasi jenis *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Sonneratia ovata*, *Sonneratia caseolaris*, dan *Rhizophora mucronata*.

Di Kabupaten Pasuruan, Kecamatan Nguling merupakan suatu kawasan yang banyak ditumbuhi tanaman mangrove, terutama jenis *Avicennia alba* dan *Rhizophora mucronata*. Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan Sukian Wilujeng pada bulan Desember 2012, telah dilakukan analisa sampel sedimen. Pada sampel sedimen didapat 3,8380 ppm. Dari hasil studi tersebut, maka kawasan hutan Mangrove di Kabupaten Pasuruan, Kecamatan Nguling dapat dijadikan sebagai daerah kontrol. Karena kondisi kawasan tersebut jauh dari pemukiman serta industri, sehingga perairan ini relatif bersih dari pencemaran. Hal tersebut diperkuat dalam baku mutu logam berat di dalam lumpur atau sedimen yang dikeluarkan oleh International Association of Dredging Companies (IADC) or the Central Dredging Association (CEDA), (1997) mengenai kandungan logam yang dapat ditoleransi keberadaanya dalam sedimen untuk logam berat timbal (Pb) yaitu sebesar 85 ppm. Berdasarkan uraian di atas diperlukan upaya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan logam berat timbal (Pb) pada tanaman mangrove jenis *Avicennia alba* pada akar dan batang *A. alba* yang tumbuh pada perairan tercemar dan perairan yang relatif bersih dari pencemaran logam berat Timbal (Pb). Menggunakan jenis mangrove *Avicennia alba* karena jenis tersebut mendominasi Di Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Di Kawasan Mangrove Kedawang, Pasuruan.

1.2 Rumusan Masalah

Tumbuhan mangrove termasuk jenis tumbuhan yang banyak dijumpai di sekitar wilayah perairan yang mempunyai kemampuan sangat tinggi untuk mengakumulasi logam berat yang ada pada wilayah perairan.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kandungan logam berat Pb pada perairan dan sedimen di Kawasan Mangrove Desa Gunung Anyar, Surabaya dan di Desa Kedawang, Kecamatan Nguling, Pasuruan?
2. Bagaimana kandungan logam berat Pb di akar dan batang pada tanaman mangrove jenis *Avicennia marina* di Kawasan Mangrove Desa Gunung Anyar, Surabaya dan Desa Kedawang ,Kecamatan Nguling, Pasuruan?
3. Bagaimana kemampuan tanaman mangrove *Avecennia alba* dalam menyerap logam berat Pb di kawasan mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Desa Kedawang, Kecamatan Nguling, Pasuruan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa kandungan logam berat Pb pada perairan dan sedimen yang terletak di kawasan mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan.
2. Menganalisa kandungan logam berat Pb pada akar dan batang pada tanaman mangrove jenis *Avicennia alba* di kawasan mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan.
3. Mengetahui kemampuan vegetasi tersebut dalam menyerap logam berat Pb pada kedua stasiun pengamatan sehingga dapat dijadikan akumulator logam berat di kawasan hutan mangrove.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dengan diketahuinya tingkat pencemaran logam berat yang terjadi dapat memberikan informasi dan rujukan kepada pemerintah dalam menentukan kebijakan terhadap pengelolaan sumberdaya pesisir kawasan hutan mangrove secara terpadu untuk membatasi perkembangan pembangunan di sekitar wilayah tersebut.
2. Dengan diketahuinya mangrove sebagai bioakumulator logam berat, diharapkan masyarakat setempat untuk tidak merusak kawasan mangrove dan ikut serta menjaga kelestariannya.

1.5 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dua lokasi. lokasi pertama berada di kawasan mangrove Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya sebagai daerah yang diduga tercemar logam berat Pb karena dekat dengan industri SIER (*Surabaya Industry Estate Rungkut*) dan yang kedua di kawasan mangrove Desa Kedawang, Kecamatan Nguling, Pasuruan yang diduga sebagai daerah tidak tercemar (daerah kontrol) karena jauh dari industri. Analisis logam berat pada, air, sedimen, akar dan batang dilakukan di laboratorium MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat termasuk ke dalam golongan logam dengan kriteria sama dengan logam - logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat tersebut membentuk ikatan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup (Hamzah, 2010).

Umumnya logam berat bersifat racun, meskipun dalam jumlah kecil logam berat dibutuhkan oleh tubuh, sifat racunnya akan timbul bila dalam kadar yang relatif tinggi. Ada 11 jenis logam berat yang diperlukan untuk kehidupan organisme, diantaranya adalah Cu dan Zn. Leninger menyatakan organisme perairan membutuhkan Cu dan Zn sebagai haemocyalin, cytochrom bersama-sama dengan Fe, dan Zn sebagai karbonik anhidrase. Sedangkan Hg, Pb, dan Cd belum diketahui manfaatnya bagi organisme, sebaiknya dapat menimbulkan penyakit (Ahmad, 2009).

Kelompok logam berat menurut Palar (1994), memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 .
2. Memiliki nomor atom 22 – 34 dan 40 – 50 serta unsur lantanida dan aktinida
3. Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup

Logam berat menurut Darmono (1995), dibagi kedalam dua jenis, yaitu :

1. Logam berat esensial, yakni logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organism. Dalam jumlah yang berlebihan, logam tersebut bisa menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebagainya.

2. Logam berat tidak esensial, yakni logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik. Contohnya adalah Hg, Cd, Cr, dan lain sebagainya.

2.2 Pencemaran Logam Berat Pada Perairan

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia (Rochyatun *et al.*, 2006). Keberadaan logam – logam dalam badan perairan dapat berasal dari sumber alamiah dan dari aktifitas manusia. Sumber alamiah masuk ke dalam perairan bisa dari pengikisan batuan mineral. Di samping itu partikel logam yang ada di udara, karena adanya hujan dapat menjadi sumber logam dalam perairan. Adapun logam yang berasal dari aktifitas manusia dapat berupa buangan industri ataupun buangan dari rumah tangga (Fardiaz, 1992).

Pembangunan di Indonesia diutamakan pada sector industri. Kemajuan dari sektor industri memberikan efek samping bagi manusia sendiri yaitu timbulnya pencemaran, berupa buangan limbah atau limbah industri yang mengandung gugus logam berat. Pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah industri yang mengandung logam berat misalnya As, Cd, Pb, dan Hg dapat berakumulasi dalam tanaman misalnya padi, rumput, sayuran, dan jenis tanaman lain yang digunakan makanan ternak. Akibat yang ditimbulkan dari pencemaran adalah terganggunya aktivitas kehidupan makhluk hidup, terlebih apabila organisme tersebut tidak mampu mendegradasi bahan tercemar tersebut, sehingga bahan tersebut terekumulasi dalam tubuhnya. Peristiwa tersebut akan mengakibatkan terjadinya *biomagnifikasi* dari organisme satu ke organisme yang lain yang mempunyai tingkatan lebih tinggi (Darmono, 1995).

Pengetahuan mengenai kandungan logam berat di perairan sangat bermanfaat untuk mencegah adanya akibat buruk bagi lingkungan perairan.

Darmono (1995) menyatakan, pencemaran logam berat dalam suatu lingkungan perairan perlu diperhatikan secara serius, mengingat akan timbulnya akibat buruk bagi keseimbangan lingkungan hidup. Tujuan utama untuk mengetahui konsentrasi logam dalam lingkungan perairan :

- a. mengetahui konsentrasi logam yang tinggi dalam hewan air, baik ikan air laut maupun air tawar, yang dapat digunakan sebagai pedoman untuk mencegah terjadinya toksisitas kronis maupun akut pada orang yang memakannya.
- b. Mengetahui konsentrasi logam yang tinggi dalam air dan sedimen, yang dapat digunakan sebagai pedoman untuk memonitor kualitas air yang mungkin digunakan sebagai irigasi ataupun air minum, yang akhirnya berakibat buruk bagi orang yang mengkonsumsinya.

2.3 Pencemaran Logam Berat di Sedimen

Sedimen merupakan sumber nutrient untuk pertumbuhan suatu tanaman, selain itu sedimen juga berperan sebagai akumulasi bahan limbah yang berasal dari industri dan pertanian (Basta *et al.*, 2005). Sifat fisik, kimia dan biologi sedimen dipengaruhi oleh keberadaan logam berat yang berada pada tingkat toksik, hal tersebut berasal dari aktivitas pertambangan yang menyebabkan *phytotoxicity* dan kemungkinan besar menyebabkan perubahan tanaman di daerah tersebut (Rochyatun, 2006).

Akumulasi logam berat ke dalam sedimen dipengaruhi oleh jenis sedimen. Keberadaan lumpur di dasar perairan sangat dipengaruhi oleh banyaknya partikel tersuspensi yang dibawa oleh air tawar dan air laut serta faktor-faktor yang mempengaruhi penggumpalan, pengendapan bahan tersuspensi tersebut, seperti arus dari laut. Kandungan logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen, dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir (Korzeniewski & Neugabieuer dalam Amin, 2002). Menurut

Bernhard (1981) pada konsentrasi logam berat tertinggi dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal ini sebagai akibat dari adanya gaya tarik elektro kimia partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme (Hutagalung, 1991).

2.4 Logam Berat Pb

Timbal merupakan salah satu unsur logam yang termasuk elemen mikro merupakan logam berat yang tidak mempunyai fungsi biologi sama sekali. Logam tersebut sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (Darmono, 1995). Pencemaran logam berat timbal (Pb) merupakan masalah yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan bahkan manusia. Masuknya Pb ke tubuh manusia dapat melalui makanan dari tumbuhan yang biasa dikonsumsi manusia seperti padi, teh dan sayur-sayuran. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan (Palar, 1994).

Sumber alami logam Pb adalah *galena* (PbS), *anglesite* ($PbSO_4$), dan *crussite* ($PbCO_3$). Secara alamiah logam Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan logam Pb di udara dengan bantuan air hujan, disamping itu proses korosi batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin yang merupakan salah satu jalur sumber logam Pb yang akan masuk ke dalam badan perairan (Evan, 2006).

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit, jumlah timbal yang terdapat diseluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah seluruh kerak bumi, jumlah tersebut sangat sedikit jika dibandingkan dengan kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar, 1994). Menurut peraturan penulisan ilmiah, timbal disimbolkan dg "Pb" yang merupakan logam lunak berwarna kebiruan atau kelabu keperakan, lazim terdapat pada kandungan endapan sulfid yang bercampur dengan mineral lainnya terutama seng dan tembaga (Darmono, 1995). Timbal Pb merupakan salah satu logam berat beracun bagi organisme, meskipun dalam konsentrasi yang rendah. Sedangkan bagi kehidupan organisme, logam ini tidak bermanfaat bahkan sangat berbahaya karena dapat terakumulasi dalam tulang belakang manusia (Fitriana, 2006).

2.4.1 Sifat-sifat Pb

Menurut Purnomo dan Muchyiddin (2007) menyatakan, sifat – sifat dan kegunaan logam Pb adalah :

- a. Mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasionalnya
- b. Mudah dibentuk karena lunak
- c. Mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan
- d. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya
- e. Kepadatannya melebihi logam lainnya

Menurut Fitriana (2006), timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat – sifatnya, yaitu sebagai berikut :

- a. Titik cairnya rendah sehingga jika akan digunakan dalam bentuk cair maka nahya membutuhkan teknik yang sederhana dan murah.
- b. Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah ke berbagai bentuk.
- c. Sifat kimia menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak udara lembab.
- d. Timbal dapat membentuk ikatan (alloy) dengan logam lainnya dan alloy yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda dengan timbel yang murni.
- e. Densitas lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya, kecuali bila dibanding dengan timbal yang murni.

Menurut Darmono (1995), Pb mempunyai sifat titik lebur rendah, mudah dibentuk mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisis logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain, membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, mempunyai kepadatan melebihi logam lain.

2.4.2 Sumber Pb

Menurut Sudarmadji *et al.*, (2006), kadar Pb yang secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg. khusus Pb yang bercampur dengan batu fosfat dan terdapat di dalam batu pasir (sand stone) kadarnya lebih besar yaitu 100 mg/kg.

Pb merupakan salah satu logam berat yang digolongkan pada zat pencemar beracun tingkat menengah karena menyebabkan keracunan kronis pada manusia. Tanah yang diolah secara anorganik menggunakan pestisida dapat mengandung komponen Pb arsenat yang bersifat stabil. Konsentrasi Pb di dalam tanah rata – rata adalah 16 ppm, tetapi pada daerah- daerah tertentu dapat mencapai beberapa ribu ppm. Konsentrasi Pb di udara lebih rendah

dibandingkan dengan di tanah karena nilai tekanan uapnya rendah. Pencemaran Pb terbesar berasal dari hasil pembakaran bensin yang menghasilkan komponen – komponen Pb terutama $PbBrCl_2$ dan $PbBrCl_2PbO$. Pencemaran Pb di air dapat berasal dari komponen – komponen Pb di udara yang berlarut ataupun tidak larut di dalam air seperti $PbCO_3$. Penggunaan lain Pb adalah untuk produk – produk logam seperti amunisi, pipa, pelapis kabel, pewarna dan lain – lain. Pb juga digunakan sebagai bahan pelapis keramik (glaze) dan juga produk – produk peatisida (Suwarsito, 2009).

2.4.3 Bahaya Pb

Timbal (Plumbum) beracun baik dalam bentuk logam maupun garamnya. Garamnya yang beracun adalah : timbal karbonat (timbal putih); timbal tetraoksida (timbal merah); timbal monoksida; timbal sulfida; timbal asetat (merupakan penyebab keracunan yang paling sering terjadi).

Menurut Soemirat (2003) dalam Panjaitan, (2009) ada beberapa bentuk keracunan Timbal, antara lain :

a. Keracunan akut

Keracunan timbal akut jarang terjadi. Keracunan timbal akut secara tidak sengaja yang pernah terjadi adalah karena timbal asetat. Gejala keracunan akut mulai timbul 30 menit setelah meminum racun. Berat ringannya gejala yang timbul tergantung pada dosisnya. Keracunan biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut dalam asam atau inhalasi uap timbal. Efek adstringen menimbulkan rasa haus dan rasa logam disertai rasa terbakar pada mulut. Gejala lain yang sering muncul ialah mual, muntah dengan muntahan yang berwarna putih seperti susu karena Pb Chlorida dan rasa sakit perut yang hebat. Lidah berlapis dan nafas mengeluarkan bau yang menyengat. Pada gusi terdapat garis biru yang merupakan hasil dekomposisi protein karena bereaksi

dengan gas Hidrogn Sulfida. Tinja penderita berwarna hitam karena mengandung Pb Sulfida, dapat disertai diare atau konstipasi. Sistem syaraf pusat juga dipengaruhi, dapat ditemukan gejala ringan berupa kebas dan vertigo. Gejala yang berat mencakup paralysis beberapa kelompok otot sehingga menyebabkan pergelangan tangan terkulai (wrist drop) dan pergelangan kaki terkulai (foot drop).

b. Keracunan subakut

Keracunan sub akut terjadi bila seseorang berulang kali terpapar racun dalam dosis kecil, misalnya timbal asetat yang menyebabkan gejala-gejala pada sistem syaraf yang lebih menonjol, seperti rasa kebas, kaku otot, vertigo dan paralysis flaksid pada tungkai. Keadaan ini kemudian akan diikuti dengan kejang-kejang dan koma. Gejala umum meliputi penampilan yang gelisah, lemas dan depresi. Penderita sering mengalami gangguan system pencernaan, pengeluaran urin sangat sedikit, berwarna merah. Dosis fatal : 20 - 30 gram. Periode fatal : 1-3 hari.

c. Keracunan kronis

Keracunan timbal dalam bentuk kronis lebih sering terjadi dibandingkan keracunan akut. Keracunan timbal kronis lebih sering dialami para pekerja yang terpapar timbal dalam bentuk garam pada berbagai industri, karena itu keracunan ini dianggap sebagai penyakit industri. seperti penyusun huruf pada percetakan, pengatur komposisi media cetak, pembuat huruf mesin cetak, pabrik cat yang menggunakan timbal, petugas pemasang pipa gas. Bahaya dan resiko pekerjaan itu ditandai dengan TLV 0,15 mikrogram/m³ , atau 0,007 mikrogram/m³ bila sebagai aerosol. Keracunan kronis juga dapat terjadi pada orang yang minum air yang dialirkan melalui pipa timbal, juga pada orang yang mempunyai kebiasaan menyimpan Ghee (sejenis makanan di India) dalam bungkus timbal.

Keracunan kronis dapat mempengaruhi system syaraf dan ginjal, sehingga menyebabkan anemia dan kolik, mempengaruhi fertilitas, menghambat pertumbuhan janin atau memberikan efek kumulatif yang dapat muncul kemudian.

2.5 Bioakumulasi Logam Berat

Purnomo dan Muchyddin (2007) berpendapat, akumulasi logam berat sebagai logam beracun pada suatu perairan merupakan akibat dari muara aliran sungai yang mengandung limbah. Meskipun kadar logam dalam aliran sungai itu relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh tanaman atau hewan air dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses bioakumulasi, yaitu logam berat akan terkumpul dan meningkat kadarnya dalam tubuh organisme air yang hidup, termasuk ikan bandeng, kemudian melalui biotransformasi akan terjadi pemindahan dan peningkatan kadar logam berat tersebut secara tidak langsung melalui rantai makanan. Proses rantai makanan ini akan sampai pada jaringan tubuh manusia sebagai satu komponen dalam sistem rantai makanan.

Pengambilan dan retensi pencemar oleh makhluk hidup mengakibatkan peningkatan kepekatan yang dapat memiliki pengaruh yang merusak. Proses ini dapat terjadi oleh penyerapan langsung dari lingkungan atau melalui bahan makanan. Pencemar dalam makhluk hidup melalui bahan makanan dapat timbul dari sumber yang sama. Jadi dalam suatu rantai makanan alamiah, pencemaran dapat dipindahkan dari suatu tingkat trofik ke tingkat trofik lainnya (Cornell *et al.*, 1995).

Retensi pencemar bergantung pada waktu paruh biologisnya. Jadi, suatu pencemar harus menunjukkan daya tahan yang relatif tinggi terhadap penghancuran atau pembuangan oleh makhluk hidup untuk memungkinkan

waktu pengambilan yang cukup agar tercapai kepekatan yang tinggi. Kandungan logam berat dalam biota air biasanya akan bertambah dari waktu ke waktu karena bersifat bioakumulatif, sehingga biota air dapat digunakan sebagai indikator pencemaran logam dalam perairan (Darmono, 1995).

2.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Mangrove

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

1. Penyerapan oleh akar.

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

2. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan.

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

3. Lokalisasi logam pada jaringan.

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

Tumbuhan mangrove pada umumnya tumbuh pada lingkungan muara dan tepi pantai yang merupakan tempat penumpukan sedimen yang berasal dari

sungai, memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terbawa di dalam sedimen sebagai sumber hara yang dibutuhkan untuk melakukan proses-proses metabolisme (Hutagalung, 1989 dalam Handayani, 2006). Mulyadi *et al.*, (2009) juga mengemukakan ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya. Metabolisme atau transformasi secara biologis (biotransformasi) logam berat dapat mengurangi toksisitas logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami pengikatan dan penurunan daya racun, karena diolah menjadi bentuk-bentuk persenyawaan yang lebih sederhana.

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

2.7 Pengertian Mangrove

Ekosistem mangrove didefinisikan sebagai mintakat pasut dan mintakat suprapasut dari pantai berlumpur dan teluk, goba dan estuary yang didomisasi oleh (*halophyta*), yakni tumbuh-tumbuhan yang hidup di air asin, berpokok dan beradaptasi tinggi yang berkaitan dengan anak sungai, rawa bersama – sama

dengan populasi tumbuh – tumbuhan dan hewan. Ekosistem mangrove terdiri dari dua bagian, bagian daratan dan bagian perairan. Bagian perairan juga terdiri dari dua bagian yakni tawar dan laut (Arisandy, 2001).

Salah satu sumber daya alam yang mendapat perhatian dan berada di wilayah pesisir adalah ekosistem hutan mangrove. Hutan mangrove sering juga disebut hutan pantai, hutan pasang surut, hutan payau dan hutan bakau. Akan tetapi, istilah bakau sebenarnya hanya merupakan nama dari salah satu jenis tumbuhan yang menyusun hutan mangrove, yaitu jenis *Rhizophora* spp. oleh karena itu, hutan mangrove sudah ditetapkan sebagai nama baku untuk *mangrove forest* (Purnobasuki, 2005).

Menurut Soenardjo (1999), Hutan mangrove merupakan suatu bentuk ekosistem yang kompleks dan khas, umumnya terbatas pada daerah sub tropis dan tropis. Ekosistem ini perpaduan antara ekosistem darat dan ekosistem laut, dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Hutan mangrove merupakan ekosistem intertidal yang memiliki produktivitas tinggi yang sering ditemukan di daerah pantai yang terlindung dari gempuran ombak dan daerah yang landai. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran banyak mengandung lumpur. Menurut Hari (2000) dalam Sugiyono (2007) Hutan mangrove merupakan daerah yang memiliki arti penting, yang memberikan fungsi dan manfaat bagi manusia dan alam. Hutan mangrove tidak saja bermanfaat karena menghasilkan kayu, namun lebih dari itu yaitu sebagai penyangga ekosistem laut dan daratan. Ekosistem hutan bakau sebagian besar terbentuk dari pohon bakau yang terdapat di sepanjang garis pantai, baik di daratan maupun yang terdapat di perairan dangkal. Endapan dasar biasanya berlumpur dan berbentuk alga dan dedaunan serta akar yang membusuk yang berasal dari pohon bakau itu sendiri yang disebut “detritus”. Campuran detritus

yang berasal dari jaring makanan yang rumit yang meluas ke padang lamun dan terumbu karang. Bakau bertindak sebagai tempat perawatan dan mencari makan bagi ikan dan udang muda dan menyediakan habitat untuk udang – udangan, molusca, buaya muara, dan ular. Manusia juga memperoleh keuntungan dari hutan bakau dengan memiliki air laut yang jernih, sumber makanan laut, bahan bangunan, makanan, bahan bakar, dan obat-obatan.

2.7.1 Karakteristik Hutan Mangrove

Karakteristik hutan mangrove dapat dilihat dari berbagai aspek seperti floristic, iklim, temperature, salinitas, curah hujan, geomorphologi, hidrologi dan drainase. Menurut Bengen (2000), secara umum, karakteristik habitat hutan mangrove digambarkan sebagai berikut :

- o Umumnya tumbuh pada daerah intertidal yang jenis tanahnya berlumpur, berlempung dan berpasir.
- o Daerahnya tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun yang hanya tergenang pada saat pasang purnama. Frekuensi genangan menentukan komposisi vegetasi hutan mangrove.
- o Menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat.
- o Terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat. Air bersalinitas payau (2 – 22 ‰) hingga asin (38 ‰).

Menurut Barus (2004), ekosistem mangrove terutama didapatkan di tiga wilayah iklim berikut ini :

- o Zona khatulistiwa antara ± 10 LU dan $5 - 10$ LS;
- o Zona kering hujan tropis, zona sebelah utara dan selatan khatulistiwa, sampai $\pm 25 - 30$ LU dan LS;
- o Wilayah yang beriklim sedang yang pada musim dingin tidak terlalu dingin dan hanya terdapat di belahan batas tertimur dari benua pada zona ini.

Sebagian besar jenis – jenis mangrove tumbuh dengan baik pada tanah berlumpur, terutama di daerah dimana endapan lumpur terakumulasi. Di Indonesia, substrat berlumpur ini sangat baik untuk tegakkan *Rhizophora mocronata* dan *Avecennia marina* . jenis – jenis lain seperti *Rhizophora stylosa* tumbuh dengan baik pada substrat berpasir atau bahkan pada pantai berbatu. Pada kondisi tertentu, mangrove dapat juga tumbuh pada daerah pantai bergambut, misalnya di Florida, Amerika Serikat. Di Indonesia, kondisi ini ditemukan di utara Teluk Bone, dan di sepanjang Larian – Lumu Sulawesi Selatan, dimana mangrove tumbuh pada gambut dalam (> 3 m) yang bercamour dengan lapisan pasir dangkal (0,5 m). substrat mangrove berupa tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi (62 %) juga dilaporkan di kepulauan Seribu, teluk Jakarta (Supriharyono, 2002).

2.7.2 Struktur Vegetasi Hutan Mangrove dan Adaptasi

Hutan mangrove meliputi pohon – pohon dan semak yang terdiri dari 12 genera pohon berbunga (*Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Languncularia*, *Aegiatilis*, *Snaeda* dan *Conocarpus*) yang termasuk ke dalam 8 famili (Bengen, 2000).

Menurut Soenadrjo (1999), mangrove diketahui mempunyai daya adaptasi fisiologis yang sangat tinggi. Mereka tahan terhadap lingkungan dengan suhu perairan yang tinggi, fluktuasi salinitas yang luas dan tanah yang anaeob. Salah satu faktor yang penting dalam adaptasi fisiologis tersebut adalah system pengudaraan di akar – akarnya. Spesies *Rhizophora* memenuhi kebutuhan tersebut dengan akar tunjang yang mencuat sampai satu meter atau lebih di atas permukaan tanah. Spesies dari genera *Sonneratia*, *Avicennia*, *Lumnitzera*, dan *Xylocarpus* tidak memiliki akar tunjang, akan tetapi mereka mempunyai

pneumatophores, yaitu akar – akar yang mencuat secara vertical keluar dari bawah tanah sampai pada ketinggian 20 – 30 cm dari atas tanah.

Kemampuan mangrove tumbuh pada air asin karena kemampuan akar – akar tumbuh untuk mengeluarkan atau mensekresi garam. Menurut Johanes (1975) dalam Supriharyono (2002), spesies dari genera *Rhizophora*, *Avicennia* dan *Leguncularia* mempunyai akar – akar yang dapat memisahkan garam. Pemisahan terjadi dari proses penguapan atau transpirasi di daun. Penguapan daun ini menimbulkan terjadinya tekanan negatif, yang menyebabkan air yang ada di system perakaran tertarik ke dekat xylem, dalam peristiwa ini terjadi pula pemisahan air tawar dari air laut yang ada di membrane akar.

Pada kondisi salinitas di atas 90% spesies mangrove seperti *Avicennia marina* mempunyai system perakaran yang ekstensif, dan dengan sejumlah besar kelenjar yang mampu mensekresi garam. Sedangkan pada kondisi salinitas rendah (air tawar), system perakaran kueang ekstensif dan kelenjar sekresi garam ini tidak ada di daun (Macnae, 1986).

2.8 *Avicennia alba*

2.8.1 Ciri-ciri Umum *Avicennia alba*

Mangrove *Avicennia alba*. memainkan peran penting dalam siklus hidup berbagai organisme perairan seperti ikan, udang dan moluska terutama untuk bertelur, pembibitan dan makan. Ekosistem mangrove, salah satunya *Avicennia spp.* adalah salah satu ekosistem khas yang hanya dapat ditemui di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Selain berfungsi sebagai *fishing ground* dan *nursery ground*, manfaat penting dari ekosistem ini adalah sebagai vegetasi pelindung kawasan pesisir dari bencana alam seperti hempasan gelombang tsunami, abrasi pantai dan angin badai (Hiralal, 2008).

Menurut Tomlinson (1996) dalam Mulyadi *et al.*, (2009), pohon api-api (*Avicennia* spp.) telah dimasukkan dalam suku tersendiri yaitu *Avicenniaceae*, setelah sebelumnya dimasukkan dalam suku *Verbenaceae*, karena *Avicennia* memiliki perbedaan mendasar dalam bentuk organ reproduksi dan cara berkembang biak dengan anggota suku *Verbenaceae* lainnya. Penjelasan dari jurnal ilmiah Arisandy, 2001, menjelaskan pohon api-api (*Avicennia alba*) memiliki akar napas (*pneumatofore*) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. Reproduksi bersifat *kryptovivipary*, yaitu biji tumbuh keluar dari kulit biji saat masih menggantung pada tanaman induk, tetapi tidak tumbuh keluar menembus buah sebelum biji jatuh ke tanah. Buah berbentuk seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm, daun berbentuk ellips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm, lebar daun 3-4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu dan suram.

Menurut Kamaruzzaman (2011), spesies mangrove seperti *Avicennia alba* adalah mangrove yang berkayu, berbiji dan tanaman yang sangat khusus dan ditemukan di sepanjang garis pantai intertidal terlindung dari muara dan laguna. Karena adaptasi unik mereka, mangrove berkembang dengan baik di lingkungan di mana tanaman lain tidak bisa tumbuh.

Klasifikasi *Avicennia alba* menurut Zipcodezoo (2013) :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Viridaeplantae
Subfilum : Euphylllophytina
Infrafilum : Radiatopses
Kelas : Spermatopsida
Subkelas : Asteridae
Ordo : Lamiales
Famili : Acanthaceae
Subfamili : Avicennioideae
Genus : *Avicennia*
Species : *Avicennia alba*



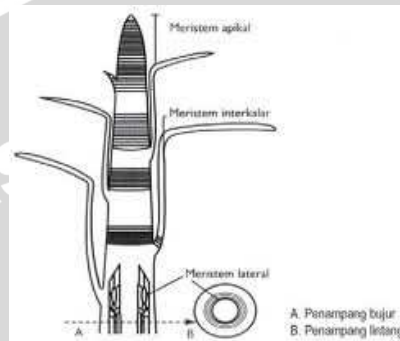
Gambar 1. Mangrove *Avicennia alba* (<http://3.bp.blogspot.com//Avicennia-alba-1.jpg>)

2.9 Akar *Avicennia alba*

Akar sangat berperan penting bagi pertumbuhan suatu tumbuhan.

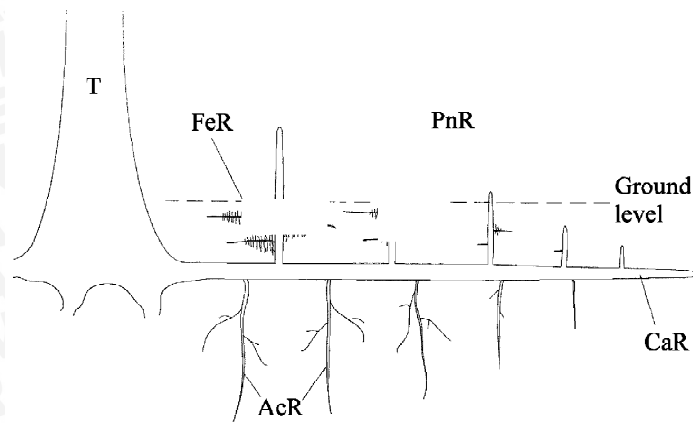
Umumnya, akar terdapat di dalam tanah, tetapi ada pula kar yang menggantung karena tekah mengalami metamorphosis (Nugroho *et al.*, 2006). Akar tumbuhan

berfungsi untuk memperkuat berdirinya tubuh tumbuhan, menyerap air dan unsure hara tumbuhan dari dalam tanah, mengangkut air dan unsure hara ke bagian tumbuhan yang memerlukan, dan kadang kala sebagai tempat penimbunan zat makanan cadangan (Lakitan, 1993). Gambar struktur akar dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Struktur Akar (Lakitan, 1993)

Menurut Muzayyinah (2008), akar *Avicennia alba* termasuk dalam akar pasak. Akar pasak tumbuh dari akar horizontal dekat permukaan tanah, arah tumbuh vertikal ke atas (geotropi negative) dan muncul di atas permukaan tanah. Hal ini berkaitan dengan fungsinya mengambil oksigen dan akat ini disebut pneumatofor. Di ujung pneumatofor inilah terjadi pertukaran gas. Pori pada pneumatophore memungkinkan akar yang terendam air membawa pertukaran gas dengan udara di atasnya. Tidak seperti gerak geotropism posotif, akar pneumatophore adalah gerak geotropism positif, akar pneumathopore adalah gerak geotropis negative dan tumbuh ke atas keluar dari lumpur dan melawan gravitasi. Menurut Purnobasuki *et al.*, (2005), dalam pohon dewasa, sistem akar *A. alba* yang rumit dan memiliki jenis akar empat, yaitu akar kabel, pneumatophores, akar makan, dan akar jangkar. Gambar sistem akar *Avicennia alba* dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Sistem Akar *Avicennia alba*

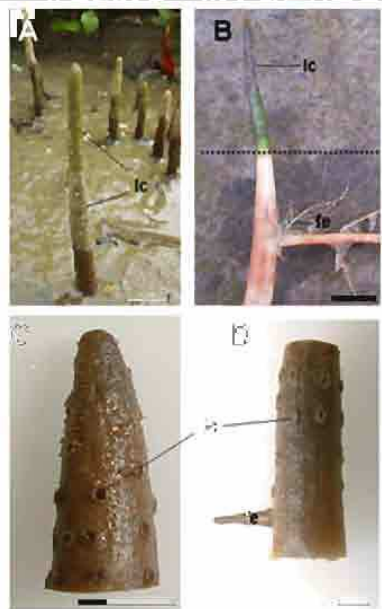
Keterangan :

- CaR : Akar kawat, dimana merupakan akar primer yang tumbuh bercabang ke samping secara horizontal
- PnR : Pneumatopor, akar nafas yang tumbuh sampai ke atas permukaan tanah secara vertical yang berasal dari akar kawat
- FeR : Akar makan, akar yang tumbuh kesamping secara horizontal dari akar nafas (pneumatopor)
- AcR : Akar jangkar, akar yang tumbuh secara kebawah dari akar kawat
- T : Batang pohon

Menurut Purnobasuki *et al.*, (2005), akar kabel tersebut tumbuh secara horizontal dan radial untuk beberapa meter dari pohon. pneumatophores tumbuh secara vertikal ke atas dan mengekspos tips di udara. akar jangkar tumbuh secara vertikal mendownload sekitar 1 m kedalaman. akar makan berasal dari pneumatophores hanya di bawah tanah dan tumbuh secara horizontal. para pneumathopores ditanggung oleh periderm kedap. Surut, lentisel pada permukaan pneumatophores memungkinkan pertukaran gas antara atmosfer dan

struktur internal akar. Oleh karena itu, para pneumatophores memiliki fungsi penting sebagai mekanisme ventilasi yang sangat khusus, yang memungkinkan tanaman untuk bertahan hidup di tanah anaerobik.

Menurut Kurniawan *et al.*, (2006), akar nafas (*pneumatophora*), yaitu cabang-cabang akar yang tumbuh tegak lurus ke atas hingga muncul dari permukaan tanah atau air tempat tumbuhnya tumbuhan. Akar ini mempunyai banyak liang-liang atau celah-celah (*pneumatoda*) untuk jalan masuknya udara yang diperlukan dalam pernafasan karena tumbuhan ini biasanya hidup di tempat-tempat yang dalam tanah sangat kekurangan oksigen, misalnya pada bogem (*Sonneratia*) dan kayu api (*Avicennia*). Menurut Kamaruzzaman (2011), akumulasi peningkatan dari logam dalam jaringan tanaman dalam spesies diperkirakan dicapai melalui translokasi udara diserap melalui lentisel di pneumatophores di akar bawah tanah. Gambar struktur pneumatophore dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Struktur Pneumatophore (Purnobasuki *et al.*, 2011).

Beberapa mangrove mengembangkan sistem perakaran yang dinamakan akar udara untuk menghadapi kondisi anaerob pada saat air tergenang air laut

(pasang). Akar udara ini berfungsi sebagai tempat pertukaran dan penyimpanan udara untuk keperluan respirasi (Radhariyan, 2003).

2.10 Batang *Avicennia alba*

Batang adalah organ pokok pada golongan tumbuhan Cormophyta, di samping akar dan daun. Fungsi utamanya adalah pada sistem percabangan yang mendukung perluasan bidang fotosintesis serta merupakan transportasi utama dari air, unsur hara, dan bahan organik sebagai fotosintat (Lakitan, 1993). Pada organ batang terdapat tiga bagian pokok yang berkembang dari jaringan protoderm, prokambium, dan meristem dasar, yaitu epidermis dan derivatnya, korteks dan stele. Ketiga bagian tersebut akan tampak jelas pada tumbuhan Dicotyledoneae, sedangkan pada tumbuhan Monocotylodeae batas antara korteks dan stele kurang jelas (Nugroho *et al.*, 2006). Batang *Avicennia alba* dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Batang *Avicennia alba* (Lakitan, 1993).

Menurut Kurniawan *et al.*, (2006), batang *Avicennia spp* berwarna putih dan lodoh, berurat seperti kayu “spar”. Kayu ini mongering sangat cepat setelah ditebang dan ringan. Dalam batang-batang yang gemang dan tua terdapat hati

yang kehitam-hitaman atau coklat, tidak lebih besar dari ibu jari. Namun kayu teras sekelilingnya itu segemang paha menjadi cukup keras dan sangat awet. Pada beberapa daerah, kayu yang keras itu digunakan untuk tiang rumah dan dijadikan kayu bakar. Pohon api-api (*Avicennia marina*) mempunyai kulit batang yang tebal berwarna coklat atau kehitaman dan permukaannya kasar. Cabangnya mudah tumbuh serta berwarna keabu-abuan dan halus dengan pangkal cabang yang membesar.

2.11 Parameter Kualitas Pendukung

2.11.1 Parameter Fisika

2.11.1.1 Suhu

Suhu penting dalam proses fisiologis, seperti fotosintesis dan respirasi. Pertumbuhan mangrove yang baik memerlukan suhu rata-rata minimal lebih besar dari 20°C dan perbedaan suhu musiman tidak melebihi 5°C , kecuali di Afrika Timur dimana perbedaan suhu musiman mencapai 10°C . Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan beberapa jenis tumbuhan mangrove, yaitu *Avicennia marina* tumbuh baik pada suhu $18-20^{\circ}\text{C}$, *R. stylosa*, *Ceriops* spp., *Excoecaria agallocha* dan *Lumnitzera racemosa* pertumbuhan daun segar tertinggi dicapai pada suhu $26-28^{\circ}\text{C}$, suhu optimum *Bruguiera* spp. 27°C , *Xylocarpus* spp. berkisar antara $21-26^{\circ}\text{C}$ dan *X. granatum* 28°C (Praseno, 2010).

2.11.1.2 Substrat

Menurut Radhariyan (2003), tanah tempat tumbuh vegetasi mangrove pada umumnya berupa lumpur atau lumpur berpasir. Jenis pohon yang terdapat di hutan mangrove berbeda antara tempat satu dengan lainnya, tergantung pada jenis tanahnya, intensitas genangan air laut, kadar garam dan daya tahan terhadap ombak dan arus.

Susunan tanah mangrove tersebut diakibatkan adanya kondisi fisik di daerah mangrove oleh gerakan air yang minim. Gerakan air yang minim mengakibatkan partikel-partikel sedimen yang halus sampai di daerah tersebut cenderung mengendap dan mengumpul di dasar berupa lumpur halus. Hasilnya berupa lapisan lumpur yang menjadi dasar (substrat) hutan. Sirkulasi air di dasar (substrat) yang sangat minimal, ditambah banyaknya bahan organik dan bakteri sehingga kandungan oksigen di dasar juga sangat minim, bahkan mungkin tidak terdapat oksigen sama sekali di dalam substrat tersebut (Kusmana, 1997).

2.11.2 Parameter Kimia

2.11.2.1 Salinitas

Menurut Praseno *et al.*(2010), salinitas diartikan sebagai ukuran yang menggambarkan tingkat keasinan (NaCl) dari suatu perairan. Satuan salinitas umumnya dalam bentuk promil (‰) atau satu bagian per seribu bagian, misalnya 35g dalam 1 L air (1000 ml) maka kandungan salinitasnya 35‰ atau dalam istilah lainnya disebut psu (partical salinity unit). Air tawar memiliki salinitas 0‰, air payau memiliki salinitas antara 1‰-30‰, sedangkan air laut/asin memiliki salinitas diatas 30‰.

Salinitas air tanah mempunyai peranan penting sebagai faktor penentu dalam pengaturan pertumbuhan dan sintasan. Salinitas tanah dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti genangan pasang, topografi, curah hujan, masukan air tawar dari sungai, *run-off* daratan, dan evaporasi. Salinitas air dan salinitas tanah rembesan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan, daya tahan, dan zonasi spesies mangrove. Tumbuhan mangrove tumbuh subur di daerah estuaria dengan salinitas 10-30 ppt (Purnobasuki, 2005).

2.11.2.2 pH Air

Nilai pH menyatakan nilai konsentrasi ion Hidrogen dalam suatu larutan. Dalam air yang bersih jumlah konsentrasi ion H^+ dan OH^- berada dalam keseimbangan sehingga air yang bersih akan bereaksi netral. Organisme akuatik dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan nilai kisaran toleransi antara asam lemah dan basa lemah. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik umumnya berkisar antara 7-8,5. Kondisi perairan yang sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam yang bersifat toksik (Barus, 2004).

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

2.11.2.3 DO

Menurut Fitriana (2006), oksigen terlarut sangat dibutuhkan dalam proses respirasi dan fotosintesis, dan proses dekomposisi serasah daun mangrove. Konsentrasi oksigen bervariasi selama 24 jam, rendah di malam hari dan tinggi pada siang hari. Konsentrasi oksigen terlarut bervariasi menurut waktu, musim, dan kekayaan tumbuhan dan organisme akuatik mangrove.

Oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut dalam perairan. Kadar oksigen yang terlarut di alam perairan bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil. Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, tekanan atmosfer semakin rendah. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian dan musiman, tergantung pada pencampuran dan pergerakan massa air, aktifitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air. Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35%) dan aktifitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Difusi oksigen ke dalam air dapat terjadi secara langsung pada kondisi air diam (stagnant) (Effendi, 2003).

2.11.2.4 Nitrat

Menurut Fitriana (2006), nitrat merupakan hasil dari reaksi biologi yaitu nitrogen organik. Nitrat merupakan elemen esensial atau sebagai nutrisi dalam proses eutrofikasi, pada perairan alami nitrat hanya sedikit. Soda nitrat (NaNO_3) merupakan komponen utama pada endapan. Penambahan nitrat pada perairan dapat berasal dari pupuk yang tercuci dari tanah pertanian. Residu dari limbah peternakan, juga mengandung nitrogen organik dan apabila teroksidasi juga akan menjadi nitrat. Bahan ini (nitrat) dapat digunakan sebagai elektron aseptor oleh beberapa mikrobia.

Menurut Comell *et al.*, (1995), reaksi antara Pb dengan nitrat akan menghasilkan senyawa timbal nitrat yang bercampur dengan air. Nitrogen dalam air biasanya dalam bentuk nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), ammonium (NH_4^+) dan amoniak (NH_3), dari bermacam-macam bentuk ini yang dapat dimanfaatkan oleh

algae atau tanaman air adalah senyawa garam-garam ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3) (Subarijanti, 2005).

2.11.2.5 Fosfat

Menurut Efendi (2003), orthofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik. Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Sumber alami fosfor di perairan adalah pelapukan batuan mineral. Selain itu, fosfor juga berasal dari dekomposisi bahan organik.

Orthofosfat adalah senyawa fosfat yang berbentuk anorganik dan larut dalam air, sehingga dapat diserap oleh organisme nabati (Lind, 1979 dalam Subarijanti, 1990).



BAB 3

MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang dibahas dalam skripsi ini mengenai kandungan logam berat Pb pada akar dan batang *Avecennia alba*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari, yang berlokasi di Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan, Jawa Timur.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai media untuk mendapatkan data yang akan diambil. Adapun, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey. Menurut Hendrawati (2012), penelitian survey tidak dilakukan intervensi atau perlakuan terhadap variable, tetapi sekedar mengamati terhadap fenomena alam atau sosial, atau mencari hubungan fenomena tersebut dengan variabel-variabel yang lain.

Dalam penelitian ini, juga didukung dengan data primer dan data sekunder, untuk data primer meliputi observasi lapang dengan cara mengambil sampel pada air, sedimen, akar dan batang untuk diuji kandungan Pb nya. Sebagai data pendukung dilakukan uji kualitas air di dua kawasan mangrove tersebut. Data sekunder di dapat melalui kajian pustaka diantaranya majalah, buku, dan jurnal ilmiah. Sedangkan untuk mengetahui pola hubungan antara kandungan Pb di lingkungan (air dan sedimen) dengan kandungan Pb yang terdapat pada tanaman mangrove menggunakan rumus BCF dan TF (Gasperz, 1991). Pada penentuan titik lokasi menggunakan alat bantu *Global Positioning System* (GPS).

3.4 Penentuan Stasiun Pengamatan

Pengambilan sampel diawali dengan penjelajahan untuk mengetahui keadaan lokasi penelitian secara umum. Penentuan stasiun penelitian dan penentuan titik pengambilan sampel didasarkan dari panjang muara mulai dari batas pasang surut sampai dengan muara yang berbatasan dengan laut di Kawasan Mangrove Gunung Anyar dan Kawasan Mangrove Desa Kedawang. Menurut Sugiyono (2007), teknik penentuan sampel yaitu, sampel yang diambil ditentukan oleh peneliti dengan dasar titik pengamatan mewakili suatu daerah (lokasi pengambilan sampel yang dianggap mewakili keadaan kawasan pesisir mangrove Desa Gunung Anyar dan kawasan pesisir mangrove Desa Kedawang.

Berdasarkan lokasi pengamatan yang sudah ditetapkan pada kedua lokasi yaitu Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan. Lokasi penelitian dibagi menjadi tiga stasiun, pada masing-masing stasiun dilakukan pengambilan sampel sebanyak dua titik. Jarak antar stasiun ditentukan dengan menggunakan GPS. Pada penelitian ini menggunakan GPS agar titik lokasinya tepat dan tidak berubah-ubah. Menurut Mulyadi *et al.*, (2009), Terdiri dari satu transek sepanjang 10 m dan tiap stasiun diambil 2 titik. Pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

Adapun ketiga stasiun pada kawasan mangrove Gunung Anyar yaitu :

1. Stasiun pertama, stasiun ini berada di muara kali Gunung Anyar yang berdekatan dengan laut. Terdiri dari satu transek sepanjang 10 m dan pengambilan sampel dibagi menjadi dua titik, pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

Letak lintang pengambilan sampel :

Stasiun 1a : 7°20'02.39"LS 112°49'42.76"BT

Stasiun 1b : 7°20'01.98"LS 112°49'43.17"BT

2. Stasiun kedua, stasiun ini berada di bagian tengah dari kawasan mangrove Gunung Anyar. Terdiri dari satu transek sepanjang 10 m dan pengambilan sampel dibagi menjadi dua titik, pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

Letak lintang pengambilan sampel :

Stasiun 2a : $7^{\circ}19'49.88''\text{LS}$ $112^{\circ}49'20.28''\text{BT}$

Stasiun 2b : $7^{\circ}19'49.06''\text{LS}$ $112^{\circ}49'20.94''\text{BT}$

3. Stasiun ketiga, ini berada di sungai kali Gunung Anyar yang berdekatan dengan pemukiman. Terdiri dari satu transek sepanjang 10 m dan pengambilan sampel dibagi menjadi dua titik, pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

Letak lintang pengambilan sampel :

Stasiun 3a : $7^{\circ}19'52.07''\text{LS}$ $112^{\circ}48'42.29''\text{BT}$

Stasiun 3b : $7^{\circ}19'51.52''\text{LS}$ $112^{\circ}48'42.89''\text{BT}$

Adapun ketiga stasiun pada Kedawang, Pasuruan yaitu :

1. Stasiun pertama, stasiun ini berada di daerah yang berdekatan dengan laut. Terdiri dari satu transek sepanjang 10 m dan pengambilan sampel dibagi menjadi dua titik, pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

Letak lintang pengambilan sampel :

Stasiun 1a : $7^{\circ}41'49.66''\text{LS}$ $113^{\circ}04'57.72''\text{BT}$

Stasiun 1b : $7^{\circ}41'49.73''\text{LS}$ $113^{\circ}04'58.03''\text{BT}$

2. Stasiun kedua, stasiun ini berada di bagian tengah dari kawasan mangrove di Kedawang, Pasuruan. Terdiri dari satu transek sepanjang 10 m dan pengambilan sampel dibagi menjadi dua titik, pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

Letak lintang pengambilan sampel :

Stasiun 2a : 7°41'54.13"LS 113°04'58.13"BT

Stasiun 2b : 7°41'54.11"LS 113°04'57.83"BT

3. Stasiun ketiga, ini berada di daerah yang berdekatan dengan pemukiman. Terdiri dari satu transek sepanjang 10 m dan pengambilan sampel dibagi menjadi dua titik, pengambilan sampel ini dilakukan secara acak.

Letak lintang pengambilan sampel :

Stasiun 3a : 7°41'56.15"LS 113°05'01.01"BT

Stasiun 3b : 7°41'56.09"LS 113°05'01.35"BT

3.5 Analisis Sampel

3.5.1 Pengambilan Sampel *Avicennia alba*

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap, yang pertama yaitu tahap pengambilan sampel yang dilaksanakan di lapang dan yang kedua tahap analisis kandungan logam berat Pb di laboratorium MIPA Universitas Brawijata, Malang.

Menurut Mulyadi *et al.*, (2009), pengambilan sampel akar, batang dan daun mangrove dalam penelitian ini menggunakan transek sepanjang 10 m. Pohon yang dijadikan sampel adalah pohon yang berdiameter 15 – 25 cm dan tinggi berkisar 3-5 cm, dimana menurut (Little, 1983; Steinke, 1995; Naidoo and Chirkoot, 2004; Naidoo, 2006) dalam Hiralal (2008) pada ketinggian tersebut mangrove mempunyai daya toleran terhadap salinitas yang tinggi. Menurut Raskin *et al.*, (1997) dalam Ana *et al.*, (2009) berpendapat bahwa dengan menggunakan mangrove yang sudah tua, diasumsikan mangrove tersebut sudah dapat dijadikan bioremediasi lingkungannya.

Bagian – bagian yang diambil pada pohon *Avecennia alba* adalah :

1. Akar

Pengambilan sampel akar yang diambil adalah akar nafas atau *pneumatophora* yang diambil pada bagian ujung dan pangkal yang berada di dalam sedimen dengan diameter 0,4 – 0,6 cm (Arisandy *et al.*, 2011). Dari penjelasan Saenger (2002) dalam Syah (2011), pada akar *Avicennia* spp. berfungsi untuk menyaring garam yang terkandung dalam air, dan menangkap partikel tanah yang tersuspensi dalam air serta meretensi unsur hara dalam sedimen yang terakumulasi, sehingga diasumsikan pada bagian kedua akar tersebut terdapat kandungan logam berat Pb.

2. Batang

Pengambilan sampel batang yang diambil adalah batang cabang pertama dari pohon dan memiliki diameter pohon kira-kira 15-25 cm, dan diameter batang yang diambil berkisar antara 5-15 cm. Panjang batang berkisar antara 10-30 cm (Arisandy *et al.*, 2011). Menurut Hamzah dan Setiawan (2010) batang diambil dari pohon *Avicennia* spp. dengan ukuran diameter batang berkisar 15-20 cm dan tinggi berkisar 3-5 m dimana pada ketinggian tersebut mangrove mempunyai daya toleran terhadap salinitas yang tinggi (Little, 1983; Steinke, 1995; Naidoo and Chirkoot, 2004; Naidoo, 2006) dalam Hiralal (2008). Menurut Raskin *et al.*, (1997) dalam Ana *et al.*, (2009) berpendapat bahwa dengan menggunakan mangrove yang sudah tua, diasumsikan mangrove tersebut sudah dapat dijadikan bioremediasi lingkungannya.

3.5.2 Pengambilan Sampel Air dan Sedimen

Sebagai data penunjang dilakukan juga perhitungan kandungan Pb pada air permukaan dan sedimen. Selain itu, dihitung kualitas air di daerah penelitian dan dihitung kadar N, P, pH dan tekstur pada sedimen.

Adapun prosedur pengambilan sampel air dan sedimen sebagai berikut :

1. Prosedur Pengambilan Sampel Air

Sampel air diambil secara langsung dan dimasukkan kedalam botol air mineral yang terlebih dahulu dikalibrasi dengan air sampel dari daerah penelitian. Kemudian sampel air diambil dan dimasukkan ke dalam botol, lalu ditambahkan dengan HNO_3 pekat sebanyak 1 ml, hal ini dilakukan untuk menurunkan pH agar tidak mudah menguap dan sampel awet, kemudian simpan pada suhu -4°C atau dimasukkan dalam ice box, pada setiap stasiun diambil 2 sampel air laut (Rochmawati, 2007).

2. Prosedur Pengambilan Sampel Sedimen

Menurut Cahyani *et al.*, (2012). Sampel sedimen diambil dengan menggunakan grab sampler yang kemudian dimasukkan ke dalam plastic klip sebanyak 250 gram untuk masing-masing titik pengambilan sampel. Sampel sedimen yang diambil merupakan sedimen pada bagian permukaan dasar perairan yang memiliki ketebalan sekitar 20 cm. Selanjutnya tempat sampel dibungkus dengan kantong dan dimasukkan ke dalam cool box, kemudian sampel tersebut di uji kandungan Pb. Sebelum diuji di laboratorium, baiknya sampel sedimen tersebut dikeringanginkan selama 1 hari menggunakan alas alumunium foil yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam sedimen. Pada kedalaman 20 cm, sedimen telah terkomposit oleh berbagai macam campuran unsur hara dari lapisan *rhizosphere* tiap tanaman dan diasumsikan sedimen sudah terkontaminasi oleh logam berat.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Pengamatan Logam Berat Pb Total pada Akar dan Batang

Preparasi akar dan batang, sampel di potong-potong kecil sebelum dihaluskan kemudian sampel akar dan batang masing-masing ditimbang sebanyak 5 gr. Setelah itu dimasukkan dalam tanur pada suhu $600-650^\circ\text{C}$ (pengabuan) selama 3-4 jam. Setelah selesai proses pengabuan sampel akar

dan batang tersebut dilarutkan dengan menambahkan 20 ml HNO_3 pekat dan 10 ml HClO_4 . Kemudian ditambahkan aquadest sampai volume menjadi 50 ml.

Larutan tersebut dipanaskan pada *hot plate* sampai mendidih dan volume berkurang 30 ml. Bila belum terjadi kabut ulangi penambahan HNO_3 sebanyak 20 ml dan HClO_4 sebanyak 10 ml pada larutan tersebut, kemudian dipanaskan kembali hingga terjadi kabut. Setelah terjadi kabut, tambahkan kembali larutan dengan aquadest sehingga volume sampel menjadi 50 ml, lalu diendapkan. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

3.6.2 Pengamatan Logam Berat Pb Total pada Air

Pengamatan sampel air yaitu, sampel air diambil 100 ml, lalu ditambahkan 10 ml HNO_3 pekat. Di panaskan dalam *hot plate* sampai volumenya berkurang 30 ml. Di 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 (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

3.6.3 Pengamatan Logam Berat Pb Total pada Sedimen

Pengamatan sampel sedimen yaitu sedimen dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 12 jam untuk menghilangkan kadar airnya dan diperoleh berat konstan. Sampel sedimen ditimbang sebanyak 5 gr kemudian dimasukkan dalam tanur pada suhu $600-650^\circ\text{C}$ (pengabuan) selama 3-4 jam. Setelah selesai proses pengabuan sampel sedimen tersebut dilarutkan dengan menambahkan 20 ml HNO_3 pekat dan 10 ml HClO_4 . Kemudian ditambahkan aquadest sampai volume menjadi 50 ml.

Larutan tersebut dipanaskan pada *hot plate* sampai mendidih dan volume berkurang 30 ml. Bila belum terjadi kabut ulangi penambahan HNO_3 sebanyak 20

ml dan HClO_4 sebanyak 10 ml pada larutan tersebut, kemudian dipanaskan kembali hingga terjadi kabut. Setelah terjadi kabut, tambahkan kembali larutan dengan aquadest sehingga volume sampel menjadi 50 ml, lalu diendapkan. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

3.6.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Untuk mengetahui terjadi akumulasi logam berat Pb pada *Sonneratia caseolaris* dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, akar dan daun. Perbandingan antara konsentrasi logam di akar dengan konsentrasi di sedimen dikenal dengan *bio-concentration factor* (BCF). Menurut Yoon *et al.*, (2006) dengan rumus :

$$BCF \text{ Pb} = \frac{(\text{Logam berat Pb}) \text{ Akar}}{(\text{Logam berat Pb}) \text{ Sedimen}}$$

Dimana, jika nilai $BCF > 1000$ = kemampuan tinggi

$1000 > BCF > 250$ = kemampuan sedang

$BCF < 250$ = kemampuan rendah

BCF pada akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam berat Pb pada daun dan akar yang berasal dari lingkungan (MacFarlane *et al.*, 2003).

3.6.4 Faktor Translokasi (TF)

Menurut Yoon *et al.*, (2006), setelah nilai BCF diketahui, maka perlu menghitung TF untuk menentukan kemampuan tanaman *Sonneratia caseolaris* dalam mengakumulasi logam berat Pb sehingga dapat dikatakan sebagai *hyperaccumulator* logam berat, dengan rumus :

$$TF \text{ Pb} = \frac{(\text{Logam berat Pb}) \text{ batang}}{(\text{Logam berat Pb}) \text{ Akar}}$$

Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke tunas (MacFarlane *et al.*, 2003). Kemudian menghitung nilai FTD (fitoremediasi) untuk mengetahui dasar suatu tanaman dapat dijadikan sebagai fitoremediasi perairan.

Kemampuan tumbuhan untuk mentoleransi dan mengakumulasi logam berat dengan menggunakan faktor tersebut, dapat digunakan untuk menentukan status tumbuhan sebagai fitoekstraksi dan fitostabilisasi. Dimana jika :

TF dan BCF > 1 = dapat digunakan sebagai fitoekstraksi

TF < 1 dan BCF > 1 = dapat digunakan sebagai fitostabilisasi

3.7 Prosedur Kerja Pengukuran Parameter

3.7.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Menurut Effendi, 2003 Pengukuran suhu dengan menggunakan alat yaitu Thermometer Hg. Pengukuran suhu dilakukan dengan cara:

1. Dichelupkan termometer air raksa (skala 0-50) ke dalam perairan
2. Dibiarkan selama 3 menit
3. Dibaca skala pada thermometer ketika masih di dalam air
4. Dicatat hasil pengukuran dalam skala $^{\circ}\text{C}$

b. Tekstur/Substrat

Menurut Effendi, 2003 Prosedur kerja yang dilakukan dalam analisis tekstur tanah adalah sebagai berikut :

1. Menimbang 20 gram tanah kering udara, butir-butir tanah ini berukuran kurang dari 2 mm.
2. Memasukkan tanah ke dalam erlenmeyer atau botol tekstur dan ditambahkan 10 mL larutan Calgon 0,05 % dan aquadest secukupnya.
3. Mengocok tanah dengan mesin pengocok selama kurang lebih 10 menit.

4. Menuangkan secara kualitatif semua isinya ke dalam silinder sedimentasi 1000 mL yang di atasnya dipasang saringan dengan diameter lubang 0,05 mm dan dibersihkan botol tekstur dengan bantuan botol semprot.
5. Semprot dengan spayer sambil diaduk-aduk semua suspensi yang masih tinggal pada saringan sehingga semua partikel debu dan liat telah turun (air saringan telah jernih).
6. Pasir yang tertinggal dipindahkan ke dalam cawan dengan pertolongan botol semprot kemudian masukkan ke dalam oven bersuhu 105°C selama 2 x 24 jam, selanjutnya masukkan dalam desikator dan timbang hingga berat pasir diketahui (catat sebagai C gram)
7. Mencukupkan larutan suspensi dalam tabung sedimentasi dengan aquadest hingga 1000 mL.
8. Angkat silinder sedimentasi, sumbat bolak-balik dengan karet lalu kocok dengan membolak-balik tegak lurus 180° sebanyak 20x atau dapat juga dilakukan dengan memasukkan pengocok ke dalam silinder sedimentasi lalu aduk naik turun selama 1 menit.
9. Masukkan hidrometer kedalam suspensi dengan sangat hati-hati agar suspensi tidak banyak terganggu.
10. Setelah beberapa detik, membaca dan mencatat (H_1) pada hidrometer beserta suhunya (t_1), dengan hati-hati hidrometer dikeluarkan dari suspensi.
11. Setelah menjelang 8 jam, hidrometer dimasukkan kembali untuk pembacaan H_2 dan t_2 .

12. Menghitung berat debu dan liat dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat debu dan liat} : \frac{H_1 + 0,3 (t_1 - 19,8)}{2} - 0,5 \dots\dots\dots(a)$$

$$\text{Berat liat} : \frac{H_2 + 0,3 (t_2 - 19,8)}{2} - 0,5 \dots\dots\dots(b)$$

$$\text{Berat debu: Berat (debu + liat) - Berat liat} \dots\dots\dots(a + b)$$

13. Menghitung persentase pasir, debu dan liat dengan persamaan :

$$\% \text{ pasir} : \frac{c}{a+c} / 100\%$$

$$\% \text{ debu} : \frac{a-b}{a+c} / 100\%$$

$$\% \text{ liat} : \frac{b}{a+c} / 100\%$$

3.7.2 Parameter Kimia

a. Salinitas

Menurut Effendi, 2003 pengukuran salinitas dengan menggunakan alat salinometer ATAGO *Pocket Refractometer*. Pengukuran salinitas dilakukan dengan cara :

1. Kalibrasi lapisan prisma dengan menggunakan aquades dan keringkan dengan menggunakan tisu
2. Ambil 0,3 ml larutan sampel, kemudian teteskan di atas lapisan prisma
3. Tekan tombol start, maka *Pocket Refractometer* akan menunjukkan hasil larutan uji pada layar setelah muncul tanda panah tiga kali
4. Setelah muncul tanda panah tiga kali, tunggu selama 2 menit maka kadar salinitas larutan uji sudah terbaca
5. Matikan *Pocket Refractometer* dengan menekan tombol start selama 2 detik
6. Bersihkan lapisan prisma dengan menggunakan aquades kembali dan keringkan dengan menggunakan tisu

b. pH Air

Menurut Effendi, 2003 pengukuran pH pada air menggunakan alat pH meter. Cara pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Sebelum dipergunakan pH tester dicuci dengan air suling dan distandarisasi dengan larutan standar yang telah disediakan
2. Setelah itu, tekan tombol ON/OFF untuk menghidupkan pH tester

3. Masukkan ujung sensor pH tester ke dalam air sekitar 2/3 cm pada larutan yang akan diuji
4. Kemudian tekan tombol hold/ent untuk menetapkan hasil nilai pH dan pH tester akan menunjukkan angka/nilai pH terukur
5. Tekan tombol ON/OFF untuk mematikan pH tester, jika tidak segera mematikan pH tester, maka dalam waktu 8,5 menit pH tester secara otomatis akan mati dengan sendirinya.

c. DO

Menurut Effendi, 2003 pengukuran DO dengan menggunakan alat yaitu DO meter. Pengukuran DO dilakukan dengan cara :

1. Mengkalibrasi secara ganda yaitu standarisasi dengan udara bebas (20,8 – 21 ppm) dan pada kondisi jenuh (100 ppm).
2. Mengambil air sampel dengan menggunakan botol sampel
3. Mencelupkan elektroda ke dalam air sampai batas yang telah ditentukan
4. Menunggu hingga angka digit tidak berubah lagi
5. Membaca angka atau skala yang ditunjukkan jarum

d. Nitrat

Pengukuran data nitrat (NO_3) dilakukan dengan menggunakan metode Brucine (Balai Penelitian Tanah, 2005) yaitu :

Pereaksi :

- Brucin 2 % dalam amilum asetat dengan pH 4,8
- H_2SO_4 (p)
- Amilum asetat
- Pengekstrak Morgan-Wolf

Prosedur Kerja :

Sebanyak 5 gr sampel ditambahkan 50 ml amilum asetat dengan pH 4.8. Kocok selama 30 menit kemudian disaring. 5 ml hasil ekstraksi dipipet ke dalam

tabung reaksi dan ditambahkan dengan 0.5 ml brucin dan kemudian ditambahkan dengan 5 ml H_2SO_4 (p). Dikocok dengan pengocok tabung sampai homogen dan dibiarkan selama 30 menit. Dimasukkan kedalam spektrofotometer dengan panjang gelombang 432 nm. Kemudian diamati.

e. Fosfat

Pengukuran fosfat (PO_4) dilakukan dengan metode asam askorbik menurut APHA (1989), yaitu :

Pereaksi :

Pereaksi Olsen, Larutan Standar 10 ppm, pereaksi fosfat pekat, pereaksi campuran fosfat, asam ascorbic, amonium molybdat, stok SnCl_2 , karbon aktif.

Prosedur Kerja :

Sebanyak 5 gr sampel sedimen dimasukkan ke dalam botol polyethylene ditambahkan 2 gr karbon aktif. Larutkan dengan 2 ml pengekstrak olsen dan dikocok selama 30 menit lalu disaring ke dalam tabung reaksi. 5 ml larutan jernih dari tabung reaksi dipipet dan ditambah 5 ml pereaksi fosfat. Membuat larutan standar dengan kepekatan 0 – 10 ppm P_2O_5 dengan cara memipet : 1,0 ; 2,0 ; 4,0 ; 8,0 ; 10,0 ml larutan standar P_2O_5 10 ppm kemudian diencerkan dengan pengekstrak olsen menjadi 2 ml. Sampel dan larutan standar masing-masing ditambahkan 5 ml pereaksi fosfat, kemudian dikocok dan dibiarkan selama 30 menit. Sampel kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.

3.8 Cara Kerja Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS)

Alat AAS diset terlebih dahulu sesuai dengan instruksi dalam manual alat tersebut. Kemudian dikalibrasikan dengan kurva standar dari logam Pb dengan konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 ppm. Diukur absorbansi atau konsentrasi masing-masing sampel.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Kecamatan Rungkut, Surabaya dan Kedawang, Kecamatan Nguling, Pasuruan Jawa Timur. Kawasan mangrove Gunung Anyar ini terletak di daerah pantai timur Surabaya dan dijadikan daerah wisata mangrove. Dengan luas wilayah sebesar 9,71 Km², kawasan ini berbatasan langsung dengan Kecamatan Rungkut dan Kabupaten Sidoarjo. Kecamatan Gunung Anyar ini berpenduduk tidak kurang dari 5000 jiwa dan berpotensi akan terus bertambah dengan banyaknya pembangunan perumahan baru di sisi timurnya. Kecamatan ini terdiri dari 4 kelurahan yaitu: Gunung Anyar, G. Anyar Tambak, Rungkut Menanggal, Rungkut Tengah. Letak geografis dari Gunung Anyar ini terdiri dari berbagai tingkatan kepadatan penduduk. Mulai dari wilayah barat yang terdiri dari kawasan padat penghuni, di bagian ini terdapat kelurahan Rungkut Menanggal dan Rungkut Tengah. berbatasan dengan wilayah Kabupaten Sidoarjo dan Kawasan Industri SIER sehingga kebanyakan mata pencaharian penduduk di kawasan ini sebagai pekerja pabrik/buruh. Pemukiman di daerah ini terdiri dari kawasan perkampungan. Profesi nelayan merupakan pilihan dari penduduk Gunung Anyar yang berbatasan langsung dengan laut, selain itu kebanyakan dari mereka juga merupakan juragan tambak ikan dan udang yang tersebar di pesisir Kecamatan ini. Kawasan ini terkenal dengan Keindahan alam mangrovenya yang saat ini sedang di galakkan oleh pemerintah setempat sebagai tempat wisata alam. Wisata Mangrove yang terkenal dengan sebutan Wisata Anyar Mangrove (WAM) ini mulai di kelola pada tahun 2010 sebagai sarana wisata keluarga yang berwawasan lingkungan.

Batas-batas wilayah Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya adalah sebagai berikut :

- sebelah utara Kelurahan Medokan Ayu
- sebelah selatan Kelurahan Tambak Oso, Kabupaten Sidoarjo
- sebelah timur Selat Madura
- sebelah barat Kelurahan Gunung Anyar

Di Kawasan Mangrove Gunung Anyar terdapat aliran sungai Kebon Agung. Aliran sungai ini merupakan salah satu aliran yang digunakan perusahaan-perusahaan industri untuk membuang limbahnya. Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair yang mengandung logam berat timbal (Pb) adalah industri pulp dan kertas. Industri pulp dan kertas yang berada di sekitar Kawasan Mangrove Gunung Anyar yaitu : PT. Surabaya Agung Tbk., PT. Surabaya Mega Box, Surabaya Kertas dan Pulp Tbk, PT. Adiprima Surya Printa (Produsen Kertas Jawa Pos). Dari sebagian industri pulp dan kertas yang ada, kemungkinan besar PT. Surabaya Agung Tbk. membuang limbah industrinya ke Sungai Kebon Agung. Hal ini disebabkan industri tersebut berada kurang dari 2km sebelah barat Kawasan Mangrove Gunung Anyar.

Lokasi penelitian Kedawang berada di Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan. Kecamatan Nguling di Kabupaten Pasuruan terletak di antara Kecamatan Lekok, Kecamatan Grati dengan Kabupaten Probolinggo. Wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian mulai 0 m dpl hingga 100 m dpl (diatas permukaan laut) dengan kondisi permukaan tanah yang relative datar karena sebagian besar merupakan daerah pesisir.

Batas-batas wilayah Kecamatan Nguling, Kabupaten Pasuruan adalah sebagai berikut :

- sebelah utara Selat Madura
- sebelah selatan Kabupaten Probolinggo

- sebelah timur Kabupaten Probolinggo
- sebelah barat Kecamatan Lekok

Secara umum, wilayah Kecamatan Nguling di Kabupaten Pasuruan memiliki 15 desa, yang terbagi habis menjadi 75 dusun, 116 rukun warga (rw) dan sebanyak 340 rukun tetangga (rt) dengan luas wilayah sebesar 47,23 km². Lokasi Kecamatan Nguling berada di sekitar garis khatulistiwa, maka seperti daerah yang lain Kabupaten Pasuruan mempunyai perubahan iklim sebanyak 2 jenis setiap tahunnya, yaitu musim kemarau dan musim penghujan. Statistik daerah Kecamatan Nguling didominasi oleh sawah yang mencapai 2.496,51 hektar, kemudian permukiman 488,73 hektar, tegal 684,24 hektar dan lainnya 1.409,80 hektar. Terdapat 2 desa yang memiliki wilayah terluas, yaitu Desa Sang Anom 7.03 km², Desa Sumber Anyar 6.03 km².

Pantai di Kedawang memiliki perairan yang relatif bersih karena jauh dari aktivitas perindustrian, sehingga sumber pencemaran tidak banyak yang masuk ke perairan pantai di Kedawang. Sumber pencemaran yang mungkin masuk berasal dari aktivitas manusia dan transportasi kapal nelayan penduduk sekitar.

4.2 Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel

4.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel di Gunung Anyar

Lokasi pengambilan sampel di Kawasan Mangrove Gunung Anyar terdiri dari 3 stasiun, yaitu :

4. Stasiun pertama berada di muara kali Gunung Anyar yang berdekatan dengan laut. Lokasi pengambilan sampel ini berdekatan dengan GAZEBO. Pada lokasi ini terdapat banyak jenis tumbuhan mangrove jenis *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata*, dan *Avicennia marina*. Tetapi yang mendominasi pada stasiun ini yaitu jenis *Avicennia alba*. Selain tumbuhan mangrove yang ada, organism lain seperti ikan glodok, kerang-kerangan, kepiting, dan aneka jenis burung juga terdapat di sekitar lokasi.

5. Stasiun kedua berada di bagian tengah dari kawasan mangrove Gunung Anyar. Lokasi pengambilan sampel ini terletak di tengah-tengah antara stasiun 1 dan 3. Pada lokasi ini terdapat percabangan Sungai Afur yang merupakan alira sungai dari buangan limbah pabrik kertas PT. Surabaya Agung Tbk. Mangrove *Avicennia alba* sangat mendominasi pada stasiun ini, serta ikan glodok, kepiting, ular dan juga jenis organism lainnya.
6. Stasiun ketiga berada di muara kali Gunung Anyar yang berdekatan dengan pemukiman. Lokasi pengambilan sampel ini berdekatan dengan Kantor Wisata Mangrove Gunung Anyar. Terdapat pula perahu-perahu nelayan yang bias digunakan sebagai media rekreasi.

4.2.2 Lokasi Pengambilan Sampel di Kedawang

Lokasi pengambilan sampel di Kedawang terdiri dari 3 stasiun, yaitu :

1. Stasiun pertama berada di daerah yang berdekatan dengan laut. Lokasi pengambilan sampel ini banyak terdapat kapal-kapal nelayan. Pada lokasi ini terdapat jenis mangrove *Rhizophora mucronata* yang menjulang tinggi. Dan pada lokasi ini banayak terdapat sampah-sampah buangan dari warga sekitar.
2. Stasiun kedua berada di bagian tengah dari kawasan mangrove Kedawang. Lokasi pengambilan sampel ini terletak di tengah-tengah antara stasiun 1 dan 3. Pada lokasi ini jenis mangrove *Avicennia alba* mendominasi jenis mangrove, dan terdapat juga sampah-sampah yang dibuang oleh masyarakat sekitar.
3. Stasiun ketiga berada di daerah yang berdekatan dengan pemukiman. Lokasi pengambilan sampel ini berdekatan dengan usaha penduduk berupa peng-asapan ikan. Pada Lokasi ini banayak terdapat sampah buangan masyarakat yang dibuang secara langsung ke pinggir pantai.

4.3 Hasil Analisis Timbal (Pb)

Hasil Analisa Timbal Pb di dua lokasi bisa di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Pb pada mangrove *Avicennia alba*

NO	Parameter	Satuan	Stasiun		Uji T
			Gunung Anyar	Kedawang	
1	Air	ppm	0,325	0,145	SBY > KDW
2	Sedimen	ppm	12,015	2,91	SBY > KDW
3	Akar	ppm	4,6	2,86	SBY > KDW
4	Batang	ppm	1,365	0,72	SBY > KDW

- Ket :
1. $SBY \leq KDW$ (Kandungan Logam Berat Pb pada Kawasan Mangrove Gunung Anyar dan Kedawang adalah sama atau lebih sedikit)
 2. $SBY > KDW$ (Kandungan Logam Berat Pb pada Kawasan Mangrove Gunung Anyar lebih banyak dari Kawasan Mangrove Kedawang)

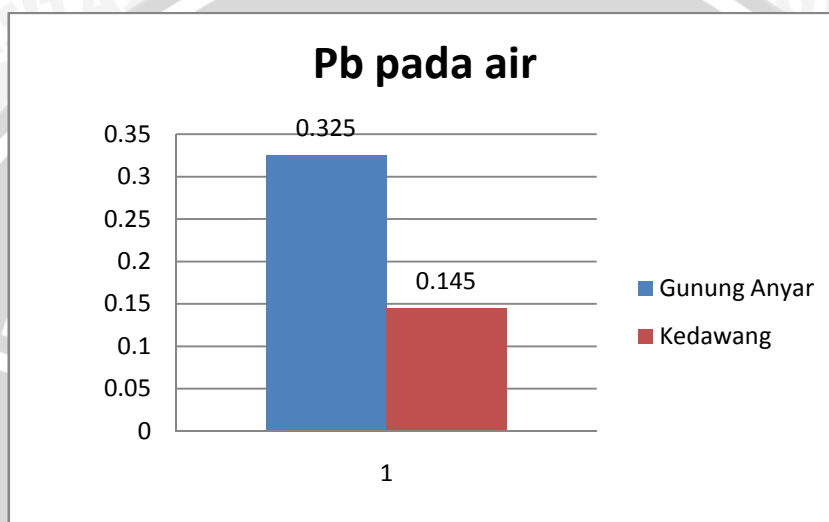
4.3.1 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Air

Pengambilan sampel air diambil dari lokasi yang berbeda yaitu kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan sebanyak 3 stasiun dimana sampel yang diambil terdapat di aliran sungai yang menjadi tempat tumbuhnya mangrove. Sampel air dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil analisis pada Tabel 1. menyatakan bahwa kadar Pb pada setiap stasiun berbeda. Kadar logam berat timbal ini tergantung dari banyak sedikitnya limbah yang masuk ke dalam perairan. Semakin banyak limbah yang masuk ke dalam perairan maka kandungan logam berat timbal akan semakin tinggi juga. Kadar Pb pada air di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 0,325 ppm dan pada lokasi Kedawang sebesar 0,145 ppm. Kadar Pb air di kedua lokasi

menunjukkan bahwa kadar tersebut sudah melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Berdasarkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 mengenai baku mutu air laut untuk biota laut, batas kandungan untuk Pb yaitu sebesar 0,008 ppm.

Hasil analisa kandungan Pb pada air dikedua lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Kadar Pb pada Air di Gunung Anyar, dan di Kedawang

Berdasarkan Gambar 6. pada lokasi penelitian Gunung Anyar memiliki kandungan Pb pada air sebesar 0,325 ppm dan pada lokasi penelitian Kedawang memiliki kandungan Pb pada air sebesar 0,145 ppm. Setelah didapatkan reratan, selanjutnya dilakukan Uji T. Hasilnya yaitu $t_{hitung} (3,5) > t_{tabel} (3,0)$, berarti menolak H_0 (terima H_1) dengan kesimpulan Kawasan Mangrove G. Anyar memiliki kandungan logam berat Pb pada air lebih banyak dibandingkan dengan Kawasan Mangrove Kedawang. Pada Kawasan Mangrove Gunung Anyar memiliki kandungan Pb pada air lebih tinggi dibandingkan dengan Kawasan Mangrove Kedawang disebabkan karena pada lokasi G. Anyar terdapat buangan limbah dari industri-industri di sekitar lokasi, termasuk pabrik kertas PT Surabaya

Agung Tbk. Sedangkan pada lokasi Kedawang jauh dari perindustrian. Perhitungan Uji T dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

Kandungan Pb pada tiap daerah juga dipengaruhi oleh proses-proses yang terjadi di perairan. Supriharyono (2002), mengemukakan bahwa logam berat yang dilimpahkan ke dalam perairan, baik sungai maupun lautan akan mengalami paling tidak tiga proses, yaitu pengendapan: apabila konsentrasi logam lebih besar daripada daya larut terendah komponen yang terbentuk antara logam dan anion yang ada di dalam air. Adsorpsi (berikatan dengan unsur lain) dan absorpsi (penyerapan) oleh organisme-organisme perairan baik langsung maupun tidak langsung melalui rantai makanan.

Kandungan Pb pada air di lokasi penelitian bisa dipengaruhi masukan dari daerah laut lepas maupun dari arah muara sungai. Sunu (2001) juga mengemukakan bahwa bahan pencemar yang masuk ke dalam ekosistem laut dapat dibagi menjadi dua bila ditinjau dari adanya, yaitu:

1. Berasal dari laut sendiri, misalnya pembuangan sampah dari kapal, lumpur, buangan dari kegiatan pertambangan di laut.
2. Berasal dari kegiatan-kegiatan di daratan. Bahan pencemar dapat masuk ke ekosistem laut melalui udara atau terbawa air sungai.

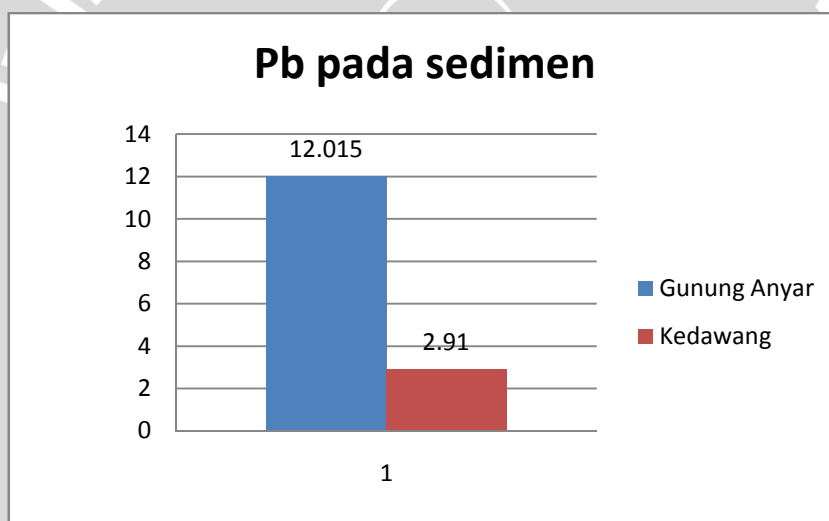
4.3.2 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen

Sedimen adalah lapisan bawah yang melapisi sungai, muara, danau, waduk, lautan yang terdiri atas bahan organik dan anorganik. Perairan pesisir banyak didominasi oleh substrat lunak seperti lumpur dan butir-butir pasir. Sampel sedimen yang didapat kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil analisis pada Tabel 1. menyatakan bahwa kadar Pb pada setiap stasiun berbeda. Kadar logam berat Pb ini tergantung dari banyak sedikitnya limbah yang masuk ke dalam perairan yang kemudian akan diserap oleh

sedimen. Semakin banyak limbah yang masuk ke dalam perairan maka kandungan logam berat timbal akan semakin tinggi juga. Kadar Pb pada sedimen di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 12,015 ppm dan pada lokasi Kedawang sebesar 2,91 ppm. Kadar Pb pada sedimen di kedua lokasi menunjukkan bahwa kadar tersebut masih berada di bawah ambang batas menurut nilai baku mutu yang dikeluarkan oleh IADC/CEDA (1997) mengenai kandungan logam yang dapat ditoleransi keberadaannya dalam sedimen untuk logam berat timbal (Pb) yaitu sebesar 85 ppm.

Hasil analisa kandungan Pb pada sedimen di kedua lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Kadar Pb pada Sedimen di Gunung Anyar, dan di Kedawang

Berdasarkan Gambar 7. pada lokasi penelitian Gunung Anyar memiliki rerata kandungan Pb pada sedimen sebesar 12,015 ppm dan pada lokasi penelitian Kedawang memiliki rerata kandungan Pb pada sedimen sebesar 2,91 ppm. Setelah didapatkan rerata, selanjutnya dilakukan Uji T. Hasilnya yaitu $t_{hitung} (10,9) > t_{tabel} (2,9)$, berarti menolak H_0 (terima H_1) dengan kesimpulan Kawasan Mangrove G. Anyar memiliki kandungan logam berat Pb pada sedimen lebih banyak dibandingkan dengan Kawasan Mangrove Kedawang. Pada

Kawasan Mangrove Gunung Anyar memiliki kandungan Pb pada sedimen lebih tinggi dibandingkan dengan Kawasan Mangrove Kedawang disebabkan karena pada lokasi G. Anyar terdapat buangan limbah dari industri-industri di sekitar lokasi, termasuk pabrik kertas PT Surabaya Agung Tbk. Sedangkan pada lokasi Kedawang jauh dari perindustrian. Perhitungan Uji T dapat dilihat pada **Lampiran 8**.

Kandungan Pb yang tinggi pada sedimen juga dipengaruhi oleh timbal yang terkandung dalam air. Hal ini diduga karena terjadi proses pengendapan atau sedimentasi yang dialami logam berat. Menurut Arisandy (2011), logam berat bersifat mengendap dalam perairan. Logam berat mempunyai sifat mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, maka kadar logam berat dalam sedimen umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan kolom perairan.

Kandungan Pb air dan sedimen lebih tinggi pada lokasi penelitian kawasan mangrove Gunung Anyar dari pada di Kedawang juga dipengaruhi oleh substrat yang menjadi tempat tumbuh tanaman *Avicennia alba*. Pada daerah kawasan mangrove Gunung Anyar memiliki substrat liat sedangkan pada daerah Kedawang memiliki substrat pasir. Tekstur tanah liat yang lebih banyak mempunyai kemampuan menyerap lebih besar dalam mengikat logam berat Pb. Menurut Hutabarat dan Evans (2006), menyatakan bahwa kandungan logam berat dalam sedimen berkaitan dengan ukuran butiran sedimen yang memiliki ukuran partikel lebih halus memiliki kandungan logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen kasar.

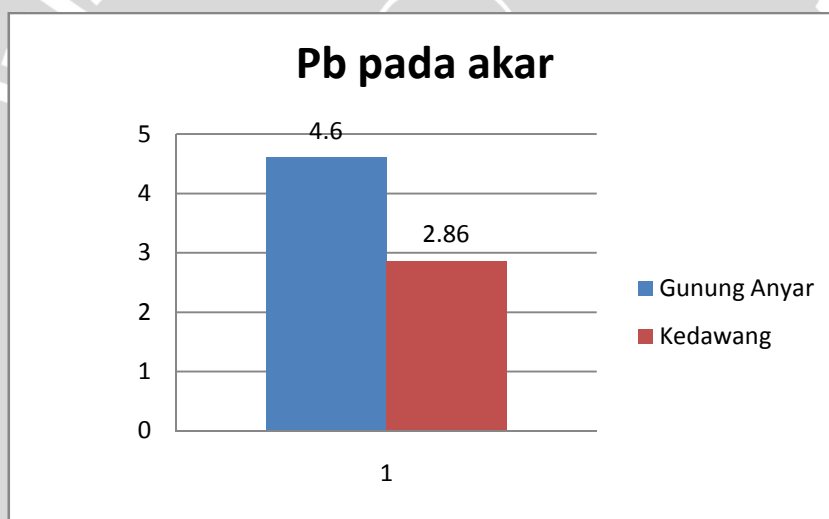
Ukuran substrat yang memiliki partikel lebih kecil memungkinkan pada kawasan mangrove Gunung Anyar dapat menyerap timbal lebih banyak. Korzeniewski dan Neugabieuer dalam Amin (2002), berpendapat bahwa kandungan logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen, dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir.

4.3.3 Hasil Analisis Timbal (Pb) pada Mangrove *Avicennia alba*

Avicennia alba diambil secara acak kemudian dijadikan satu. Bagian dari *Avicennia alba* yang diambil yaitu akar nafas dan batang. Sampel yang didapat dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA.

Akar *Avicennia alba* diambil pada bagian akar nafas (*pneumatophore*) yang kemudian dianalisis kandungan timbalnya pada bagian ujung dan pangkalnya. Sampel akar yang didapat kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil analisa kandungan Pb pada akar di kedua lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Kadar Pb pada akar di Gunung Anyar, dan di Kedawang

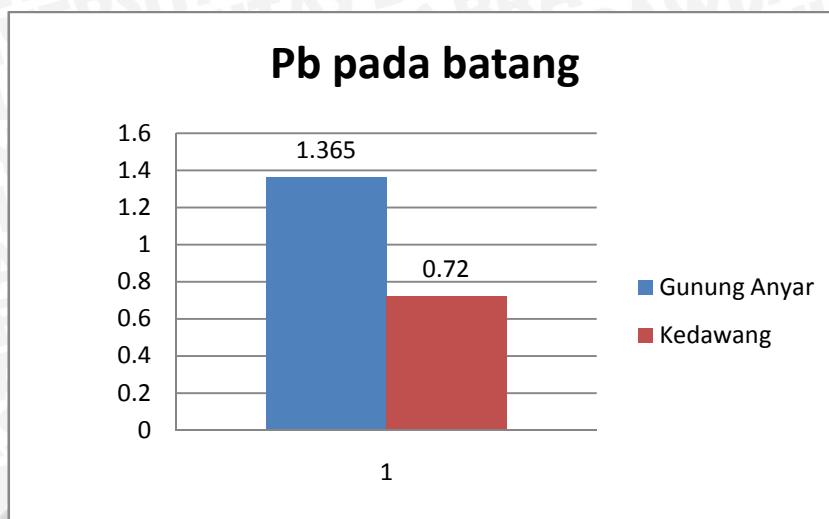
Berdasarkan Gambar 8. pada lokasi penelitian Gunung Anyar memiliki kandungan Pb pada akar sebesar 4,6 ppm dan pada lokasi penelitian Kedawang memiliki kandungan Pb pada akar sebesar 2,86 ppm. Setelah didapatkan reratan, selanjutnya dilakukan Uji T. Hasilnya yaitu $t_{hitung} (2,92) > t_{tabel} (1,32)$, berarti menolak H_0 (terima H_1) dengan kesimpulan Kawasan Mangrove G. Anyar memiliki kandungan logam berat Pb pada akar lebih banyak dibandingkan dengan Kawasan Mangrove Kedawang. Pada Kawasan Mangrove Gunung

Anyar memiliki kandungan Pb lebih tinggi dibandingkan dengan Kawasan Mangrove disebabkan oleh pencemaran yang terjadi di kawasan mangrove Gunung Anyar lebih besar dibandingkan dengan Kedawang, Pasuruan, karena pada aliran sungai di kawasan mangrove Gunung Anyar terkena oleh limbah buangan dari pabrik kertas PT. Surabaya Agung Tbk. Perhitungan Uji T dapat dilihat pada **Lampiran 8**.

Akar merupakan organ yang kontak secara langsung dengan lingkungannya, oleh karena itu akar merupakan suatu struktur dan berfungsi mengatur pengambilan dan transpor ion. Akar merupakan *barrier* utama terhadap pergerakan larutan ke dalam tumbuhan dan sebagai hasilnya konsentrasi ion yang diantarkan ke tunas sangat berbeda dari konsentrasi ion pada medium eksternal (Nugroho *et al.*, 2006). Hal ini diduga menjadi penyebab kandungan Pb paling banyak berada pada akar. Pb yang diserap oleh akar diakumulasi pada semua bagian akar yang kemudian ditranspor ke bagian tumbuhan lainnya melalui jaringan akar seperti halnya nutrisi yang dibutuhkan oleh tumbuhan.

Batang *Avicennia alba* diambil adalah batang cabang pertama dari pohon dan memiliki diameter kira-kira 5-15 cm. Panjang batang berkisar antara 10-30 cm. Sampel batang yang didapat kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil analisa kandungan Pb pada batang di kedua lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 9. Kadar Pb pada batang di Gunung Anyar, dan di Kedawang

Berdasarkan Gambar 9. pada lokasi penelitian Gunung Anyar memiliki kandungan Pb pada batang sebesar 1,365 ppm dan pada lokasi penelitian Kedawang memiliki kandungan Pb pada batang sebesar 0,72 ppm. Setelah didapatkan reratan, selanjutnya dilakukan Uji T. Hasilnya yaitu t hitung (2,92) > t tabel (2,03), berarti menolak H_0 (terima H_1) dengan kesimpulan Kawasan Mangrove G. Anyar memiliki kandungan logam berat Pb pada batang lebih banyak dibandingkan dengan Kawasan Mangrove Kedawang. Pada Kawasan Mangrove Gunung Anyar memiliki kandungan Pb pada batang lebih tinggi dibandingkan dengan Kawasan Mangrove disebabkan oleh pencemaran yang terjadi di kawasan mangrove Gunung Anyar lebih besar dibandingkan dengan Kedawang, Pasuruan, karena pada aliran sungai di kawasan mangrove Gunung Anyar terkena oleh limbah buangan dari industry pabrik kertas PT. Surabaya Agung Tbk. Perhitungan Uji T dapat dilihat pada **Lampiran 9**.

Batang pada *Avicennia alba* juga merupakan salah satu bagian tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam berat Pb, Arisandy (2011) berpendapat bahwa *A. alba* mempunyai sistem adaptasi fisiologi dalam mengakumulasi logam berat.

Menurut penelitian Wibowo., *et al* (2009), menjelaskan bahwa tanaman *A. marina* memiliki kandungan protein yang cukup banyak, terutama pada batang dan daun yaitu sebesar 5,09 % dan 10,85 %. Adanya protein dalam tanaman tersebut memungkinkan logam berat Pb terikat pada protein yang ada dalam tanaman, sehingga dapat mengakibatkan perubahan struktur protein.

Kandungan logam berat Pb pada *Avicennia alba* lebih tinggi pada bagian akar dibandingkan dengan bagian batang, hal ini diduga karena akar dapat menjadi penyaring dalam penyerapan logam berat. Hal ini diperkuat dengan pendapat Baker (1981) dalam MacFarlane *et al.*, (2003) menyatakan bahwa *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang sangat ketat dalam menyerap logam Pb bahkan sampai tidak menyerap sama sekali. Berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin.

Menurut Priyanto dan Prayitno (2009), logam berat Pb yang diserap oleh akar akan ditranslokasikan ke bagian tumbuhan lainnya. Sedangkan pada akar memiliki nilai yang tinggi karena akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar, kemudian ditranslokasikan ke bagian lain.

Tanaman yang tumbuh pada daerah yang tercemar logam berat dapat mengakumulasi logam berat tersebut. Dalam menghadapi cekaman logam berat pada lingkungannya, jaringan *A. marina* membentuk suatu zat Kelat yang disebut Fitokelatin. Fitokelatin adalah suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin.

4.4 *Bioconcentration Factor (BCF) dan Translocation Factor (TF)*

Berdasarkan data pengukuran konsentrasi logam berat Timbal (Pb) pada sedimen, akar dan batang dapat dihitung nilai Bioconcentration Factor (BCF) dan Translocation Factor (TF). Nilai BCF dan TF dapat digunakan untuk mengetahui nilai fitoremediasi (FTD) tanaman *A. alba*, sehingga dapat dijadikan dasar suatu tanaman sebagai fitoremediasi perairan.

Nilai BCF diukur dari perbandingan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) pada akar dengan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) pada sedimen. Nilai TF diperoleh dari perbandingan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) pada batang dan akar. Nilai FTD diperoleh dari selisih antara nilai BCF dan TF. Nilai BCF dan TF *A. alba* setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Bioconcentration Factor (BCF), Translocation Factor (TF) dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat Timbal (Pb)*

Bioakumulator	Lokasi					
	Gunung Anyar			Kedawang		
	1	2	3	1	2	3
BCF	0,5	0,3	0,4	1,3	0,9	1
TF	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
FTD	0,2	0	0,1	1,1	0,6	0,7

Berdasarkan Tabel 2. nilai *Bioconcentration Factor* (BCF; perbandingan kandungan logam berat dalam akar dengan sedimen) dan *Translocation Factor* (TF; perbandingan logam berat dalam batang dan akar) diketahui nilai BCF lebih tinggi pada daerah penelitian Kedawang, karena kadar sedimen pada daerah Kedawang lebih kecil daripada di kawasan mangrove Gunung Anyar. Nilai BCF di daerah kawasan Mangrove Gunung Anyar berkisar antara 0,3-0,5 dan di daerah Kedawang berkisar antara 0,9-1,3. Daerah Gunung Anyar mempunyai BCF paling tinggi pada stasiun 1 yaitu 0,5 dan BCF paling rendah ada pada stasiun 2 yaitu 0,3. Daerah Kedawang mempunyai BCF paling tinggi pada

stasiun 1 yaitu 1,3 dan BCF paling rendah ada pada stasiun 2 yaitu 0,9. Nilai BCF lebih tinggi pada lokasi penelitian di Kedawang diduga karena kandungan Pb dalam sedimen yang terdapat pada lokasi tersebut lebih kecil. Seperti yang dijelaskan oleh Haslam dan Setiawan (1995), bahwa tingginya nilai BCF akar untuk semua logam didukung oleh tingginya konsentrasi semua logam pada akar dan rendah pada sedimen sehingga menghasilkan nilai BCF akar yang tinggi.

Nilai *Translocation Factor* (TF) pada kawasan mangrove Gunung Anyar sama yaitu 0,3 dan daerah Kedawang berkisar antara 0,2-0,3. Daerah Gunung Anyar mempunyai TF sama pada stasiun 1, 2 dan 3 yaitu 0,3. Daerah Kedawang mempunyai TF paling tinggi pada stasiun 2 dan 3 yaitu 0,3 dan TF paling rendah ada pada stasiun 1 yaitu 0,2. Nilai TF yang rendah menunjukkan bahwa logam berat Pb tersebut tidak ditranslokasikan ke batang tetapi terakumulasi dalam akar, seperti yang dikatakan oleh Yoon *et al.*, (2006) bahwa terkadang akar juga mempunyai sistem penghentian transpor logam menuju daun terutama logam non esensial, sehingga ada penumpukkan logam di akar. Selain itu, Tam *et al.*, (1999) juga menambahkan bagian mangrove yang paling penting untuk mencegah masuknya pencemar logam berat ke dalam bagian-bagian penting mangrove adalah akar.

Bila TF pada logam berat itu tinggi menunjukkan bahwa logam berat tersebut banyak ditranslokasikan ke bagian tumbuhan lainnya. Menurut Arisandy (2011), nilai TF yang tinggi menunjukkan bahwa logam berat timbal (Pb) yang diakumulasi akar akan ditranslokasikan ke bagian daun. Tingginya nilai TF logam berat non esensial (Pb) menunjukkan bahwa logam berat tersebut tidak dibutuhkan oleh *A. marina* untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan.

Nilai Fitoremediasi (FTD) pada lokasi penelitian kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 0-0,2. Nilai Fitoremediasi pada daerah Kedawang berkisar antara 0,6-1,1. Menurut Arisandy (2011), akar *A. alba* memiliki kemampuan untuk

menyaring garam dan logam berat, hal ini ditunjukkan dengan struktur akar *A. Alba* yang terdapat saringan/ultra filter yang mengurangi masuknya garam dan logam berat pada akarnya. Fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara nilai BCF dan TF. FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah (Yoon *et al.*, 2006). Hasil FTD di setiap stasiun dikedua lokasi menunjukkan bahwa nilai BCF lebih besar daripada TF yang menunjukkan bahwa mangrove *Avicennia alba* ini termasuk tumbuhan yang bisa dijadikan sebagai fitoremediasi bagi lingkungannya.

Fitoremediasi bisa digunakan untuk mengurangi pergerakan polutan didalam tanah/sedimen. Proses ini menggunakan kemampuan akar tanaman (mangrove) untuk mengubah kondisi lingkungan tercemar berat menjadi sedang bahkan ringan. Mangrove bisa menghentikan atau mengurangi proses penyerapan dan akumulasi logam berat melalui akar. Proses ini akan mengurangi pergerakan logam dan mengencerkannya serta mengurangi logam masuk kedalam system rantai makanan di daerah estuari (Sudarmadji., 2006).

4.5 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diuji adalah parameter yang mendukung kehidupan mangrove *Avicennia alba*. Kualitas air yang diuji meliputi parameter fisika yaitu suhu dan parameter kimia yaitu salinitas, pH, DO. Nilai Parameter Kualitas Air setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Kualitas Air

NO	Parameter	Satuan	GunungAnyar			Kedawang		
			Stasiun			Stasiun		
			1	2	3	1	2	3
1	pH Air	-	6,76	6,71	6,72	7,76	6,95	6,85
2	Suhu	°C	32,6	25	26,1	32,4	32,3	33,2
3	DO	mg/l	5,23	3,3	2,1	1,8	0,8	1,85
4	Salinitas	ppt	12,3	10	1	26	26	16

4.5.1 Suhu

Menurut Barus (1996), dalam setiap penelitian ekosistem akuatik, pengukuran suhu air merupakan hal yang mutlak dilakukan. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai jenis gas di air serta semua aktivitas biologis di dalam ekosistem akuatik sangat dipengaruhi oleh suhu. Pola suhu ekosistem akuatik dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti intensitas cahaya matahari, pertukaran panas antara air dengan udara sekelilingnya dan juga oleh faktor kanopi (penutupan oleh vegetasi) dari pepohonan yang tumbuh di tepi. Nilai hasil pengamatan suhu pada kedua lokasi terdapat pada Tabel 3.

Suhu hasil pengukuran di kedua lokasi penelitian yaitu pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 25-32,6 °C dan pada Kedawang berkisar antara 32,3-33,2 °C. Suhu tertinggi berada di stasiun 3 pada lokasi penelitian Kedawang dan suhu terendah berada di stasiun 2 pada kawasan mangrove Gunung Anyar. Perbedaan suhu tersebut juga dipengaruhi oleh faktor cuaca pada saat pengukuran sampel. Saat pengukuran sampel di kawasan mangrove Gunung Anyar suhu mulai menurun di stasiun 2 karena pada saat pengukuran dalam keadaan hujan, sedangkan saat pengambilan sampel di Kedawang pada kondisi cerah. Nilai suhu berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut didaerah mangrove masih berada di antara baku mutu (Keputusan Kementerian LH No. 51 tahun 2004) yaitu berkisar antara 28-32°C.

Adanya sinar matahari yang tidak tertutup awan dan intensitas cahaya matahari akan mempengaruhi besarnya suhu pada perairan. Menurut Haslam (1995) berpendapat bahwa suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman dari badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi di badan air. Peningkatan suhu mengakibatkan

peningkatan viskositas, reaksi kimia dan evaporasi. Kenaikan suhu di atas kisaran toleransi organisme dapat meningkatkan laju metabolisme, seperti pertumbuhan, reproduksi dan aktifitas organisme. Kenaikan laju metabolisme dan aktifitas ini berbeda untuk spesies, proses dan level atau kisaran suhu.

4.5.2 pH Air

Pengukuran pH air dapat dilakukan dengan cara kalorimeter, dengan kertas pH, dan dengan pH meter. Menurut Haslam (1995), nilai pH air yang normal adalah netral, yaitu antara 6 sampai 8, sedangkan pH air yang tercemar, misalnya oleh limbah cair berbeda-beda nilainya tergantung jenis limbahnya dan pengolahannya sebelum dibuang. Nilai hasil pengamatan pH pada kedua lokasi terdapat pada Tabel 3.

Nilai pH hasil pengukuran di kedua lokasi penelitian yaitu pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 6,71-6,76 dan pada Kedawang berkisar antara 6,85-7,76. pH tertinggi berada di stasiun 1 pada lokasi penelitian Kedawang dan pH terendah berada di stasiun 2 pada kawasan mangrove Gunung Anyar. Nilai pH berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut di daerah mangrove masih berada di antara baku mutu (Keputusan Kementerian LH No. 51 tahun 2004) yaitu berkisar antara 7-8,5.

Nilai pH selama pengamatan yang demikian masih bisa ditolerir oleh mangrove. Menurut Barus (2001), organisme akuatik dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai pH netral dengan kisaran toleransi antara asam lemah sampai basa lemah. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik pada umumnya umumnya 6-8,5. Kondisi perairan yang bersifat asam maupun basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan gangguan metabolisme dan respirasi. Disamping itu pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam berat yang

bersifat toksik semakin tinggi yang tentunya akan mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik.

4.5.3 Salinitas

Menurut Kurniawan *et al.* (2006), salinitas merupakan jumlah dari seluruh garam-garaman dalam gram pada setiap kilogram air laut. Secara praktis susah untuk mengukur salinitas di laut, maka penentuan harga salinitas dilakukan dengan meninjau komponen yang terpenting saja yaitu klorida (Cl). Kandungan klorida ditentukan tahun 1902 sebagai jumlah dalam gram ion klorida pada satu kilogram air laut. Nilai hasil pengamatan pH pada kedua lokasi terdapat pada Tabel 3.

Nilai salinitas hasil pengukuran di kedua lokasi penelitian yaitu pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 1-12,3 ppm dan pada Kedawang berkisar antara 16-26 ppm. Salinitas tertinggi berada di stasiun 1 dan 2 pada lokasi penelitian Kedawang dan salinitas terendah berada di stasiun 1 pada kawasan mangrove Gunung Anyar. Nilai salinitas tinggi pada lokasi penelitian Kedawang tinggi dikarenakan pada saat pengukuran sampel berada di sepanjang pantai yang tidak terkena pengaruh dari air tawar, sedangkan pada kawasan mangrove Gunung Anyar salinitas air semakin menurun karena pengambilan sampel berada di sepanjang muara sungai dan pada stasiun 3 sampel air sudah tidak terkena pengaruh air laut. Salinitas di laut sangat dipengaruhi oleh penguapan, curah hujan dan adanya masukan air tawar dari sungai.

Faktor lingkungan yang tak kalah penting antara lain salinitas yang nilainya berfluktuasi kepada masukan air dari sungai-sungai, juga bergantung pada genangan pasang surut dan intensitas penguapan yang terjadi di laut. Kebanyakan organisme intertidal menunjukkan toleransi yang terbatas terhadap turunnya salinitas sehingga penurunan salinitas yang melewati batas toleransi

akan menyebabkan kematian. Mangrove biasanya ada dan tumbuh di estuary yang mempunyai kisaran salinitas air antara 10-30 ppt (Ali, 2012).

4.5.4 DO

Oksigen merupakan salah satu faktor terpenting dalam setiap sistem perairan yang diperlukan organisme untuk melakukan respirasi. Sumber utama oksigen terlarut berasal dari atmosfer dan proses fotosintesis dari tumbuhan air lainnya. Oksigen dari udara diserap dengan difusi langsung ke permukaan air oleh angin dan arus. Kelarutan oksigen dalam air akan meningkat apabila temperature air menurun dan begitu juga sebaliknya (Michael, 1994). Nilai hasil pengamatan pH pada kedua lokasi terdapat pada Tabel 3.

Nilai DO hasil pengukuran di kedua lokasi penelitian yaitu pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 2,1-5,23 mg/l dan pada Kedawang berkisar antara 0,8-1,85 mg/l . DO tertinggi berada di stasiun 1 pada lokasi penelitian kawasan mangrove Gunung Anyar yaitu 5,23 mg/l dan DO terendah berada di stasiun 2 pada lokasi penelitian Kedawang yaitu 0,8 mg/l .

Oksigen terlarut sangat dibutuhkan dalam proses respirasi dan fotosintesis, dan proses dekomposisi serasah daun mangrove (Ali, 2012). Oksigen merupakan salah satu gas yang ditemukan terlarut dalam perairan, kadarnya tergantung dari suhu, salinitas, turbulensi air, aktivitas fotosintesis dan respirasi, adanya limbah, serta tekanan atmosfer (Effendi, 2003).

4.6 Parameter Kualitas Sedimen

Kualitas sedimen yang diuji meliputi parameter fisika yaitu tekstur dan parameter kimia yaitu pH, total N dan total P.

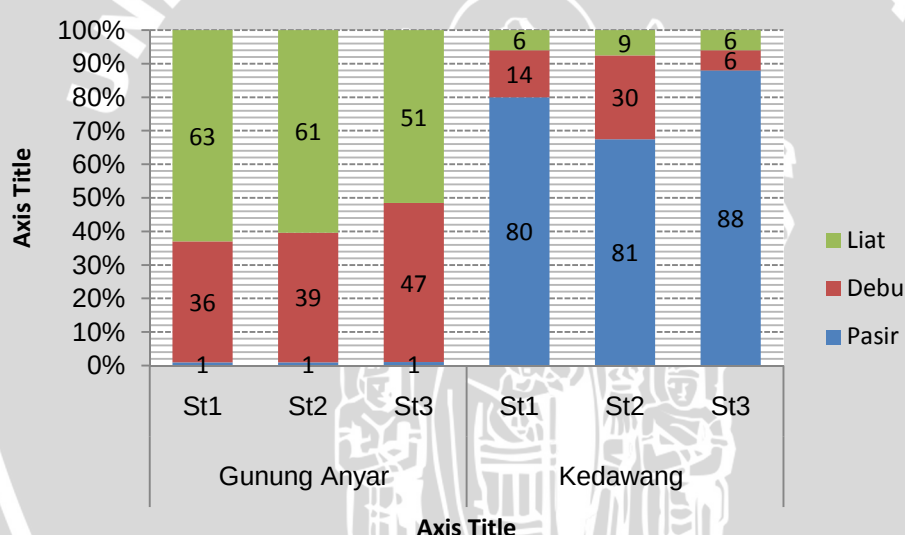
4.6.1 Tekstur/Sedimen

Pengambilan data kualitas sedimen dilakukan di 2 lokasi dengan masing-masing lokasi diambil di 3 stasiun yaitu 3 stasiun di kawasan mangrove Gunung

Anyar, kota Surabaya dan 3 stasiun di Kedawang, Pasuruan. Hasil analisa tekstur yang diambil pada kedua lokasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5. Dan Gambar 10.

Tabel 4. Hasil Analisa Tekstur

Lokasi	Stasiun	Pasir	Debu	Liat	Klas Tekstur
		%			
Gunung Anyar	1	1	36	63	Liat
	2	1	39	61	Liat
	3	1	47	51	Liat berdebu
Kedawang	1	80	14	6	Pasir berlempung
	2	61	30	9	Lempung berpasir
	3	88	6	6	Pasir berlempung



Gambar 10. Analisa Tekstur

Berdasarkan hasil pengukuran tekstur tanah di kedua lokasi pengamatan pada Tabel 4 dan Gambar 10. menunjukkan bahwa tekstur yang berada di kawasan mangrove Gunung Anyar berbeda dengan di Kedawang. Komposisi sedimen dilakukan dengan mengidentifikasi fraksi-fraksi pembentuknya yaitu liat, debu dan pasir. Berdasarkan hasil analisa, komposisi sedimen yang berada di kawasan mangrove Gunung anyar didominasi oleh liat, stasiun 1 (Pasir 1%, Debu 36%, Liat 63%), stasiun 2 (Pasir 1%, Debu 39%, Liat 61%), stasiun 3 (Pasir

1%, Debu 47%, Liat 51%), sedangkan di lokasi Kedawang didominasi oleh pasir, stasiun 1 (Pasir 80%, Debu 14%, Liat 6%), stasiun 2 (Pasir 61%, Debu 30%, Liat 9%, stasiun 3 (Pasir 88%, Debu 6%, Liat 6%). Hal ini dikarenakan pengambilan sampel tanah di kawasan mangrove Gunung Anyar berada di sepanjang muara sungai sehingga banyak terdapat endapan lumpur sebagai media pertumbuhan bagi mangrove. Sedangkan, pengambilan sampel tanah di Kedawang di sepanjang pantai yang tidak terdapat muara sungai, sehingga tanahnya berpasir.

Tanah bertekstur liat mempunyai kemampuan mengikat logam berat lebih tinggi dibandingkan tanah yang bertekstur pasir. Ditinjau dari tekstur tanah, tanah bertekstur liat mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga mampu menahan air dan menyediakan unsur hara yang tinggi. Menurut Wilson (1988) dalam Arisandy (2001), bahwa logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen, dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen. Materi organik dalam sedimen dan kapasitas penyerapan logam sangat berhubungan dengan ukuran partikel dan luas permukaan penyerapan, sehingga konsentrasi logam dalam sedimen biasanya dipengaruhi ukuran partikel dalam sedimen.

Substrat yang berlumpur merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mangrove. Menurut Soenardjo (1999) ekosistem mangrove dapat berkembang dengan baik di daerah pantai berlumpur dengan air yang tenang dan terlindung dari pengaruh ombak yang besar serta eksistensinya tergantung pada adanya aliran air tawar dan air laut.

4.6.2 Total N dan P Sedimen

Pengambilan data kualitas sedimen dilakukan di 2 lokasi dengan masing-masing lokasi diambil di 3 stasiun yaitu 3 stasiun di kawasan mangrove Gunung Anyar, kota Surabaya dan 3 stasiun di Kedawang, Pasuruan. Hasil analisa total

N dan P pada sedimen yang diambil pada kedua lokasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Total N dan Total P

Parameter	Satuan	Gunung Anyar			Kedawang		
		Stasiun			Stasiun		
		1	2	3	1	2	3
Total N	Mg/kg	1,3	1,3	2	1,1	0,9	1,4
Total P	Mg/kg	11,88	19,67	18,40	40,70	38,26	42,45

Nilai total N pada sedimen hasil pengukuran di kedua lokasi penelitian yaitu pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 1,3 - 2 mg kg⁻¹ dan pada Kedawang berkisar antara 0,9-1,4 mg kg⁻¹. Total N tertinggi berada di stasiun 3 pada lokasi penelitian kawasan mangrove Gunung Anyar dan total N terendah berada di stasiun 2 pada lokasi penelitian Kedawang.

Nilai total P pada sedimen hasil pengukuran di kedua lokasi penelitian yaitu pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 11,88 - 18,40 mg kg⁻¹ dan pada Kedawang berkisar antara 38,26-42,45 mg kg⁻¹. Total P tertinggi berada di stasiun 3 pada lokasi penelitian Kedawang dan total P terendah berada di stasiun 1 pada lokasi penelitian kawasan mangrove Gunung Anyar.

Hasil analisis menunjukkan bahwa total P pada sedimen lebih tinggi daripada total N, hal tersebut menunjukkan bahwa lingkungan tersebut sudah tercemar karena mendapat masukan bahan organik atau limbah yang tinggi. Menurut Hendrawati (2012), konsentrasi fosfat besar dapat terjadi karena suatu proses ekresi oleh ikan dalam bentuk feses atau limbah, sehingga fosfor dalam bentuk ini dapat mengendap di dasar perairan dan terakumulasi di sedimen. Keberadaan fosfat yang tinggi disebabkan oleh masuknya limbah domestik, pertanian, industri dan perikanan yang mengandung fosfat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Kadar Pb pada air di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 0,325 ppm dan pada lokasi Kedawang sebesar 0,145 ppm. Kadar Pb air di kedua lokasi menunjukkan bahwa kadar tersebut sudah melebihi ambang batas yang diperbolehkan.
2. Kadar Pb pada sedimen di kawasan mangrove Gunung Anyar sebesar 12,015 ppm dan pada lokasi Kedawang sebesar 2,91 ppm. Kadar Pb pada sedimen di kedua lokasi menunjukkan bahwa kadar tersebut masih berada di bawah ambang batas yang diperbolehkan.
3. Kadar Pb di lokasi kawasan mangrove Gunung Anyar pada akar *Avicennia alba* sebesar 4,6 ppm, Sedangkan di lokasi Kedawang pada akar *Avicennia alba* sebesar 2,86 ppm.
4. Kadar Pb di lokasi kawasan mangrove Gunung Anyar pada batang *Avicennia alba* sebesar 1,365 ppm. Sedangkan di lokasi Kedawang pada batang *Avicennia alba* sebesar 0,72 ppm,
5. Nilai BCF di daerah kawasan Mangrove Gunung Anyar berkisar antara 0,3-0,5 dan di daerah Kedawang berkisar antara 0,9-1,3. Nilai *Translocation Factor* (TF) pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar yaitu 0,3 dan daerah Kedawang berkisar antara 0,2-0,3. Nilai *Fitoremediasi* (FTD) pada lokasi penelitian kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara 0-0,2, sedangkan nilai *Fitoremediasi* pada daerah

Kedawang berkisar antara 0,6-1,1. Berdasarkan nilai BCF, TF dan FTD mangrove *Avicennia alba* dapat dijadikan fitoremediasi karena dapat beradaptasi terhadap logam berat.

6. Hasil analisa kualitas air pada kawasan mangrove Gunung Anyar berkisar antara suhu 25-32,6°C, pH air 6,71-6,76, salinitas 1-12,3 dan DO 2,1-5,23 mg/l, sedangkan pada daerah Kedawang berkisar antara suhu 32,3-33,2 °C, pH air 6,85-7,76, salinitas 16-26 dan DO 0,8-1,85 mg/l.
7. Hasil analisa kualitas sedimen pada kawasan mangrove Gunung Anyar yaitu tekstur didominasi oleh liat, total N 0,13 – 0,2 mg kg⁻¹ dan total P 11,88 - 18,40 mg kg⁻¹, sedangkan pada daerah Kedawang yaitu tekstur didominasi oleh pasir, total N 0,9 - 1,4 mg kg⁻¹ dan total P 29,69 - 40,70 mg kg⁻¹.
8. Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan dapat dijadikan bioakumulasi logam berat Timbal (Pb).

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan ialah diperlukan pengelolaan dan konservasi hutan mangrove secara berkelanjutan pada kawasan mangrove Gunung Anyar dan kawasan mangrove daerah Kedawang, karena hutan mangrove tersebut dapat menjadi fitoremediasi untuk mengurangi logam berat yang mencemari lingkungan, serta perlu adanya penanaman kembali pohon mangrove di kedua lokasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Hendra. 2009. Kondisi Mangrove Pantai Timur Surabaya dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 Edisi Khusus. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Ali, Munawar dan Rina. 2012. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb). Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.2 No. 2
- Amin, B. 2002. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu Pada Mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Pantai Dumai, Riau. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.
- Ana P.G.C, Marques, António O. S. S. Rangel, and Paula M. L. Castro. 2009. Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils: Phytoremediation as a Potentially Promising Clean-Up Technology. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39:622–654, 2009. Copyright © Taylor & Francis Group, LLC. ISSN: 1064-3389 print / 1547-6537 online. DOI: 10.1080/10643380701798272
- APHA, *Standart Methods For The Examination Of Water And Wastewater*, 21th Edition, American Public Health Association 1015 Fifteenth Street, NW Washington DC, 1989.
- Arisandy, 2001. Mangrove Jenis Api-api (*Avicennia marina*) Alternatif Pengendalian Logam Berat Pesisir. URL: <http://www.terranet.com/>. Diakses pada tanggal 2 Desember 2012
- Arisandy, Kiki Riski; Herawati, Endang Yuli; Suprayitno, Eddy. 2011. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi Pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. Thesis. Tidak dipublikasikan. Faculty of Fisheries and Marine Science, University of Brawijaya, Malang
- Barus Sudirman. 1996. Vegetasi Mangrove di Pulau Sempu Desa Tambakrejo Kecamatan Sumbermanjing Kabupaten Malang, Jawa Timur. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- _____. 2001. Vegetasi Mangrove di Pulau Sempu Desa Tambakrejo Kecamatan Sumbermanjing Kabupaten Malang, Jawa Timur. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- _____. 2004. Pedoman teknis: Pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove. PKSPL-IPB. Bogor.
- Basta. Denney, R. C., Bolan Jeffery, G. H dan Mendham, J. 2005. Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik (Edisi keempat). Terjemahan Handiyana Pudjaatmaka. Jakarta: EGC

- Bengen. D. G. dan I. M. Dutton 2000. Interaction: mangroves, fisheries and forestry management in Indonesia. H. 632-653. Dalam Northcote. T. G. dan Hartman (Ed), Worldwide watershed interaction and management. Blackwell science.. Oxford. UK
- Cahyani, S. 2012. Pengaruh Pencemaran Limbah Industri Terhadap Potensi Sumberdaya Laut. Makalah Pada Seminar Teknologi Pengolahan Limbah Industri Dan Pencemaran Laut. Agustus 1998. SPPT Jakarta.
- Comell, W.D. dan G.J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran, Penerbit Universitas Indonesia, 1995, 520 hal.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI-Press. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan. Kanisius. Yogyakarta
- Evan, N.E. dan Hutabarat. 2006. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, dan Pb dalam Air Laut, Sedimen dan Tiram (*Carassostrea cucullatta*) di Perairan Pesisir Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Thesis. Pasca Sarjana. IPB. Bogor. 62 pp.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta
- Fitriana, N.E. 2006. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, dan Pb dalam Air Laut, Sedimen dan Tiram (*Carassostrea cucullatta*) di Perairan Pesisir Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Thesis. Pasca Sarjana. IPB. Bogor. 62 pp.
- Gaspersz, V. 1991. Metode Perancangan Percobaan. CV. Amico, Bandung
- Google earth. 2013. Surabaya. Diakses dari <http://google.com/surabaya/>. Pada tanggal 19 Agustus 2013.
- _____. 2013. Pasuruan. Diakses dari <http://google.com/pasuruan/>. Pada tanggal 19 Agustus 2013.
- Google image. 2013. Avicennia alba. Diakses dari <http://3.bp.blogspot.com/Avicennia-alba-1.jpg/>. Pada tanggal 21 Agustus 2013.
- Handayani, Titin. 2006. Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 7 No. 3 Hal. 266-270 Jakarta, September, 2006 ISSN 1441-318x
- Hamzah, Faisal dan Setiawan, Agus. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 2, No. 2, Hal. 41-52, Desember 2010. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia dan Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB.

Haslam, Faisal dan Setiawan, Agus. 1995. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 2, No. 2, Hal.41-52, Desember 2010. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia dan Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB.

Hendrawati, I., 2012. Analisis Data Penelitian Dengan Statistik. PT. Bumi Aksara, Jakarta.

Hiralal, T. 2008. Responses Of *Avicennia Marina* (Forssk.) Vierh. To Contamination By Selected Heavy Metals. School of Biological & Conservation Sciences University of KwaZulu-Natal (Westville). 142 pp

IADC/CEDA. 1997. Convention, Codes, and Conditions: Marine Disposal. Environmental Aspects of Dredging 2a.71 hal.

Kamaruzzaman, B. Y., M. Z. Rina Sharlinda, B. Akbar John & A. Siti Waznah. 2011. Accumulation and Distribution of Lead and Copper in *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* from Balok Mangrove Forest, Pahang, Malaysia. Sains Malaysiana 40(6)(2011): 555–560.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor .51. 2004. Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara, Jakarta, 2004.

Kurniawan., C. Anwar, A. Chaniogo dan S. Baba. 2006. **Buku Panduan Mangrove di Indonesia. Bali dan Lombok.** Proyek Pengembangan Manajemen Mangrove Berkelanjutan. Departemen Kehutanan Republik Indonesia dan Japan International Cooperation Agency. Jakarta. 119 hlm.

Kusmana. 1997. Analisis Kadar Merkuri (Hg) dalam Udang Putih (*Penaeus merguensis*) di Pantai Utara Kawasan Kalianak Surabaya. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Surabaya; Universitas Negeri Surabaya.

Lakitan, Benyamin. 1993. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

MacFarlane, G.R., Pulkownik, and M.D., Burchett. 2003. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh: Biological indication potential. Environmental Pollution, 123: 139-151

Macnae GR, Koller CE, Blomberg SP. 1986. Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangroves: A Synthesis of Field-Based Studies. Chemosphere. 2007 Nov;69(9):1454-64. Epub 2007 Jun 8. School of Environmental and Life Sciences, University of Newcastle, Callaghan, NSW, Australia

Michael, W.B. 1994. Water Quality Assessment: A Screening Procedure for Toxic and Conventional Pollutants in Surface and Ground Water – Part 1. US EPA, Georgia

- Muchyiddin, M dan Purnomo, 2007, Karakteristik dan Fluktuasi Zat Hara Fosfat, Nitrat dan Derajat Keasaman (pH) di estuary Cisadane pada Musim yang Berbeda, Dalam : kosistem Estuari Cisadane (Editor: Ruyitno, A.Syahailatua, M. Muchtar, Pramudji, Sulistijo dan T. Susana, LIPI: 139-148.
- Mulyadi, Edi; Laksmono, Rudi; Aprianti, Dewi. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 Edisi Khusus. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Murdiyanto, B. 2003. Mengenal, Memelihara dan Melestarikan Ekosistem Bakau. Proyek Pembangunan Masyarakat Pantai dan Pengelolaan Sumberdaya Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. Hal 1-40.
- Muzaiyyinah. 2008. Terminologi Tumbuhan. UNS Press. Surakarta, Jawa Tengah.
- Nugroho, Hartanto; Purnomo; dan Sumardi, Issirep. 2006. Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia, Jakarta. Penerjemah : Eidman dkk. 459 Hal.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta
- Panjaitan, Grace Yanti. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove. Skripsi. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Pemerintah Kabupaten Pasuruan. 2012. Mangrove. <http://www.pasuruankab.go.id/kategori-potensi-5-perikanan.html>. 2 Desember 2012. Diakses pada tanggal 18 Januari 2013.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82. 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Priyanto, B., dan Prayitno J., 2009. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat.
- Praseno, K. G. D., 2010. Petunjuk Teknis Pemantauan Kualitas Air. Undayana University Press. Denpasar, 275 hal.
- Purnobasuki, H. H. 2005. Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove. Airlangga University Press. Surabaya.
- Radharyan. 2003 Pemantauan Kadar Logam Berat (Pb, Cd, dan Cr) dalam Sedimen di Muara Sungai Dadap (Teluk Jakarta), dalam Inventarisasi dan Evaluasi Potensi Laut Pesisir ii. Puslitbang Oseanologi. LIPI. Jakarta. P. 25-30.

- Rochyatun, Endang; M. Taufik Kaisupy; dan Abdul Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane. Makara, Sains, Vol. 10, NO. 1, APRIL 2006: 35-40.
- Soenardjo, A. D. 1999. Biodiversitas ekosistem mangrove di Jawa; tinjauan pesisir utara dan selatan Jawa Tengah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Biodiversitas, LPPM. Jurusan Biologi FMIPA UNS. Surakarta.
- Standar Nasional Indonesia. 2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. SNI 7387: 2009. Badan Standarisasi nasional. ICS 67.220.20.
- Subarijanti. 2005. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sudarmadji, A. H; Soedarti, Thin; dan Purnobasuki, H. 2006. Struktur Komunitas Mangrove Di Sekitar Jembatan Suramadu Sisi Surabaya. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga
- Sugiyono, Hari. 2007. Analisis Suksesi Tumbuhan di Pantai Mayangan Kota Probolinggo. Dosen Jurusan Biologi FMIPA-UNEJ.
- Sunu, J. 2001. Toksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Supriharyono. 2002. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Suwarsito, K. G. 2009. Fluktuasi Logam Berat Timbal Dan Kadmium Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta (Tanjung Priuk, Marina, Dan Sunda Kelapa). Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Bogor.
- Syah, Candra. 2011. Pertumbuhan Tanaman Bakau (*Rhizophora mucronata*) Pada Lahan Restorasi Mangrove di Hutan Lindung Angke Kapuk Provinsi DKI Jakarta. Thesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Tam, N F Y. 1999. Normalisation And Heavy Metal Contamination In Mangrove Sediment. The Science of The Total Environment Vol 216 : 33-39.
- Wibowo, Y.A. 2009. Ancaman Dan Pengendalian Pencemaran Logam Berat Di Kawasan Estuaria. Program Studi Oseanografi Universitas Hang Tuah Surabaya
- Yoon, J., Xinde, C., Qixing, Z., and Ma L. Q., 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. Science of the Total Environment, pp. 456-464.
- Zaman, E.D. Dan Syafrudin. 2007. Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Api-api (*Avicennia marina*) Terhadap Resorpsi Embrio, Berat Badan dan Panjang

Badan Janin Mencit (Mus Musculus). Fakultas Kedokteran Hewan
Universitas Airlangga. Vol. 1 – No. 1 / January-2007

Zipcodezoo. 2013. Avicennia alba. Diakses dari
http://zipcodezoo.com/plants/a/avicennia_alba/. Pada tanggal 13 Agustus
2013.

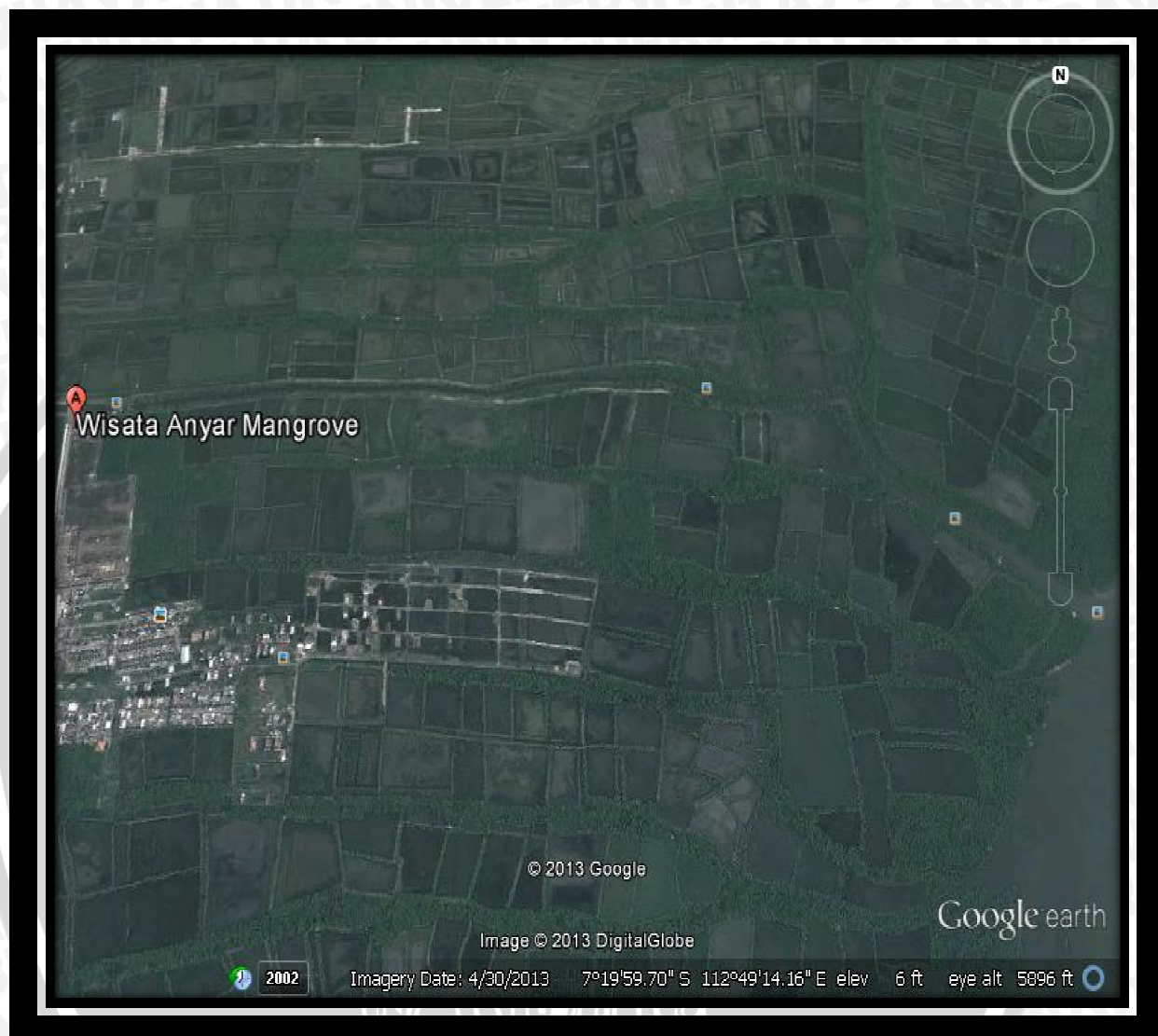


LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan bahan yang digunakan

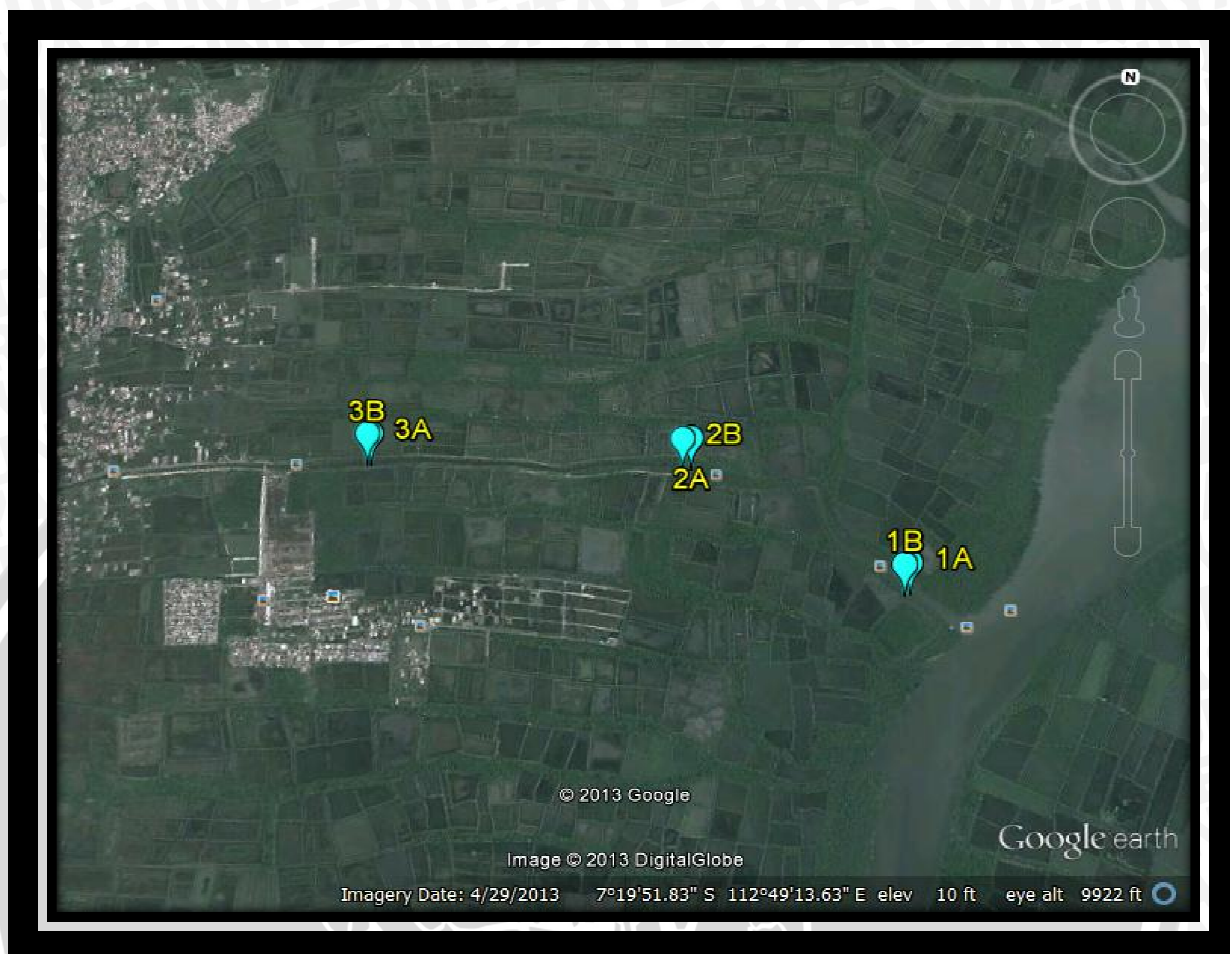
No	Parameter	Alat	Bahan
1.	Suhu	Termometer Hg	Air Sampel
2.	Salinitas	Salinometer	Air sampel
3.	pH air	pH meter	Air sampel
4.	DO	DO meter	Air sampel
5.	Tekstur	- Paralon - Kantong plastic - Kertas label - Hidrometer - Cawan petris - Selinder sedimentasi 1000 ml - saringan thermometer - Timbangan	- Sedimen - Air - Larutan calgon - Aquades
6.	Total N	- Cetok - Timbangan analitik - Erlenmeyer - Kertas saring - Oven - Pinggan aluminium - Penjepit - Spektrofotometer	- Sedimen - Larutan KCl 2M - Larutan KNO₃ - Air destilasi - Larutan HCl 1M
7.	Total P	- Cetok - Botol polyethylene - Tabung reaksi - Pipet tetes - Spektrofotometer	- Sedimen - Perekasi Olsen - Larutan Standar 10 ppm - pereaksi fosfat pekat - pereaksi campuran fosfat - asam ascorbic - amonium molybdat - karbon aktif stok SnCl₂
8.	Akumulasi Pb	- Oven - Furnace (tanur) - Timbangan analitik - Wadah sampel - Labu takar - Gelas beaker - Cawan porselen - Hot plate - Kertas saring - Erlenmeyer - Spektrofotometer serapan atom (AAS)	- Mangrove <i>Avicennia alba</i> (akar dan batang) - Air Sampel - Sedimen - Larutan HNO₃ 65% - Larutan HClO₄ - Larutan HCl - Aquadest

Lampiran 2. Lokasi Penelitian di Kawasan Mangrove Desa Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur.



Google earth (2013)

Lampiran 3. Lanjutan



Google earth (2013)

Stasiun 1a : 7°20'02.39"LS 112°49'42.76"BT

Stasiun 2a : 7°19'49.88"LS 112°49'20.28"BT

Stasiun 2b : 7°19'49.06"LS 112°49'20.94"BT

Stasiun 3a : 7°19'52.07"LS 112°48'42.29"BT

Stasiun 3b : 7°19'51.52"LS 112°48'42.89"BT

Lampiran 4. Lokasi Penelitian di Kawasan Mangrove Desa Kedawang, Nguling, Pasuruan, Jawa Timur.



Google earth (2013)

Lampiran 5. Lanjutan



Google earth (2013)

Stasiun 1a	: 7°41'49.66"LS	113°04'57.72"BT
Stasiun 1b	: 7°41'49.73"LS	113°04'58.03"BT
Stasiun 2a	: 7°41'54.13"LS	113°04'58.13"BT
Stasiun 2b	: 7°41'54.11"LS	113°04'57.83"BT
Stasiun 3a	: 7°41'56.15"LS	113°05'01.01"BT
Stasiun 3b	: 7°41'56.09"LS	113°05'01.35"BT

Lampiran 6. Data

Data 1. Pb (Timbal) pada Mangrove *Avicennia alba*

NO	Parameter	Satuan	Stasiun					
			GunungAnyar			Kedawang		
			1	2	3	1	2	3
1	Air	ppm	0,36	0,37	0,28	0,16	0,17	0,12
2	Sedimen	ppm	10,72	12,04	11,99	2,62	2,08	3,73
3	Akar	ppm	4,9	3,7	5,5	3,3	1,9	3,82
4	Batang	ppm	1,75	1,17	1,56	0,82	0,47	0,97

Data 2. Bioconcentration Factor (BCF), Translocation Factor (TF) dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat Timbal (Pb) pada Mangrove *Avicennia alba*

Parameter	Gunung Anyar			Kedawang		
	1	2	3	1	2	3
BCF	0,5	0,3	0,4	1,3	0,9	1
TF	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
FTD	0,2	0	0,1	1,1	0,6	0,7

Data 3. Kualitas Air

NO	Parameter	Satuan	GunungAnyar			Kedawang		
			Stasiun			Stasiun		
			1	2	3	1	2	3
1	pH	-	6,76	6,71	6,72	7,76	6,95	6,85
2	Suhu	°C	32,6	25	26,1	32,4	32,3	33,2
3	DO	mg/l	5,23	3,3	2,1	1,8	0,8	1,85
4	Salinitas	ppt	12,3	10	1	26	26	16

Lampiran 7. Perhitungan

Perhitungan 1. Bioconcentration factor

$$BCF = \frac{\text{akar total}}{\text{sedimen}} = \frac{4,90}{10,72} = 0,46 \text{ (Contoh perhitungan Stasiun 1 Gunung Anyar, Surabaya).}$$

$$BCF = \frac{\text{akar total}}{\text{sedimen}} = \frac{3,85}{3,73} = 1,03 \text{ (Contoh perhitungan Stasiun 3 Kedawang, Pasuruan).}$$

Perhitungan 2. Translocation factor

$$TF = \frac{\text{Batang}}{\text{akar total}} = \frac{1,17}{3,7} = 0,3 \text{ (Contoh perhitungan Stasiun 2 Gunung Anyar, Surabaya).}$$

$$TF = \frac{\text{batang}}{\text{akar total}} = \frac{0,82}{3,3} = 0,2 \text{ (Contoh perhitungan Stasiun 1 Kedawang, Pasuruan).}$$

Perhitungan 3. Fitoremediasi

$$FTD = BCF-TF = 0,4-0,3 = 0,1 \text{ (Contoh perhitungan Stasiun 3 Gunung Anyar, Surabaya).}$$

$$FTD = BCF-TF = 0,9-0,3 = 0,6 \text{ (Contoh perhitungan Stasiun 2 Kedawang, Pasuruan).}$$

Perhitungan 4. Uji T

1) Hasil Perhitungan Uji T Pada Air

	Gunung Anyar	Kedawang
Mean	0.325	0.145
Variance	0.00405	0.00125
Observations	2	2
Pooled Variance	0.00265	
Hypothesized Mean	0	
Difference df	2	
t Stat	3.496629	
P(T<=t) one-tail	0.036476	
t Critical one-tail	2.919986	
P(T<=t) two-tail	0.072953	
t Critical two-tail	4.302653	

Lampiran 8. Lanjutan

2) Hasil Perhitungan Uji T Pada Sedimen

	<i>Gunung Anyar</i>	<i>Kedawang</i>
Mean	12.015	2.91
Variance	0.00125	1.3778
Observations	2	2
Pooled Variance	0.689525	
Hypothesized Mean	0	
Difference df	2	
t Stat	10.96491	
P(T<=t) one-tail	0.004108	
t Critical one-tail	2.919986	
P(T<=t) two-tail	0.008215	
t Critical two-tail	4.302653	

3) Hasil Perhitungan Uji T Pada Akar

	<i>Gunung Anyar</i>	<i>Kedawang</i>
Mean	4.6	2.86
Variance	1.62	1.8432
Observations	2	2
Pooled Variance	1.7316	
Hypothesized Mean	0	
Difference df	2	
t Stat	2.919986	
P(T<=t) one-tail	0.038516	
t Critical one-tail	1.322286	
P(T<=t) two-tail	0.317032	
t Critical two-tail	4.302653	

Lampiran 9. Lanjutan

4) Hasil Perhitungan Uji T Pada Batang

	<i>Gunung Anyar</i>	<i>Kedawang</i>
Mean	1.365	0.72
Variance	0.07605	0.125
Observations	2	2
Pooled Variance	0.100525	
Hypothesized Mean	0	
Difference df	2	
t Stat	2.919986	
P(T<=t) one-tail	0.02455	
t Critical one-tail	2.034336	
P(T<=t) two-tail	0.17891	
t Critical two-tail	4.302653	

Ket :

- Hipotesis

1. H_0 : SBY $\leq$ KDW (Kandungan Logam Berat Pb pada Kawasan Mangrove Gunung Anyar dan Kedawang adalah sama atau lebih sedikit)
2. H_1 : SBY $>$ KDW (Kandungan Logam Berat Pb pada Kawasan Mangrove Gunung Anyar lebih banyak dari Kawasan Mangrove Kedawang)

- Kriteriaan Penerimaan Uji Hipotesis

1. H_0 diterima jika $t \text{ hitung} \leq t \text{ tabel}$
2. H_0 ditolak jika $t \text{ hitung} > t \text{ tabel}$