

KADAR LOGAM BERAT Pb (TIMBAL) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE

(*Avicennia alba* Blume) DI PULAU SARINAH, KECAMATAN JABON,

SIDOARJO, JAWA TIMUR

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh :

AYU NHEVY TIA

NIM. 125080101111049



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

KADAR LOGAM BERAT Pb (TIMBAL) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE

(*Avicennia alba* Blume) DI PULAU SARINAH, KECAMATAN JABON,

SIDOARJO, JAWA TIMUR

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan di Fakultas

Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh :

AYU NHEVY TIA

NIM. 125080101111049



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016



SKRIPSI
KADAR LOGAM BERAT Pb (TIMBAL) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE
(*Avicennia alba* Blume) DI PULAU SARINAH, KECAMATAN JABON,
SIDOARJO, JAWA TIMUR

Oleh :
AYU NHEVY TIA
NIM. 125080101111049

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

Dosen Penguji I

(Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H, MS)
NIP. 19570704 198403 2 001
Tanggal :

15 AUG 2016

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

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

15 AUG 2016

Dosen Penguji II

(Dr. Yuni Kilawati, S.Pi., M.Si)
NIP. 19730702 20051 2 001
Tanggal:

15 AUG 2016

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS)
NIP. 19600505 198601 1 004
Tanggal:

15 AUG 2016



Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arning Wilhelg Ekawati., MS)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal:

15 AUG 2016

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang,

Ayu Nhevy Tia

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. atas berkah dan karunia Nya sehingga penulis diberi kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan laporan Skripsi
2. Bapak Dr. Ir. Mulyanto., M.Si sebagai Dosen Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Mohammad Mahmudi., MS sebagai Dosen Pembimbing II yang memberi masukan dan bimbingan mulai penyusunan usulan Skripsi sampai dengan selesainya laporan Skripsi
3. Keluarga Tercinta: Bapak Atin Mujiono, Ibu Wahyu Sudarningsih, dan Adik Egy Desmaniar Ramadhani yang telah memberi motivasi, doa dan dukungan materiil selama ini
4. Kucing tersayang Vanilla yang selalu menghibur disaat mulai jenuh mengerjakan skripsi
5. Hananta Bayu Prima, atas perhatian, omelan, semangat dan motivasi yang tak kunjung hentinya sehingga dapat tersusun laporan Skripsi ini
6. Sahabat Tersayang: Astri Palindatu, Meidina Nur Azka, Nadia Oktavia Fauziyyah, Yuni Dwi Selestiawati untuk dukungan dan motivasinya
7. Kos Kertosari 11: atas *wifi* nya sehingga dapat tersusun laporan skripsi ini
8. Tim Sarinah: Bayu, Adit, Fadlan dan Meidina atas terbentuknya tim skripsi yang kompak, dan teman – teman MSP 2012 tercinta
9. Bapak Koramil Jabon atas bantuannya sehingga kami dapat melakukan penelitian ini dengan lancar
10. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu



RINGKASAN

Ayu Nhevy Tia. Kadar Logam Berat Pb (Timbal) Pada Akar Dan Daun Mangrove (*Avicennia alba* Blume) Di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur (Dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto M.Si** dan **Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS**).

Latar belakang penelitian di pulau Sarinah ini adalah menjelaskan tentang adanya pulau Sarinah yang merupakan hasil pembentukan dari buangan lumpur lapindo yang dialirkan melalui Sungai Porong. Pulau Sarinah yang sedimennya berasal dari endapan lumpur lapindo ini telah ditanami banyak tanaman mangrove. Pohon mangrove memiliki kemampuan tinggi untuk beradaptasi dengan pencemaran limbah tanpa mengalami kerusakan pada pertumbuhan mereka. Mangrove memiliki kemampuan besar untuk menahan nutrient, sehingga menguntungkan bagi sistem apabila mampu menstimulasi produksi biomassa dan formasi tanah yang ada. Mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah ini diperkirakan sudah terkontaminasi logam berat yang berasal dari sedimennya. Hal ini disebabkan karena endapan lumpur lapindo itu membawa salah satu logam berat yaitu logam berat timbal (Pb). Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Selain itu logam berat ini juga dapat terserap ke dalam biota mangrove yang terdapat di Pulau Sarinah salah satunya adalah jenis *Avicennia alba*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi atau kandungan logam berat timbal (Pb) di air, sedimen, akar, dan daun *Avicennia alba*. Untuk mengetahui faktor biokonsentrasi (BCF) logam berat timbal (Pb) pada mangrove *Avicennia alba*. Dan untuk mengetahui faktor translokasi (TF) logam berat timbal (Pb) pada mangrove *Avicennia alba*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Mei 2016 bertempat di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur. Untuk analisa konsentrasi logam berat Pb dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terbagi atas dua tahapan utama yaitu pengukuran kualitas perairan (*insitu*); analisis sampel logam berat (*exsitu*). Parameter yang diukur pada pengukuran kualitas air secara *insitu* adalah suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut. Parameter yang diukur pada pengukuran logam berat adalah Timbal (Pb).

Hasil penelitian menunjukkan Kandungan logam berat Pb di air, hasil rata-rata berkisar antara 0,059 – 0,258 ppm. Untuk kandungan logam berat Pb di sedimen, hasil rata-rata berkisar antara 0,039 – 0,261 ppm. Untuk kandungan logam berat Pb di akar, hasil rata-rata berkisar antara 0,129 – 0,273 ppm. Sedangkan untuk kandungan logam berat Pb di daun, hasil rata-rata berkisar antara 0,043 – 0,272 ppm. Faktor biokonsentrasi (BCF) pada kelima stasiun diperoleh rata-rata 2,227 ppm menunjukkan bahwa tanaman mangrove *Avicennia alba* memiliki kemampuan sebagai akumulator rendah dalam menyerap logam berat Pb. Faktor translokasi (TF) pada kelima stasiun diperoleh rata-rata 0,793, maka dapat dikatakan bahwa mangrove *Avicennia alba* belum termasuk dalam tumbuhan hiperakumulator untuk logam berat Pb.

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah mengukur konsentrasi logam berat timbal (Pb) untuk mangrove jenis *Avicennia alba*, *Avicennia marina* atau *Sonneratia alba* pada bagian akar, daun, batang, atau buah yang terdapat di Pulau Sarinah untuk mengetahui perkembangan kadar logam beratnya dari tahun ke tahun.

DAFTAR ISI

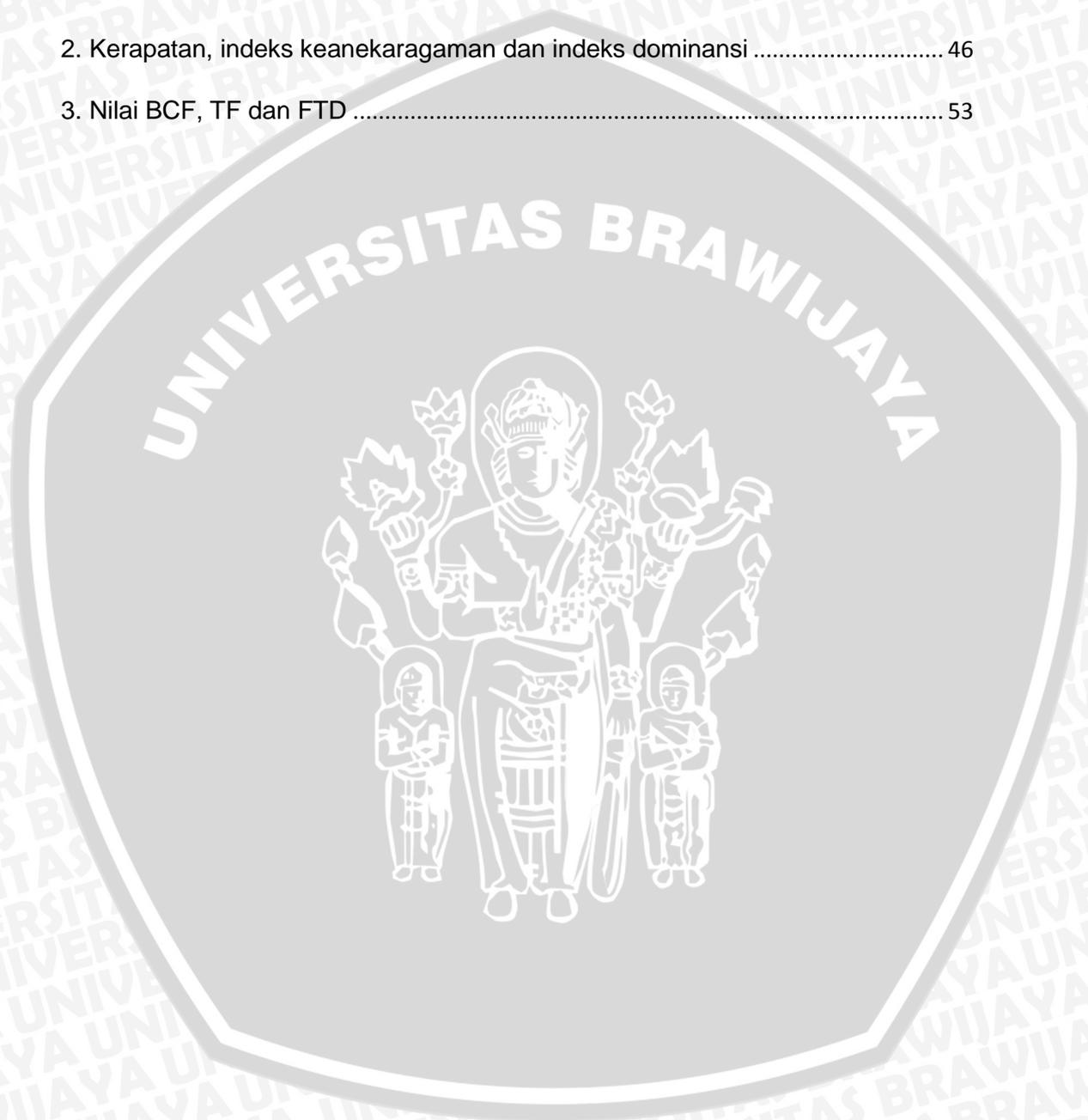
RINGKASAN	4
DAFTAR ISI	5
DAFTAR TABEL	7
DAFTAR GAMBAR	8
DAFTAR LAMPIRAN	9
1. PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang.....	10
1.2 Rumusan Masalah	12
1.3 Tujuan	13
1.4 Kegunaan.....	13
1.5 Tempat dan Waktu	13
2. TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Logam Berat.....	14
2.1.1 Pengertian Logam Berat	14
2.1.2 Logam Berat Pb.....	15
2.1.3 Karakteristik Logam Berat Pb	15
2.1.4 Sumber Pb.....	16
2.1.5 Toksisitas Logam Berat Pb	17
2.1.6 Pencemaran Logam Berat dalam Perairan dan Sedimen	18
2.1.7 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pb pada Mangrove	20
2.2 Ekosistem Mangrove.....	22
2.2.1 Pengertian Mangrove.....	22
2.2.2. Fungsi dan Manfaat Ekosistem Mangrove	22
2.3 <i>Avicennia alba</i>	23
2.3.1 Morfologi dan Klasifikasi <i>Avicennia alba</i>	23
2.3.2 Akar <i>Avicennia alba</i>	25
2.3.3 Daun <i>Avicennia alba</i>	27
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Logam Berat	28
2.4.1 Suhu	28
2.4.2 pH.....	29
2.4.3 Salinitas	30
2.5 Analisa Logam Berat.....	31
3. METODE PENELITIAN	32
3.1 Materi Penelitian	32
3.2 Metode Penelitian.....	32
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	32
3.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel	33
3.5. Pengambilan Sampel	34
3.5.1 Pengambilan Sampel <i>Avicennia alba</i>	34



3.5.2 Pengambilan Sampel Air dan Sedimen.....	35
3.6 Analisis Sampel.....	36
3.6.1 Suhu.....	36
3.6.2 Salinitas.....	36
3.6.3 Derajat Keasaman.....	37
3.7 Analisis Data.....	37
3.7.1 Analisa Logam Berat Pb Total pada Akar dan Daun.....	37
3.7.2 Analisa Logam Berat Pb Total pada Air.....	38
3.7.3 Analisa Logam Berat Pb Total pada Sedimen.....	38
3.7.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF).....	39
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	41
4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan.....	42
4.2.1 Stasiun 1.....	42
4.2.2 Stasiun 2.....	42
4.2.3 Stasiun 3.....	43
4.2.4 Stasiun 4.....	43
4.2.5 Stasiun 5.....	44
4.3 Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah.....	44
4.4 Konsentrasi Pb di Air.....	47
4.5 Konsentrasi Pb di Sedimen.....	49
4.6 Konsentrasi Pb di Akar.....	50
4.7 Konsentrasi Pb di Daun.....	52
4.8 Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF).....	53
4.9 Parameter Kualitas Air.....	55
4.9.1 Suhu.....	55
4.9.2 pH Air.....	57
4.9.3 Salinitas.....	58
5. KESIMPULAN.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan.....	33
2. Kerapatan, indeks keanekaragaman dan indeks dominansi.....	46
3. Nilai BCF, TF dan FTD.....	53



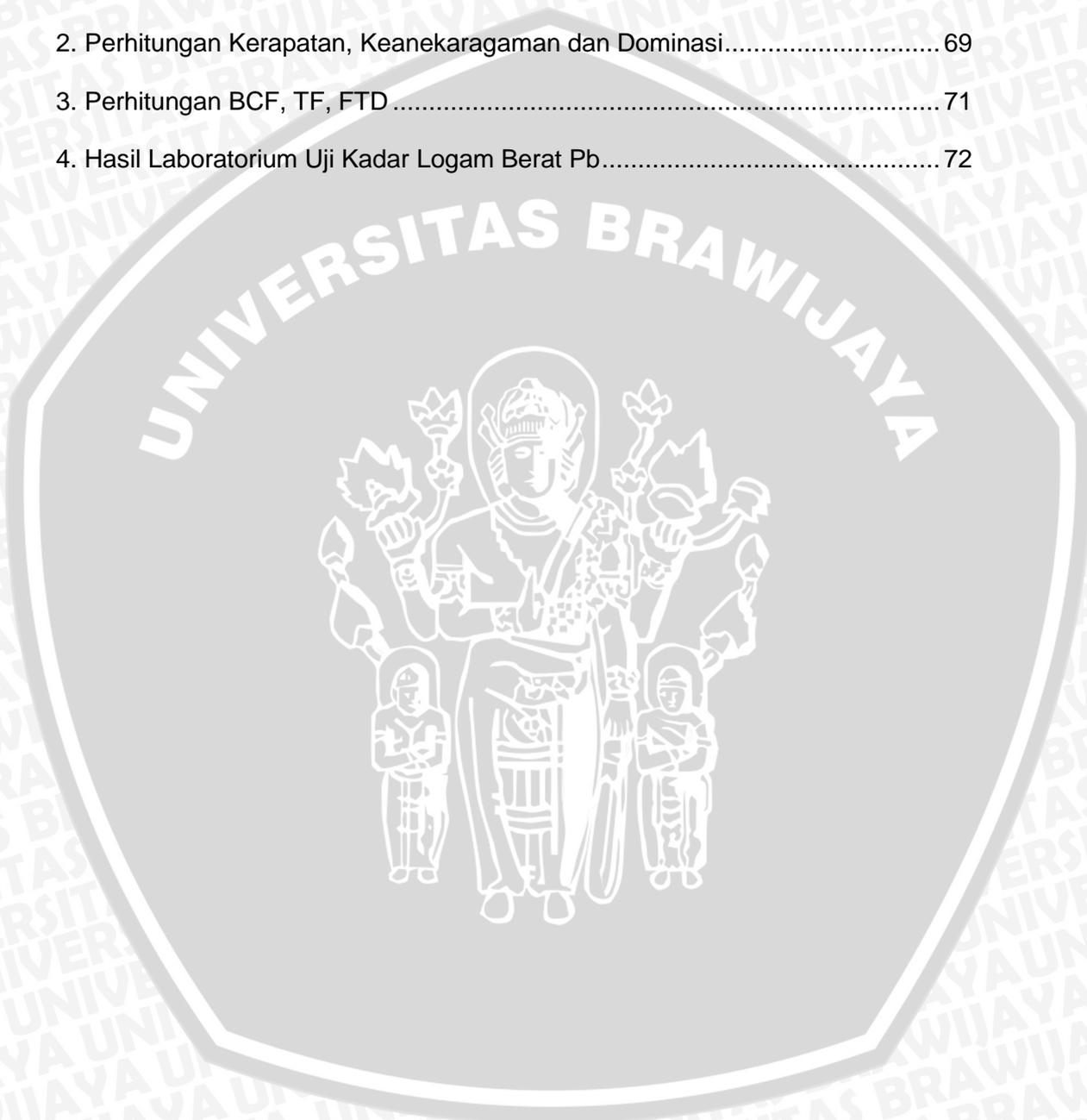
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Daun, Bunga dan Buah <i>Avicennia alba</i> (www.wetlands.or.id, 2016)	24
2. Sistem Akar <i>Avicennia alba</i> (Purnobasuki dan Suzuki, 2005)	26
3. Daun <i>Avicennia alba</i> (Google image, 2016).....	28
4. Stasiun 1.....	42
5. Stasiun 2.....	42
6. Stasiun 3.....	43
7. Stasiun 4.....	43
8. Stasiun 5.....	44
9. Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah pada April 2016	45
10. Konsentrasi Pb di air pada April 2016	48
11. Konsentrasi Pb di sedimen pada April 2016.....	49
12. Konsentrasi Pb di akar <i>A. alba</i> pada April 2016	51
13. Konsentrasi Pb di daun <i>A. alba</i> pada April 2016	52
14. Grafik hasil pengukuran suhu bulan April 2016	56
15. Grafik hasil pengukuran pH bulan April 2016	57
16. Grafik hasil pengukuran salinitas bulan April 2016.....	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Lokasi.....	68
2. Perhitungan Kerapatan, Keanekaragaman dan Dominasi.....	69
3. Perhitungan BCF, TF, FTD.....	71
4. Hasil Laboratorium Uji Kadar Logam Berat Pb.....	72



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Banjir Lumpur Panas Sidoarjo atau Lumpur Lapindo merupakan peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 27 Mei 2006. Lumpur Lapindo di Sidoarjo tersusun atas 70% air dan 30% padatan (Usman *et al.*, 2006). Kadar garam (salinitas) lumpur sangat tinggi (38-40%), sehingga bersifat asin (Arisandi, 2006).

Selama ini pembuangan lumpur dialirkan ke laut melalui Sungai Porong sehingga diduga dapat mencemari ekosistem Sungai Porong. Terkait dengan adanya pembuangan lumpur tersebut akan mengakibatkan perubahan kualitas air pada Muara Sungai Porong. Sehingga dibentuklah pulau buatan yang sedimennya berasal dari endapan lumpur lapindo. Pulau Sarinah merupakan pulau buatan yang sengaja dibuat oleh Dinas-Dinas terkait seperti Dinas Perairan Umum, Dinas Perikanan, dan Dinas Pariwisata. Pulau Sarinah dibuat dari beton, semen dan besi yang dirangkai seluas 94 Ha, kemudian terbentuklah daratan, selanjutnya bagian tengah pulau diisi sedimen dari aliran sungai porong yang berasal dari sedimentasi lumpur lapindo. Kemudian Pulau Sarinah di tanami mangrove oleh bapak Wibowo bersama Dinas Perikanan dan Dinas Lingkungan. Pada awalnya Pulau Sarinah ditanami mangrove untuk dijadikan objek wisata. Namun hal tersebut tidak terealisasi karena kurangnya minat wisatawan.

Menurut Dahuri dan Arumsyah (1994), masuknya bahan pencemar ke dalam perairan dapat mempengaruhi kualitas perairan. Bahan yang masuk ke perairan melebihi ambang batas, maka daya dukung lingkungan akan menurun. Logam berat merupakan salah satu jenis polutan pencemar yang umumnya mencemari perairan dan berbahaya jika jumlahnya melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Pada dasarnya logam berat berbahaya karena sifatnya yang tidak dapat terurai (non degradable) dan mudah diabsorpsi oleh biota yang berada di sekitarnya sehingga membawa dampak berbahaya bagi lingkungan (Wood, 1979 dalam Hamzah dan Setiawan, 2013). Lumpur Lapindo diketahui mengandung logam berat Cu sebesar 24,5 ppm, sedangkan untuk konsentrasi logam berat Pb sebesar 17,8 ppm (UNDAC, 2006). 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). Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran, dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut (Bryan, 1976 dalam Ali dan Rina, 2010).

Mangrove merupakan individu jenis tumbuhan atau komunitas tumbuhan yang tumbuh di daerah pasang surut, terendam pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut (Kathiresan dan Bingham, 2001). Pohon mangrove memiliki kemampuan tinggi untuk beradaptasi dengan pencemaran limbah tanpa mengalami kerusakan pada pertumbuhan mereka. Mangrove memiliki kemampuan besar untuk menahan nutrient, sehingga menguntungkan bagi sistem apabila mampu menstimulasi produksi biomassa dan formasi tanah yang ada (Tam, 1998). Di Pulau Sarinah banyak ditumbuhi tanaman mangrove, terutama jenis *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*. Amin (2001), menambahkan melalui akarnya, vegetasi ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air, contohnya *Avicennia alba*, mangrove jenis tersebut dapat digunakan sebagai indikator biologis lingkungan yang tercemar logam berat melalui monitoring berkala. Mekanisme yang terjadi pada *A. alba* untuk mengurangi toksisitas logam berat

adalah menyimpan banyak air sehingga dapat mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya (Mukhtasor, 2007).

1.2 Rumusan Masalah

Pembuangan lumpur yang berasal dari salah satu perusahaan gas dan minyak yang mengandung logam berat ke muara Sungai Porong akan berdampak terhadap kualitas air, kehidupan biota dan kesehatan manusia di sepanjang aliran muara Sungai Porong. Parawita *et al.* (2009), menemukan rata-rata konsentrasi Pb di perairan Muara Sungai Porong 0,126 mg/L. Angka ini jauh melebihi baku mutu untuk kualitas air laut yang disyaratkan Pemerintah dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. 51 Tahun 2004 batas konsentrasi Pb yaitu sebesar 0,008 ppm. Perairan muara Sungai Porong sejak lama sudah dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber kehidupan sehari-hari mulai dari penangkapan ikan, tambak, hingga transportasi. Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk mengurangi pencemaran logam berat di lingkungan muara Sungai Porong adalah dengan memanfaatkan potensi mangrove yang berada di Pulau Sarinah. Di Pulau Sarinah banyak ditumbuhi tanaman mangrove, terutama jenis *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*. Mangrove memiliki potensi menyerap logam berat dari lingkungannya (Mastaller, 1996). MacFarland dan Burchett (2002) menyatakan bahwa akumulasi logam berat oleh spesies mangrove terdapat pada bagian akar, batang dan daun.

Dari uraian diatas rumusan masalah yang didapat dari penelitian ini adalah (1) Bagaimana konsentrasi logam berat Pb pada air dan sedimen yang ada di Pulau Sarinah? (2) Bagaimana konsentrasi logam berat Pb pada akar dan daun mangrove *Avicennia alba* yang ada di Pulau Sarinah? dan (3) Bagaimana peranan mangrove jenis *Avicennia alba* dalam menyerap logam berat Pb pada akar, dan daun di Pulau Sarinah?

1.3 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- 1) Untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb pada perairan dan sedimen *Avicennia alba* di Pulau Sarinah
- 2) Untuk mengetahui konsentrasi logam berat Pb pada akar dan daun *Avicennia alba* di Pulau Sarinah
- 3) Untuk mengetahui peranan mangrove *Avicennia alba* dalam menyerap logam berat Pb berdasarkan nilai BCF, TF dan FTD

1.4 Kegunaan

Dengan mengetahui konsentrasi logam berat Pb di air, sedimen, akar dan daun mangrove maka dapat digunakan untuk menghitung kemampuan mangrove *Avicennia alba* dalam menyerap logam berat dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran logam berat Pb serta sebagai bahan informasi dalam pengelolaan kawasan hutan mangrove secara terpadu dan berkelanjutan.

1.5 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur dan analisa konsentrasi logam berat Pb dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Mei 2016.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

2.1.1 Pengertian 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). Menurut Supriyanto *et al.* (2007), logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup. Walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air yang terkontaminasi oleh logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke dalam tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus dalam jangka waktu yang lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia.

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 organisme. 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.

2.1.2 Logam Berat Pb

Timbal (Pb) adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang lazim terdapat dalam konsentrasi endapan sulfat yang tercampur mineral – mineral lain, terutama seng dan tembaga. Penggunaan Pb terbesar adalah dalam industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen – komponennya. Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Pencemaran Pb merupakan masalah utama, tanah dan debu sekitar jalan raya pada umumnya telah tercemar bensin bertimbal selama bertahun – tahun (Sunu, 2011). Timbal (Pb) memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif, sehingga bisa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Pb adalah logam lunak berwarna abu – abu kebiruan mengkilat serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Timbal meleleh pada suhu 328°C; titik didih 1740°C; dan memiliki gravitasi 11,34 dengan berat atom 207,20 (Widowati *et al.*, 2008).

Sumber alami logam Pb adalah *galena* (PbS), *gelesite* (PbSO₄), dan *crussite* (PbCO₃). Secara alamiah logam Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan logam Pb di udara dengan bantuan air hujan, disamping itu proses korofikasi batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin yang merupakan salah satu jalur sumber logam Pb yang akan masuk ke dalam badan perairan (Evan, 2006).

2.1.3 Karakteristik Logam Berat Pb

Logam Pb mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan sebagai pelapis logam (Darmono, 1995). Pb merupakan logam yang sangat

rendah daya larutnya bersifat pasif, dan mempunyai daya translokasi yang rendah mulai dari akar sampai organ tumbuhan lainnya. Pb juga memiliki toksisitas yang tertinggi dan menyebabkan racun bagi beberapa spesies (Hamzah dan Setiawan, 2010).

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

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

2.1.4 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 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 pestisida (Suwarsito, 2009).

2.1.5 Toksisitas Logam Berat Pb

Konsentrasi timbal yang berlebihan yang berada di lingkungan akan membawa dampak negative bagi manusia dan biota baik tumbuhan maupun hewan. Manusia dapat terkontaminasi logam berbahaya ini melalui makanan (65%), air (20%), maupun udara (15%) (Reishi 2008 dalam Andarani 2009). Ciri khas akibat masuknya timbal (Pb) ke dalam tubuh adalah terbentuknya *lead line* yaitu pigmen berwarna abu – abu pada perbatasan antara gigi dan gusi yang membentuk seperti garis (Rompas, 2010). Timbal dapat mengakibatkan anemia karena memperlambat pematangan sel darah merah. Selain itu dapat mengakibatkan gangguan pada system syaraf seperti epilepsy, halusinasi, serta mampu menurunkan kecerdasan IQ pada anak – anak (Lentech, 2015).

Menurut Saeni (1997), logam Pb tidak dibutuhkan oleh manusia sehingga bila makanan tercemar oleh logam berat tersebut, maka tubuh akan mengeluarkan sebagian dan sisanya akan terakumulasi pada bagian tubuh tertentu, seperti ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut. *Accidental poisoning* seperti termakannya senyawa timbal dalam konsentrasi tinggi dapat

mengakibatkan gejala keracunan timbal seperti iritasi gastrointestinal akut, rasa logam pada mulut, muntah, sakit perut dan diare (Darmono, 1995).

2.1.6 Pencemaran Logam Berat dalam Perairan dan Sedimen

Logam berat biasanya sangat sedikit dalam air secara ilmiah kurang dari 1 g/l. Kelarutan dari unsur – unsur logam dan logam berat dalam badan air dikontrol oleh: (1) pH badan air, (2) jenis dan konsentrasi logam dan khelat (3) keadaan komponen mineral teroksida dan system berlingkungan redoks (Palar, 2004). Logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik di sungai ataupun laut akan dipindahkan dari badan airnya melalui beberapa proses yaitu: pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme perairan. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 1991).

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). Pb yang masuk ke badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia. Senyawa Pb yang ada dalam badan perairan dapat ditemukan dalam bentuk ion – ion divalent atau ion – ion tetravalen (Pb^{2+} , Pb^{4+}). Badan perairan yang telah kemasukan senyawa atau ion – ion Pb, sehingga jumlah Pb yang ada dalam badan perairan melebihi konsentrasi yang semestinya, dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan (Palar, 2004).

Konsentrasi logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen, dengan kategori konsentrasi logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir (Korzeniewski & Neugabieuer *dalam* Amin, 2002). Pada tanah, semakin halus teksturnya semakin tinggi kekuatannya untuk mengikat logam berat. Oleh karena itu, tanah yang bertekstur liat memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi daripada tanah berpasir. Logam berat mungkin diabsorpsi dan diakumulasikan dalam jaringan hidup. Kemampuan beberapa logam berat dalam berikatan dengan asam amino mengikuti urutan sebagai berikut: Hg > Cu > Ni > Pb > Co > Cd (Hutagalung, 1991).

Konsentrasi logam berat pada sedimen umumnya rendah pada musim kemarau dan tinggi pada musim penghujan. Penyebab tingginya kadar logam berat dalam sedimen pada musim penghujan kemungkinan disebabkan oleh tingginya laju erosi pada permukaan tanah yang terbawa ke dalam badan sungai, sehingga sedimen dalam sungai yang diduga mengandung logam berat akan terbawa oleh arus sungai menuju muara dan pada akhirnya terjadi proses sedimentasi (Bryan, 1976). Sedimen mangrove adalah media pencuci yang sangat penting bagi bahan pencemar yang berasal dari tanah, terutama untuk logam berat. Logam akan terperangkap oleh sedimen, dalam proses sedimentasi partikel suspended dan berbagai proses retensi berasosiasi dengan sedimen organik permukaan dan bahan organik. Sedimen di daerah yang memiliki kadar garam dan air yang tinggi mempunyai kapasitas yang tinggi untuk menampung logam berat yang berasal dari air pasang surut, air tawar dari sungai, dan limpasan badai air. Sedimen mangrove bersifat anaerobik dan dapat mengurangi kadar logam berat, serta kaya akan konsentrasi sulfide dan bahan organik. Oleh karena itu sedimen dapat mendukung dalam penyimpanan logam berat yang berasal dari air (Tam, 1998).

2.1.7 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pb pada Mangrove

Logam berat yang masuk kedalam ekosistem perairan akan mengalami proses pengendapan, adsorpsi dan absorpsi oleh organisme perairan sehingga terjadi perpindahan logam tersebut dari badan air dan cenderung mengendap dan konsentrasi logam berat pada sedimen meningkat. Proses absorpsi bahan pencemar termasuk logam berat di tumbuhan terdapat pada bagian akar, daun dan stomata. Bagian akar tumbuhan banyak mengabsorpsi bahan anorganik dan zat hidrofilik. Pada bagian daun banyak mengabsorpsi zat yang bersifat lipofilik dan bagian stomata banyak mengabsorpsi bahan yang berbentuk gas (Soemirat, 2003).

Tumbuhan pada saat menyerap logam berat, akan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme khusus di dalam membran akar. Akar tumbuhan dapat 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. Pada saat terjadi translokasi di dalam tubuh tanaman, logam yang masuk ke dalam sel akar, selanjutnya diangkut ke bagian tumbuhan yang lain melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan logam diikat oleh molekul kelat.

Pada konsentrasi rendah logam berat tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman tetapi pada konsentrasi tinggi akan menyebabkan kerusakan baik pada tanah, air maupun tanaman (Priyanto dan Prayitno, 2005). Anggoro (2006), menyatakan secara fisiologis mangrove aktif menyerap logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi, namun dalam jumlah yang terbatas. Sel endodermis pada akar mangrove yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat yang kemudian akan di translokasikan ke jaringan

lainnya seperti batang dan daun dan akan mengalami proses kompleksasi dengan zat lainnya seperti fitokelatin (Baker dan Walker, 1990 *dalam* MacFarlane *et al.*, 2003).

Kemudian logam berat yang masuk ke dalam tubuh tumbuhan akan mengalami berbagai proses sebagai respon tumbuhan untuk menanggulangi materi toksis di dalam tubuhnya. Mekanisme penanggulangan yang mungkin terjadi adalah lokalisasi, ekskresi, dilusi untuk melemahkan efek toksik logam berat melalui pengenceran dan inaktivasi secara kimia (Handayani, 2006). Mulyadi *et al.* (2009), 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. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Berdasarkan penelitian Mulyadi *et al.* (2009), diduga pohon api – api (*Avicennia alba*) memiliki upaya penanggulangan toksik diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan

penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi).

2.2 Ekosistem Mangrove

2.2.1 Pengertian Mangrove

Mangrove merupakan tumbuh – tumbuhan yang tumbuh di daerah pasang – surut antara garis pasang tertinggi dengan garis surut terendah di wilayah tropika dan subtropika. Tumbuh – tumbuhan tersebut berasosiasi dengan organisme lain (fungi, mikroba, alga, fauna dan tumbuhan lainnya) membentuk komunitas mangrove. Selanjutnya komunitas mangrove tersebut berinteraksi dengan faktor abiotic (iklim, udara, tanah, air) membentuk ekosistem mangrove (Kusmana, 2011).

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.

2.2.2. Fungsi dan Manfaat Ekosistem Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang kompleks terdiri atas flora dan fauna daerah pantai. Ekosistem mangrove memiliki fungsi sebagai penyedia keanekaragaman hayati (*biodiversity*), sebagai penghasil plasma nutfah (*genetic pool*) dan menunjang keseluruhan sistem kehidupan di sekitarnya. Habitat mangrove merupakan tempat hidupnya insecta, moluska, crustacea dan invertebrata lain, selain itu habitat mangrove merupakan tempat

mencari makan (*feeding ground*), tempat mengasuh (*nursery ground*), tempat memijah (*spawning ground*) dan tempat berlindung yang aman bagi berbagai juvenile dan larva ikan serta kerang (*shellfish*) dari predator (Muhaerin, 2008).

Menurut Wibisono (2005), secara ekologis ekosistem mangrove mempunyai beberapa fungsi penting bagi wilayah pesisir, di antaranya:

- 1) Sebagai tempat peralihan dan penghubung antara lingkungan darat dan lingkungan laut.
- 2) Sebagai penahan erosi pantai karena hampasan ombak dan angin sertasebagai pembentuk daratan baru.
- 3) Merupakan tempat ideal untuk berpijah (*spawningground*) dari berbagai jenis larva udang dan ikan.
- 4) Sebagai cadangan sumber alam (bahan mentah) untuk dapat diolah menjadi komoditi perdagangan yang bisa menambah kesejahteraan penduduk setempat.

2.3 *Avicennia alba*

2.3.1 Morfologi dan Klasifikasi *Avicennia alba*

Avicennia alba yaitu belukar atau pohon yang tumbuh menyebar dengan ketinggian mencapai 25 m. Kumpulan pohon membentuk sistem perakaran horizontal dan akar nafas yang rumit. Akar nafas biasanya tipis, berbentuk jari (atau seperti asparagus) yang ditutupi oleh lentisel. Kulit kayu luar berwarna keabu-abuan atau gelap kecoklatan, beberapa ditumbuhi tonjolan kecil, sementara yang lain kadang-kadang memiliki permukaan yang halus. Pada bagian batang yang tua, kadang-kadang ditemukan serbuk tipis. Permukaan daun halus, bagian atas hijau mengkilat, bawahnya pucat. Unit & Letak: sederhana & berlawanan. Bentuk: lanset (seperti daun akasia) kadang elips. Ujung meruncing. Ukuran: 16 x 5 cm. Bentuk bunga seperti trisula dengan

gerombolan bunga (kuning) hampir di sepanjang ruas tandan. Letak: di ujung/pada tangkai bunga. Formasi: bulir (ada 10-30 bunga per tandan). Daun Mahkota: 4, kuning cerah, 3-4 mm. Kelopak Bunga: 5. Benang sari: 4. Bentuk buah seperti kerucut/cabe/mente. Hijau muda kekuningan. Ukuran: 4 x 2 cm (Wetlands, 2016).

Pohon *A. alba* memiliki akar nafas (pneumatofore) yang merupakan akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertical 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 (Arisandi, 2001). Daun, bunga dan buah dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Daun, Bunga dan Buah *Avicennia alba* (www.wetlands.or.id, 2016)

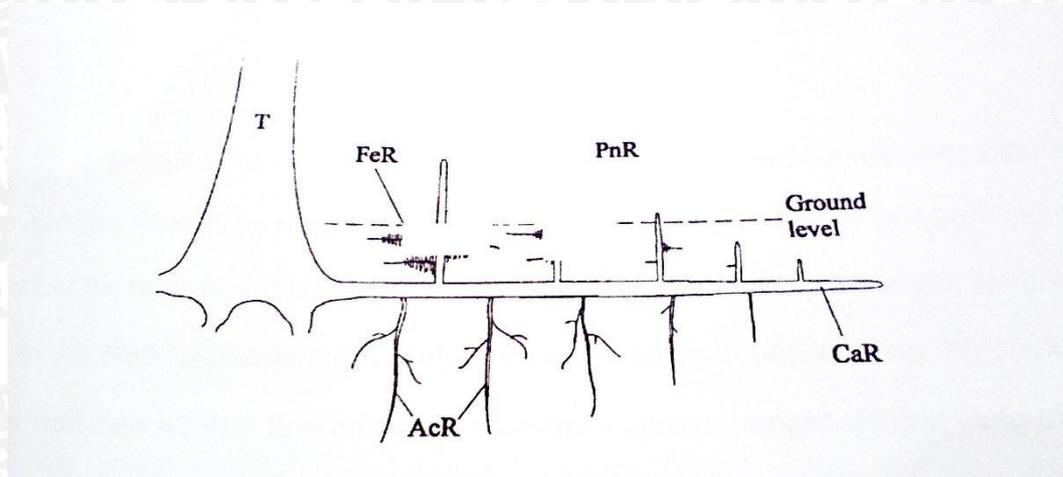
Klasifikasi dari mangrove jenis *Avicennia alba* atau api-api putih menurut

Plantamor (2012), adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermathophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub kelas	: Asteridae
Ordo	: Scrophulariales
Famili	: Acanthaceae
Genus	: <i>Avicennia</i>
Spesies	: <i>Avicennia alba</i> Blume.

2.3.2 Akar *Avicennia alba*

Menurut Muzzayyinah (2008), akar *Avicennia alba* termasuk dalam akar pasak. Akar pasak tumbuh dari akar horizontal dekat permukaan tanah, arah tumbuh vertikal keatas (geotropis negatif) dan muncul diatas permukaan tanah. Hal ini berkaitan dengan fungsinya mengambil oksigen dan akar ini disebut pneumatophore. Di ujung pneumatophore inilah terjadi pertukaran gas. Pori pada pneumatophore memungkinkan akar yang terendam air membawa pertukaran gas dengan udara di atasnya. Tidak seperti gerak geotropi positif, akar pneumatophore adalah gerak geotropis negatif 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 2.



Gambar 2. Sistem Akar *Avicennia alba* (Purnobasuki dan Suzuki, 2005)

Keterangan:

CaR : Akar kawat, dimana merupakan akar primer yang tumbuh bercabang ke samping secara horizontal

PnR : Pneumatophore, akar nafas yang tumbuh sampai ke atas permukaan tanah secara vertikal yang berasal dari akar kawat

FeR : Akar makan, akar yang tumbuh ke samping secara horizontal dari akar nafas (pneumatophore)

AcR : Akar jangkar, akar yang tumbuh secara kebawah dari akar kawat

T : Batang pohon

Amaliyah (2008) menjelaskan dalam penelitiannya, bahwa tanaman mangrove jenis *Avicennia alba* memiliki akar napas (*pneumatophore*) yang berperan dalam sistem aerial. Penonjolan *pneumatophore* yang tumbuh secara horizontal dari akar kawat menyebabkan rawan terjadi kerusakan. *Pneumatophore* memiliki karakteristik yang lembut dan *corky* dan terdapat lubang-lubang kecil pada permukaan akar yang disebut *lentisel*, berfungsi sebagai pertukaran oksigen dan karbon dioksida pada saat surut. Selain itu pada *pneumatophore* memiliki bulu-bulu halus di bawah permukaan tanah yang berfungsi untuk menyerap nutrisi dari dalam tanah (Berjak *et al.*, 1997). Akar dari

jenis *Avicennia spp.* juga dapat mencegah masuknya garam, melalui saringan (*ultra filter*) (Hutching dan Saenger, 1987 dalam Syah, 2011).

2.3.3 Daun *Avicennia alba*

Daun termasuk organ pokok pada tumbuhan. Pada umumnya berbentuk pipih bilateral, berwarna hijau, dan merupakan tempat utama terjadinya proses fotosintesis. Berkaitan dengan itu, daun memiliki struktur mulut daun yang berguna pada pertukaran gas CO₂, O₂ dan uap air dari daun kea lam sekitar dan sebaliknya. Organ yang dimiliki oleh daun yaitu pangkal daun, pelepah dan upih daun, tangkai daun dan helaian daun (Nugroho *et al.*, 2006).

Menurut Rofik *et al.* (2012), ciri-ciri daun *Avicennia alba* yaitu berbentuk tunggal, bertangkai, berhadapan, bertepi rata, berujung runcing atau membulat, helai daun seperti kulit, hijau mengkilap pada permukaan atas daun, abu-abu atau keputihan di sisi bawahnya, tulang daun umumnya tidak terlihat jelas. Menurut Hutching dan Saenger (1987) dalam Fitriana (2006), flora mangrove menyerap air dengan salinitas tinggi kemudian mengekskresikan garam dengan kelenjar garam yang terdapat pada daun. Mekanisme ini dilakukan oleh *Avicennia*, *Sonneratia*, *Aegiceras*, *Aegialitis*, *Acanthus*, *Laguncularia* dan *Rhizophora* (melalui unsur-unsur gabus pada daun). Mulyadi *et al.* (2009), menambahkan bahwa pohon api-api (*Avicennia alba*) memiliki upaya penanggulangan toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Gambar daun *Avicennia alba* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Daun *Avicennia alba* (Google image, 2016)

2.4 Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Logam Berat

Keberadaan logam berat di kolom perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Menurut Babich dan Stotzky (1978), faktor yang mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan yaitu keasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral liat, dan kadar unsur lain.
- 2) Menurut Hamzah dan Setiawan (2010), faktor yang mempengaruhi keberadaan logam berat di perairan yaitu suhu, pH, salinitas dan konsentrasi oksigen terlarut (DO).

2.4.1 Suhu

Suhu penting dalam proses fisiologis, seperti fotosintesis dan respirasi. Suhu suatu badan air di ekosistem mangrove dipengaruhi oleh sirkulasi udara, aliran air, kedalaman badan air serta tutupan vegetasi mangrove. Suhu suatu badan air diantaranya dipengaruhi oleh ketinggian dari permukaan laut, sirkulasi udara, aliran serta kedalaman badan air. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air (Effendi, 2003).

Kolehmeinen *et al.* (1973) dalam Supriharyono (2002), menyatakan bahwa suhu yang baik untuk kehidupan mangrove tidak kurang dari 20°C, sedangkan kisaran musiman suhu tidak melebihi 5°C. Suhu yang tinggi (>40°C) cenderung tidak mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan mangrove. Menurut Hutagalung (1984), kenaikan suhu tidak hanya meningkatkan metabolisme biota perairan, tetapi juga meningkatkan toksisitas logam berat. Suhu air yang rendah akan meningkatkan adsorpsi logam ke partikulat untuk mengendap sedangkan saat suhu air naik, senyawa logam berat akan melarut ke dalam air karena penurunan tingkat adsorpsi ke dalam partikulat (Palar, 2012).

2.4.2 pH

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 sensitive terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.

Toksisitas logam dapat memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Effendi, 2003).

2.4.3 Salinitas

Menurut Sivasothi (2001), salinitas kawasan mangrove sangat bervariasi, berkisar 0,5-35 ppt, karena adanya masukan air laut pada saat pasang dan air tawar dari sungai, khususnya pada musim hujan. Air tawar memiliki salinitas 0-0,4 ppt. Air payau merupakan air pada derajat oligaholin (0,5-5 ppt) hingga mesohalin (5-18 ppt), sedangkan air laut umumnya berderajat polihalin (18-30 ppt). Salinitas juga bervariasi tergantung kedalaman badan air di muara sungai. Garam yang terkandung dalam air laut cenderung tenggelam karena berat jenis (BJ)-nya lebih tinggi. Pada saat laut surut, kolam-kolam yang terbentuk pada saat laut pasang dapat menjadi hipersalin (>30 ppt), karena naiknya konsentrasi garam akibat evaporasi. Sungai-sungai kecil dalam hutan mangrove bersifat oligaholin dan semakin ke dalam semakin tawar.

Salinitas air dan salinitas tanah rembesan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan, daya tahan dan zonasi spesies mangrove. Tumbuhan mangrove tumbuh subur di daerah estuaria dengan salinitas 10-30 ppt (Kusmana *et al.*, 2003). Salinitas berpengaruh terhadap keberadaan konsentrasi logam berat di perairan. Penurunan salinitas di perairan akan menimbulkan peningkatan toksisitas logam berat dan tingkat akumulasi semakin besar (Rompas, 2010). Ditambahkan oleh Erlangga (2007), penurunan salinitas akan menyebabkan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat akan semakin tinggi.

2.5 Analisa Logam Berat

Analisa logam berat dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) yang didasarkan pada hukum Lambert-Beer, yaitu banyaknya sinar yang diserap berbanding lurus dengan kadar zat. Oleh karena yang mengasorpsi sinar adalah atom, maka ion atau senyawa logam berat harus diubah menjadi bentuk atom. Perubahan bentuk ion menjadi bentuk atom harus dilakukan dengan suhu tinggi (2000°C) melalui pembakaran (Akbar, 2002).

Untuk mengetahui terjadi akumulasi logam berat Pb pada *Avicennia alba* dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, air, akar dan daun. Perbandingan antara konsentrasi logam di akar dan daun dengan konsentrasi di sedimen dan air dikenal dengan *bioconcentration factor (BCF)*.

Biokonsentrasi merupakan kondisi peningkatan konsentrasi polutan di lingkungan (Puspitasari, 2007). Biokonsentrasi adalah perpindahan senyawa kimia xenobiotic dari berbagai sumber di dalam lingkungan ke makhluk hidup, yang menghasilkan suatu kepekatan yang umumnya lebih tinggi dalam makhluk hidup dibandingkan sumbernya (Pratama, 2002). Menurut Setyawan (2013), biokonsentrasi adalah proses masuknya zat kimia kedalam tubuh organisme dan kemudian terakumulasi.

Menurut Yoon *et al.* (2006), setelah nilai BCF diketahui, maka perlu menghitung TF untuk menentukan kemampuan tanaman *Avicennia alba* dalam mengakumulasi logam berat Pb. Translokasi adalah perpindahan bahan terlarut yang dapat terjadi di seluruh bagian tumbuhan, yaitu pengangkutan hasil fotosintesis keseluruh bagian tumbuhan melalui floem dan merupakan transportasi simplas karena floem merupakan sel hidup. Translokasi meliputi gerakan berbagai materi dalam sistem tumbuhan termasuk gas-gas, air, mineral, karbohidrat terlarut dan hormon.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang dibahas dalam skripsi ini mengenai konsentrasi logam berat Pb pada air, sedimen, akar dan daun *Avicennia alba*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April yang berlokasi di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *survey*. Menurut Notoatmojo (2010), penelitian *survey* tidak dilakukan intervensi atau perlakuan terhadap variabel, tetapi sekedar mengamati terhadap fenomena alam atau sosial, atau mencari hubungan fenomena tersebut dengan variabel-variabel yang lain. Penelitian *survey* tersebut dijelaskan secara deskriptif.

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 daun untuk diuji konsentrasi Pb nya. Sebagai data pendukung dilakukan uji kualitas air di kawasan mangrove tersebut. Data sekunder di dapat melalui kajian pustaka diantaranya majalah, buku, dan jurnal ilmiah. Sedangkan untuk mengetahui pola hubungan antara konsentrasi Pb di lingkungan (air dan sedimen) dengan konsentrasi Pb yang terdapat pada tanaman mangrove menggunakan rumus BCF dan TF (Gasperz, 1991).

3.3 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 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No.	Variabel	Alat	Bahan
1.	Suhu (°C)	Termometer Hg	- Air sampel
2.	Salinitas (ppt)	Refraktometer	- Air sampel
3.	pH	pH meter	- Air sampel
4.	Pb (ppm)	<ul style="list-style-type: none"> - Oven - Furnace (tanur) - Timbangan analitik - Wadah sampel - Labu takar 100 ml - Gelas beaker 100 ml - Cawan porselen - Hot plate - Kertas saring - Erlenmeyer 100ml - Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sampel akar yang terdiri akar nafas - Sampel daun tua - Sampel air - Sampel sedimen - Larutan HNO₃ 65% - Larutan HClO₄ - Larutan HCL - Aquadest
5.	Sampel daun, akar, dan sedimen	<ul style="list-style-type: none"> - Pisau - Coolbox - GPS - Gunting - Pipa PVC Diameter 10 cm 	<ul style="list-style-type: none"> - Kertas label - Kantong Plastik aquadest

3.4 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

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

Penentuan lokasi penelitian dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu memilih beberapa sampel tertentu yang dinilai sesuai dengan tujuan atau masalah penelitian (Nursalam, 2008).

Lokasi penelitian dibagi menjadi 5 stasiun. Penentuan posisi stasiun dengan menggunakan GPS (Global Positioning System). Kelima stasiun tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Stasiun 1 merupakan lokasi yang berada pada Sungai Porong, dimana lokasi ini terdapat dermaga untuk tempat berlabuh perahu nelayan. Titik koordinat stasiun 1 adalah $7^{\circ}33'58.4''$ LS dan $112^{\circ}52'11.7''$ BT.
- b) Stasiun 2 terletak ± 100 m dari stasiun 1. Pada stasiun 2 terdapat jembatan kecil. Titik koordinat stasiun 2 adalah $7^{\circ}33'32.8''$ LS dan $112^{\circ}52'24.8''$ BT.
- c) Stasiun 3 berada di tengah pulau sarinah. Pada stasiun 3 terdapat sungai kecil. Titik koordinat stasiun 3 adalah $7^{\circ}33'59.3''$ LS dan $112^{\circ}52'16.7''$ BT.
- d) Stasiun 4 berjarak ± 100 m dari stasiun 3. Pada stasiun 4 terdapat sungai kecil. Titik koordinat stasiun 4 adalah $7^{\circ}33'59.3''$ LS dan $112^{\circ}52'25.3''$ BT.
- e) Stasiun 5 merupakan lokasi yang berada pada Sungai Porong yang bersebelahan dengan Pulau Dem. Titik koordinat stasiun 5 adalah $7^{\circ}33'58.6''$ LS dan $112^{\circ}52'26.8''$ BT.

Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada lampiran 1.

3.5. Pengambilan 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 konsentrasi logam berat Pb dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang.

Menurut Mulyadi *et al.* (2009), pengambilan sampel akar dan daun mangrove dalam penelitian ini menggunakan transek berukuran 10x10 m. Pohon yang dijadikan sampel adalah pohon yang berdiameter batang 15-25 cm dan tinggi berkisar 3-5 m, 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 *Avicennia alba* adalah:

- 1) Akar: akar yang diambil adalah akar kawat sepanjang 10 – 20 cm dengan diameter 0,4-0,6 cm yang terendam tanah. Sampel akar mangrove diambil ± 5 g dengan cara dipotong dengan menggunakan parang. Setelah sampel akar diambil, dimasukkan ke dalam plastik yg sudah diberi label dan dimasukkan ke dalam cool box dengan suhu 4-5°C sebelum dilakukan uji laboratorium.
- 2) Daun: Sampel daun yang diambil adalah daun tua yang berwarna hijau yang terletak pada cabang pertama pohon *Avicennia alba* dengan ukuran panjang 9,7-13,9 cm, lebar 2,8-4,7 cm, dengan jumlah daun sekitar 30 daun. Sampel daun kemudian diletakkan kedalam plastik yang telah diberi label dan dimasukkan ke dalam cool box dengan suhu 4-5°C sebelum dilakukan uji laboratorium.

3.5.2 Pengambilan Sampel Air dan Sedimen

Sebagai data penunjang dilakukan juga perhitungan konsentrasi Pb pada air permukaan dan sedimen. Selain itu, dihitung kualitas air di lokasi penelitian meliputi suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut.

Adapun prosedur pengambilan sampel air dan sedimen sebagai berikut:

- 1) Prosedur Pengambilan Sampel Air

Sampel air diambil secara langsung dan dimasukkan ke dalam botol air mineral yang terlebih dahulu dikalibrasi dengan air sampel dari daerah penelitian.

Kemudian sampel air diambil sebanyak 600 ml dan dimasukkan ke dalam botol, lalu ditambahkan dengan HNO₃ pekat sebanyak 1 ml. HNO₃ digunakan agar tidak kehilangan logam-logam yang akan dianalisa akibat penguapan. Kemudian simpan pada cool box dengan suhu 4°C dan selanjutnya di analisa konsentrasi logam berat di laboratorium.

2) Prosedur Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen diambil secara komposit berdasarkan karakteristik pohon mangrove yang diteliti dengan menggunakan pipa PVC, dengan cara menancapkan pipa PVC ke dalam sedimen pada kedalam 10 – 30 cm pada masing-masing stasiun. Kemudian sampel sedimen dimasukkan ke dalam plastik yang telah diberi label. Sampel disimpan di dalam cool box dengan suhu 4°C dan selanjutnya di analisa konsentrasi logam berat Pb di laboratorium.

3.6 Analisis Sampel

3.6.1 Suhu

Menurut Siregar (2009), prosedur pengukuran suhu sebagai berikut:

- 1) Memasukkan *thermometer* Hg ke dalam perairan dengan arah berlawanan dari cahaya matahari dan ditunggu beberapa saat sampai air raksa dalam *thermometer* berhenti pada skala tertentu \pm 2-3 menit
- 2) Membaca nilai suhu pada skala *thermometer* secepatnya, sebelum terpengaruh oleh suhu sekitar
- 3) Mencatat dalam skala °C.

3.6.2 Salinitas

Menurut Mandagi *et al.* (2013), prosedur pengukuran salinitas adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan kalibrasi refraktometer dengan aquadest
- 2) Meneteskan air sampel yang ingin diketahui salinitasnya

- 3) Mengarahkan pada cahaya matahari
- 4) Menentukan salinitas perairan dengan melihat skala pada sisi kanan atas
- 5) Mencatat hasilnya

3.6.3 Derajat Keasaman

Menurut Kurniawan *et al.* (2013), prosedur pengukuran pH menggunakan pH meter adalah sebagai berikut:

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

3.7 Analisis Data

3.7.1 Analisa Logam Berat Pb Total pada Akar dan Daun

Prosedur timbal (Pb) pada akar dan daun adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang contoh 2 g, masukkan kedalam cawan porselen.
- 2) Masukkan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu 103°C selama 2 jam
- 3) Mendinginkan, tambahkan 5 ml larutan aquaregia (3 HCl; 1 HNO₃) panaskan diatas kompor listrik sampai asat, lalu dinginkan.
- 4) Menambahkan larutan HNO₃, panaskan diatas kompor listrik perlahan – lahan 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
- 5) Menyaring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 6) Kemudian baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya



3.7.2 Analisa Logam Berat Pb Total pada Air

Prosedur analisis timbal (Pb) pada air (Laboratorium Kimia FMIPA UB, 2016) adalah sebagai berikut:

- 1) Mengambil air sampel dengan pipet volume 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml.
- 2) Menambahkan 5 ml aquaregia, dipanaskan di atas kompor listrik sampai asat lalu didinginkan.
- 3) Menambahkan larutan HNO_3 , panaskan diatas kompor listrik perlahan-lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
- 4) Menyaring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 5) Kemudian baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.7.3 Analisa Logam Berat Pb Total pada Sedimen

Prosedur timbal (Pb) pada sedimen (Laboratorium Kimia FMIPA UB, 2016) adalah sebagai berikut:

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

3.7.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF)

Untuk mengetahui terjadi akumulasi logam berat Pb pada *Avicennia alba* dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, air, akar dan daun. Perbandingan antara konsentrasi logam di akar dan daun dengan konsentrasi di sedimen dan air dikenal dengan *bioconcentration factor (BCF)*. Menurut Siahaan *et al.* (2013) dengan rumus:

$$BCF \text{ Pb} = \frac{\text{Logam Berat Pb pada Akar/Daun}}{\text{Logam Berat Pb Pada Sedimen}}$$

Dimana, jika $BCF > 1000$ = kemampuan tinggi

$1000 > BCF > 250$ = kemampuan sedang

$BCF < 250$ = kemampuan rendah

BCF pada akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam berat Pb pada akar yang berasal dari lingkungan (MacFarlane *et al.*, 2007).

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

$$TF \text{ Pb} = \frac{\text{Logam Berat Pb pada Daun}}{\text{Logam Berat Pb Pada Akar}}$$

Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke daun (MacFarlane *et al.*, 2007). 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

Kemudian menghitung nilai FTD (fitoremediasi) untuk mengetahui dasar suatu tanaman dapat dijadikan sebagai fitoremediasi perairan. FTD (fitoremediasi) adalah selisih antara nilai BCF dan nilai TF, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$FTD = BCF - TF$$

Nilai FTD akan mencapai nilai yang maksimal jika nilai BCF tinggi dan nilai TF rendah (Yoon *et al.*, 2006 dalam Hamzah dan Agus, 2010).



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pulau Sarinah tepatnya di Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Menurut Website Pemerintah Kabupaten Sidoarjo (2015), Kecamatan Jabon terletak pada posisi geografis dengan koordinat antara 112°42'19.87" - 112°44'0.56" Bujur Timur dan 7°31'3.20" - 7°32'30.03" Lintang Selatan.

Menurut data yang didapatkan dari Kecamatan Jabon (2012), Kecamatan Jabon merupakan salah satu wilayah yang berbatasan langsung dengan Muara Sungai Porong dengan batas-batas wilayah yaitu, sebelah utara berbatasan dengan Desa Tambak Kalisogo, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Kedungringin (Kec. Beji), sebelah barat berbatasan dengan Desa Semambung dan sebelah timur berbatasan dengan Desa Kedung Boto (Kec. Beji). Kecamatan Jabon memiliki 15 desa dengan luas wilayah sebesar 80.998 km². Jumlah penduduk yang berada pada Kecamatan Jabon sebesar 3.738 jiwa. Mayoritas agama yang dianut yaitu agama Islam. Tingkat pendidikan rata-rata masyarakat sekitar adalah lulusan SMA/ Madrasah sederajat.

Transportasi menuju Kecamatan Jabon dapat ditempuh menggunakan kendaraan pribadi atau transportasi umum. Pada saat memasuki wilayah Kecamatan Jabon dapat dilihat sungai yang cukup panjang yaitu Sungai Porong. Di Muara Sungai Porong terdapat Pulau Sarinah yang merupakan pulau hasil sedimentasi pengerukan lumpur di Muara Sungai Porong yang dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten setempat pada tahun 2011. Transportasi menuju Pulau Sarinah dilakukan dengan menggunakan perahu milik salah satu warga sekitar. Waktu yang ditempuh untuk sampai ke Pulau Sarinah kurang lebih 20 menit dari dermaga Sungai Porong.

4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

4.2.1 Stasiun 1

Stasiun 1 terletak di daerah *downstream* yang paling dekat dengan Sungai Porong. Di samping stasiun 1 terdapat dermaga untuk tempat berlabuh kapal. Secara fisik, kondisi perairan pada stasiun 1 cenderung tenang dan perairan berwarna coklat lumpur. Stasiun 1 terletak pada koordinat $7^{\circ} 33' 58.4''$ LS dan $112^{\circ} 52' 11.7''$ BT. Stasiun 1 dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Stasiun 1

4.2.2 Stasiun 2

Stasiun 2 terletak ± 100 meter dari stasiun 1. Warna perairan pada stasiun 2 coklat kehitaman seperti lumpur. Stasiun 2 terletak pada koordinat $7^{\circ} 33' 32,8''$ LS dan $112^{\circ} 52' 24,8''$ BT. Stasiun 2 dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Stasiun 2

4.2.3 Stasiun 3

Stasiun 3 terletak di tengah - tengah Pulau Sarinah berjarak ± 100 meter dari stasiun 2. Pada stasiun 3 terdapat sungai yang mengalir berwarna coklat kehitaman dengan substrat lumpur. Stasiun 3 terletak pada koordinat $7^{\circ} 33' 59,3''$ LS dan $112^{\circ} 52' 16,7''$ BT. Stasiun 3 dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Stasiun 3

4.2.4 Stasiun 4

Stasiun 4 terletak di tengah - tengah Pulau Sarinah. Pada stasiun 4 terdapat jembatan dan dialiri sungai. Kondisi perairan di stasiun 4 berwarna coklat kehitaman. Stasiun 4 terletak pada koordinat $7^{\circ} 33' 59,3''$ LS dan $112^{\circ} 52' 25,3''$ BT. Stasiun 4 dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Stasiun 4

4.2.5 Stasiun 5

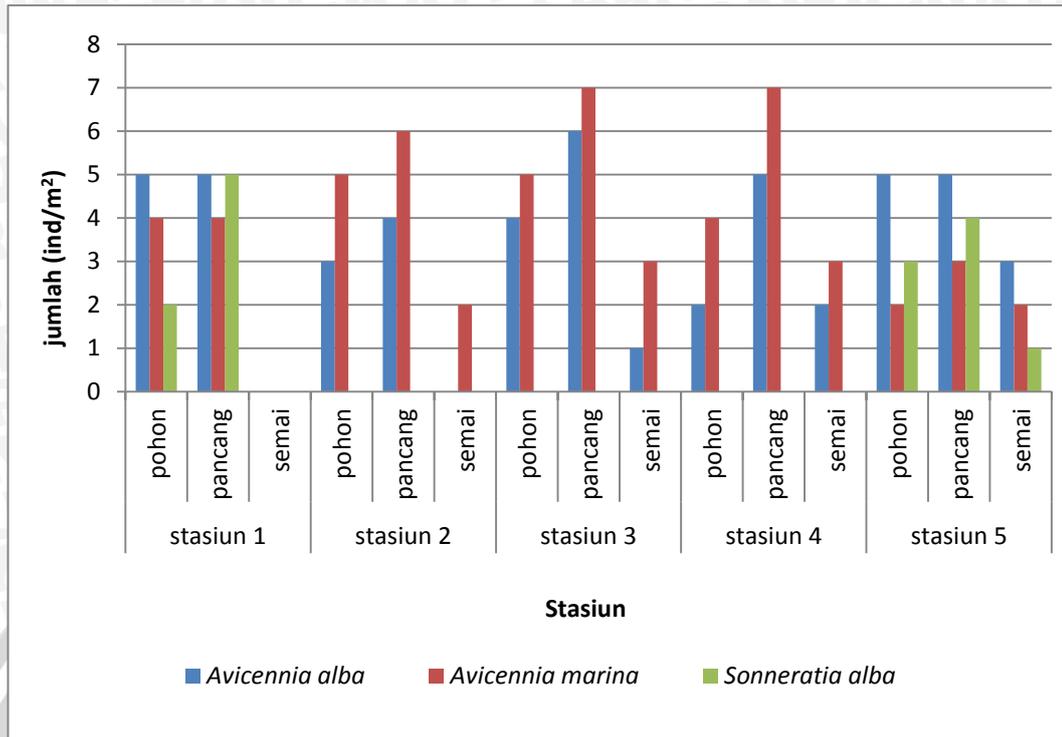
Stasiun 5 merupakan daerah hilir sungai yang berdekatan dengan Pulau Dem. Perairan pada stasiun ini cenderung berarus lebih deras dibanding dengan stasiun lain. Perairan berwarna coklat keruh. Stasiun 5 terletak pada koordinat $7^{\circ} 33' 58,6''$ LS dan $112^{\circ} 52' 26,8''$ BT. Stasiun 5 dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Stasiun 5

4.3 Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah

Berdasarkan pengamatan, jenis-jenis mangrove yang ditemukan di Pulau Sarinah diperoleh 3 jenis mangrove yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*. Pada setiap stasiun pengamatan dibuat *line transect* menggunakan tali rafia dengan kriteria, plot pohon berukuran 10x10 m, plot pancang berukuran 5x5 m, dan plot semai berukuran 2x2 m. Data hasil pengamatan jenis dan ukuran mangrove dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur Vegetasi Mangrove di Pulau Sarinah pada April 2016

Dari gambar 9 dapat disimpulkan bahwa dari stasiun 1 sampai stasiun 5 paling banyak ditemukan mangrove jenis *A.alba* dan *A.marina*. Hal ini dikarenakan stasiun 1 sampai stasiun 5 memiliki substrat yang berlumpur sehingga cocok untuk tempat tumbuh mangrove jenis *Avicennia sp.* Supriharyono (2002), menjelaskan bahwa *Avicennia alba* seringkali mendominasi vegetasi mangrove pada tanah yang berlumpur. *Avicennia marina* merupakan salah satu jenis mangrove yang dapat bertahan pada tempat-tempat yang bersalinitas hingga lebih dari 90 ppt. Sedangkan mangrove jenis *Sonneratia alba* hanya ditemukan di stasiun 1 dan stasiun 5 karena mangrove jenis ini cenderung tumbuh di zona terluar yaitu daerah paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir. Menurut Watson (1928) dalam Talib (2008) bahwa mangrove jenis *Sonneratia* merupakan jenis mangrove yang berada pada zona terluar yang paling dekat dengan laut, dengan substrat lumpur yang lunak. Syah (2011)

menambahkan, pembagian zona mulai dari bagian yang paling kuat mengalami pengaruh angin dan ombak, yakni zona terdepan yang digenangi air berkadar garam tinggi dan ditumbuhi pohon pioner (*Sonneratia sp.*) dan di tanah lebih padat tumbuh *Avicennia sp.* Makin ke darat semakin tinggi letak tanah dan dengan melalui beberapa zona peralihan akhirnya sampailah pada bentuk klimaks. Hastuti *et al.*, (2013) menyatakan bahwa secara ekologis untuk membedakan tumbuhan kedalam stadium pertumbuhan semai, pancang, dan pohon untuk tumbuhan mangrove cukup penting, oleh karena itu diperlukan kriteria sebagai berikut:

- a) Semai yaitu permudahan mulai dari kecambah sampai anakan setinggi kurang dari 1 m dengan diameter ≤ 1 cm
- b) Pancang yaitu permudahan dengan tinggi 1 m sampai anakan yang berdiameter > 1 cm dan < 4 cm
- c) Pohon yaitu pohon dewasa yang memiliki tinggi lebih dari 1 m dengan diameter ≥ 4 cm

Untuk kerapatan jenis, kerapatan relatif, indeks keanekaragaman dan indeks dominansi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kerapatan, indeks keanekaragaman dan indeks dominansi

No	Spesies	K (ind/m ²)	KR (%)	H'	C
1.	<i>A. alba</i>	1	33	0,36	0,16
2.	<i>A. marina</i>	1	33	0,35	0,2116
3.	<i>S. alba</i>	1	33	0,25	0,0144

Keterangan:

K= kerapatan jenis

KR= kerapatan relatif

H'= indeks keanekaragaman

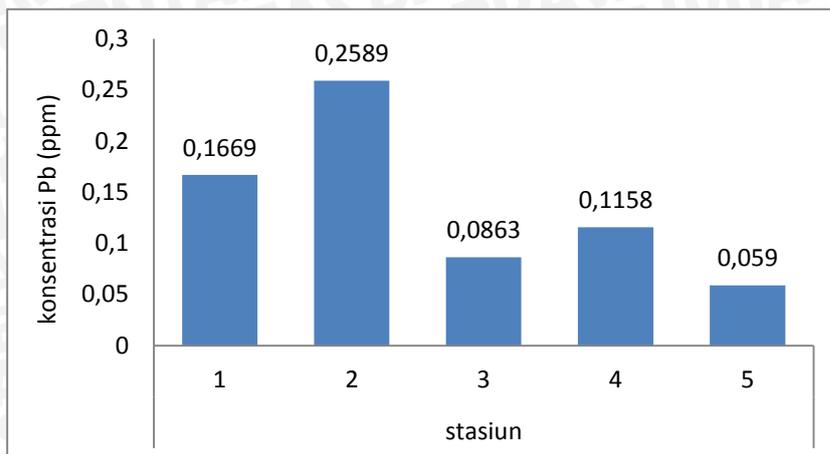
C= indeks dominansi

Dari tabel 2 diperoleh perhitungan hasil kerapatan spesies mangrove *A. alba*, *A. marina* dan *S. alba* dalam luas area 500 m² yaitu 1 ind/m². Sehingga dapat disimpulkan mangrove di area tersebut termasuk kategori kerapatan jarang, hal ini mengacu pada kriteria baku mutu kerapatan mangrove menurut Keputusan

Menteri Negara Lingkungan Hidup No.201 Tahun 2004 bahwa kriteria baku mutu kerapatan mangrove, kerapatan padat ≥ 1.500 ind/Ha, sedang $\geq 1.000 - 1.500$ ind/Ha dan jarang < 1.000 ind/Ha. Untuk menghitung keanekaragaman, maka digunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (1984) dalam Fachrul (2007) sebagai petunjuk pengolahan data. Dari perhitungan tersebut diperoleh hasil pada tabel 2 yaitu, keanekaragaman spesies mangrove *A. alba*, *A.marina* dan *S.alba* kurang dari 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keanekaragaman vegetasi mangrove di daerah tersebut termasuk rendah. Menurut Barbour et al. (1987) dalam Ningsih (2008), tingkat keanekaragaman vegetasi dapat ditentukan berdasarkan nilai indeks keanekaragaman jenis (H') dengan kriteria sebagai berikut : Tinggi jika $H' > 3$, Sedang jika $2 < H' < 3$, dan Rendah jika $0 < H' < 2$. Indeks Dominansi dihitung dengan menggunakan rumus indeks dominansi dari Simpson (Browerdab Zar, 1989 dalam Talib, 2008) yaitu, diperoleh hasil kurang dari 1, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada spesies mangrove yang mendominasi. Indeks dominansi berkisar antara 0 sampai 1, dimana semakin kecil nilai indeks dominansi maka menunjukkan bahwa tidak ada spesies yang mendominasi, sebaliknya semakin besar dominansi maka menunjukkan ada spesies tertentu (Odum, 1971 dalam Talib, 2008). Perhitungan kerapatan, indeks keanekaragaman dan indeks dominansi dapat dilihat pada lampiran 2.

4.4 Konsentrasi Pb di Air

Pengambilan sampel air diambil di 5 stasiun di Pulau Sarinah. Pada masing-masing stasiun diambil 1 titik pengambilan sampel. Sampel air dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang dengan hasil seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Konsentrasi Pb di air pada April 2016

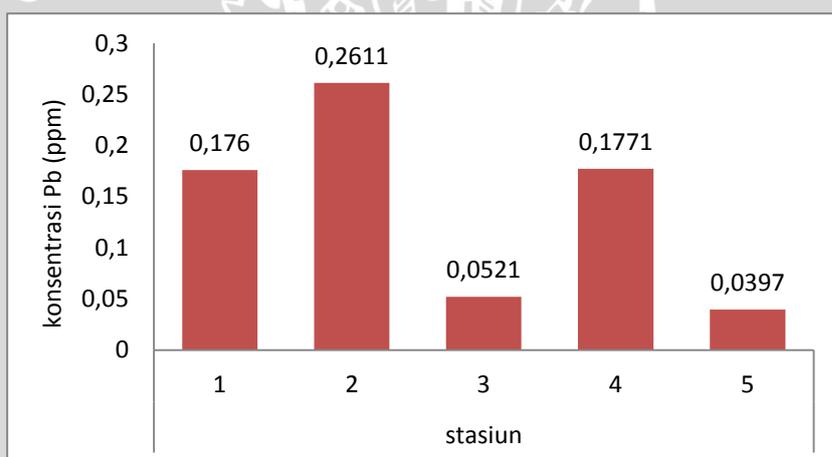
Berdasarkan Gambar 10. konsentrasi logam berat Pb tertinggi terdapat pada stasiun 2 karena hal ini dipengaruhi oleh lokasi stasiun 2 yang berada di tengah kawasan mangrove dan tidak mendapat pengaruh langsung dari pasang surut yang dapat menyebabkan pengenceran. Sedangkan konsentrasi Pb paling sedikit terdapat pada stasiun 5 dikarenakan pada saat pengambilan sampel kondisi sedang dalam keadaan pasang dan stasiun ini berdekatan dengan laut dan terkena pengaruh langsung dari pasang surut yang dapat menyebabkan pengenceran pada air. Selain itu, konsentrasi Pb yang terdapat pada perairan juga dipengaruhi aktivitas manusia, menurut Hastuti dan Sulistyarsa (2012), logam berat timbal banyak dihasilkan oleh berbagai aktivitas manusia diantaranya aktivitas industry, pelabuhan, perikanan (tambak) dan bahan bakar kapal nelayan dimana dari aktivitas tersebut menyumbang bahan pencemar yang masuk ke perairan dan terbawa arus menuju aliran Muara Sungai Porong.

Stasiun 5 yang berada di dekat laut cenderung mempunyai konsentrasi Pb lebih sedikit daripada stasiun yang jauh dari laut. Hal ini bisa terjadi dikarenakan adanya pengenceran di laut. Pernyataan ini sesuai dengan Zaman dan Syarifudin (2007), pada stasiun yang lebih menuju laut mempunyai logam berat yang menurun. Hal tersebut disebabkan oleh pengenceran polutan oleh

massa air laut dan oleh adanya proses adveksi dan disperse yang menyebabkan polutan menyebar dan konsentrasinya menurun. Rochayatun *et al.* (2005) menambahkan selain dari aktivitas manusia, kondisi pola arus pasang surut yang cukup tenang menyebabkan bahan cemaran yang mengandung logam Pb mengalami proses pengenceran cukup rendah, kemudian akan mengendap di dasar laut.

4.5 Konsentrasi Pb di Sedimen

Pengambilan sampel sedimen diambil di 5 stasiun di Pulau Sarinah. Pada masing-masing stasiun diambil 1 titik pengambilan sampel. Sampel sedimen dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang dengan hasil seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Konsentrasi Pb di sedimen pada April 2016

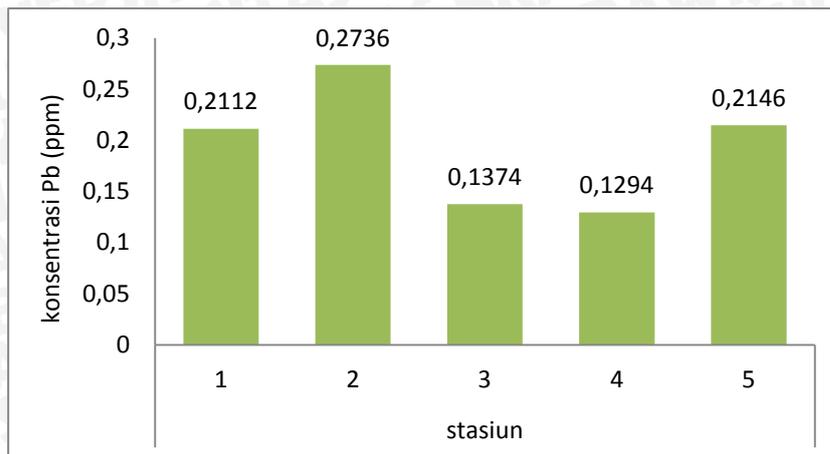
Pada Gambar 11. konsentrasi Pb tertinggi dalam sedimen terdapat pada stasiun 2, yaitu stasiun yang terdapat aliran sungai yang berasal dari sungai porong yang membawa buangan limbah rumah tangga dan sisa gas kendaraan bermotor. Menurut Palar (2015), sumber Pb dapat berasal dari hasil samping gas kendaraan bermotor yaitu berupa senyawa *tetrametil-Pb* dan *tetraetil-Pb* yang merupakan bahan tambahan dalam bahan kendaraan bermotor yang berfungsi

sebagai *anti-knock* pada mesin kendaraan. Murtini dan Peranginangin (2006), menambahkan bahwa Pb dapat masuk ke perairan melalui proses pengendapan dan jatuhnya debu yang mengandung Pb dari hasil pembakaran bensin, erosi dan limbah industri.

Konsentrasi Pb dalam sedimen terendah terdapat pada stasiun 5, karena stasiun 5 merupakan daerah yang berdekatan dengan laut sehingga terkena pengaruh pasang surut yang mempengaruhi proses pengendapan. 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. Menurut Rochyatun *et al.* (2006), logam berat yang semula terlarut dalam air sungai diadsorpsi oleh partikel halus (*suspended solid*) dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara. Air sungai bertemu dengan arus pasang di muara sungai, sehingga partikel halus tersebut mengendap di muara sungai. Hal inilah yang menyebabkan kadar logam berat dalam sedimen muara lebih tinggi dari laut lepas. Pada umumnya muara sungai mengalami proses sedimentasi, dimana logam yang sukar larut mengalami proses pengenceran yang berada di kolom air lama kelamaan akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen.

4.6 Konsentrasi Pb di Akar

Pengambilan sampel akar diambil di 5 stasiun di Pulau Sarinah. Pada masing-masing stasiun diambil 1 titik pengambilan sampel. Sampel akar dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang dengan hasil seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. Konsentrasi Pb di akar *A. alba* pada April 2016

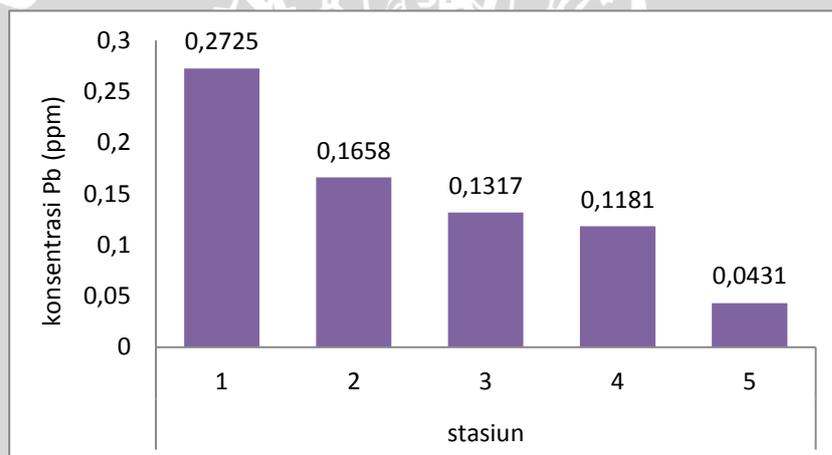
Pada Gambar 12 konsentrasi Pb tertinggi pada akar terdapat pada stasiun 2 karena lokasi stasiun 2 yang berada di tengah kawasan mangrove dan tidak mendapat pengaruh langsung dari pasang surut yang dapat menyebabkan pengendapan pada sedimen yang kemudian logam berat tersebut diserap oleh akar. Menurut Defew *et al.* (2004), logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Hamzah dan Setiawan (2010) menambahkan, akar *A. alba* mampu menyerap logam berat di lingkungannya karena akar secara langsung berhadapan dengan sedimen dan dalam durasi yang lama akar mangrove hampir terus terendam oleh sedimen. Penyerapan logam berat di akar mangrove dari sedimen terakumulasi di akar.

Konsentrasi Pb terendah pada akar terdapat pada stasiun 4. Konsentrasi Pb yang lebih rendah pada akar dibandingkan dengan konsentrasi Pb pada sedimen juga terjadi akibat peran akar dengan karakteristiknya yaitu akar dapat menjadi penyaring dalam penyerapan logam berat. Hal ini merujuk pada pendapat Baker (1991) dalam Farlane *et al.* (2003) yaitu 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. Dimulai dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan fitokelatin.

4.7 Konsentrasi Pb di Daun

Pengambilan sampel daun diambil di 5 stasiun di Pulau Sarinah. Pada masing-masing stasiun diambil 1 titik pengambilan sampel. Sampel daun dianalisis di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang dengan hasil seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Konsentrasi Pb di daun *A. alba* pada April 2016

Pada Gambar 13 konsentrasi Pb terbesar didapat pada stasiun 1 yang terletak di muara sungai. *Avicennia alba* sebagai pembatas terluar, berhadapan langsung dengan perairan. Letak *Avicennia alba* yang berada tepat di pinggir muara, mendapat masukkan logam pertama secara langsung, baik dari sedimen maupun kolom air. Hal tersebut mengakibatkan *Avicennia alba* akan mengakumulasi logam Pb yang diterima oleh mangrove di perairan. Hal ini

mengakibatkan konsentrasi Pb yang diserap oleh akar akan didistribusikan ke daun. Menurut Munawar (2010), 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 khelat, seperti protein dan glukosida yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun dan bagian lainnya. Hasil uji konsentrasi Pb pada air, sedimen, akar dan daun dapat dilihat pada lampiran 4.

4.8 Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF)

Menurut Hamzah dan Setiawan (2010), perbandingan antara konsentrasi logam di akar dengan konsentrasi di sedimen dikenal dengan *Bioconcentration factor* (BCF). Setelah nilai BCF diketahui, maka perlu dihitung TF (perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan akar) untuk menentukan kemampuan tanaman *Avicennia alba* dalam mengakumulasi logam berat Pb. *Bioconcentration factor* (BCF) dan *Translocation factor* (TF) bisa digunakan untuk menduga tumbuhan yang bisa dijadikan sebagai fitoremediasi. Nilai BCF dan TF di setiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai BCF, TF dan FTD

No.	Parameter	Stasiun					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1.	BCF	0.808	1.554	2.637	0.730	5.405	2.227
2.	TF	1.290	0.605	0.958	0.912	0.200	0.793
3.	FTD	-0.481	0.948	1.678	-0.182	5.204	1.433

Hasil rata-rata faktor biokonsentrasi (BCF) menunjukkan bahwa kemampuan akumulasi akar *A. alba* ini masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan indeks faktor biokonsentrasi menurut Siahaan *et al.* (2013), yaitu nilai $BCF < 250$. Menurut Yoon *et al.*, (2006), beberapa tanaman dalam pertumbuhannya akan selalu mengakumulasi logam berat di dalam akar karena akar merupakan organ yang langsung berhubungan dengan tanah, akan tetapi beberapa tanaman akan menghasilkan nilai TF dan BCF yang rendah. Hal itu menunjukkan bahwa tanaman tersebut mempunyai kemampuan yang terbatas dalam mengakumulasi logam berat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tanaman *Avicennia alba* mempunyai daya akumulasi logam berat yang terbatas. Selain BCF, perhitungan nilai faktor translokasi (TF) juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk mentranslokasikan logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan (Mellem *et al.*, 2012). Hasil perhitungan rata-rata faktor translokasi di Pulau Sarinah yaitu 0.793. Nilai TF yang rendah menunjukkan bahwa logam berat Pb tersebut tidak ditranslokasikan ke daun tetapi terakumulasi dalam akar, seperti yang dikatakan oleh Kim *et al.*, (2003) bahwa nilai TF rendah dikarenakan rendahnya translokasi logam berat Pb dalam tanaman, diindikasikan bahwa tanaman tersebut khususnya *A. alba* tidak banyak mentransfer Pb dari akar ke bagian yang lain karena sifat Pb yang toksik. Kathiseran dan Bingham (2011) menambahkan bahwa akar yang ada di dalam tanah akan melepaskan oksigen yang membentuk kepingan-kepingan besi (*iron plaques*), yang menempel pada permukaan dan mencegah logam dari sedimen memasuki sel-sel akar. Di jaringan akar yang dimasuki oleh logam terjadi mekanisme yang membuat logam tidak bisa tersirkulasi secara bebas ke dalam tanaman. Akibatnya, jumlah konsentrasi logam berat semakin berkurang dari akar ke daun. Hal tersebut diperkuat dengan penelitian Hamzah dan Setiawan (2010) yang menyatakan, bahwa logam berat Pb merupakan logam yang

memiliki daya translokasi rendah. Hasil dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa *Avicennia alba* bukanlah tumbuhan hiperkumulator, sebab untuk menjadi tumbuhan hiperakumulator, besar faktor translokasi harus lebih dari satu ($TF > 1$) (Lorestani *et al.*, 2011). Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi pada jaringan permukaan (*above ground*) di habitat alaminya (Baker dan Brooks, 1984 dalam Siahaan *et al.*, 2013).

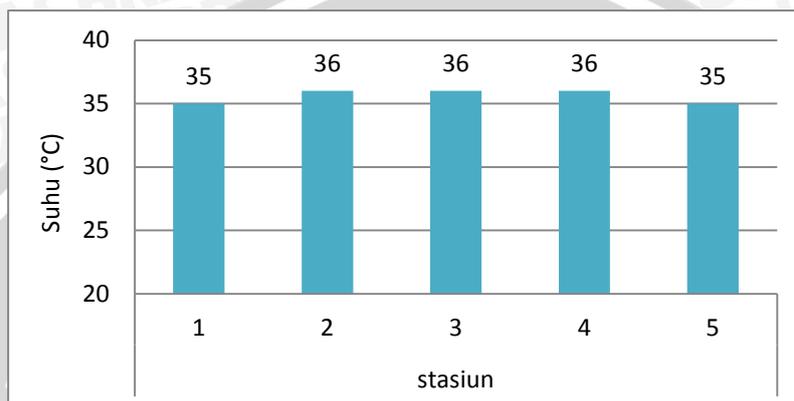
Menurut Yoon *et al.* (2006) nilai FTD maksimal adalah nilai yang mendekati angka 1 dan nilai FTD akan maksimal bila nilai BCF lebih tinggi daripada nilai TF. Hasil perhitungan pada penelitian ini menunjukkan nilai $FTD > 1$ serta nilai $TF < 1$ dan $BCF > 1$ sehingga dapat disimpulkan bahwa mangrove *A. alba* dapat digunakan sebagai fitoremediasi yaitu fitostabilisasi. Fitostabilisasi adalah suatu fenomena diproduksinya senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizosfer (Priyanto dan Joko, 2009). Fitostabilisasi dapat digunakan sebagai pengurangan perpindahan logam berat ke dalam sedimen melalui proses penyerapan oleh akar tanaman. Tanaman dapat menghentikan daya absorpsi dan akumulasi logam berat melalui akar, atau presipitasi sampai *rhizosphere*. Proses ini akan mengurangi pergerakan logam dan melepaskannya sampai permukaan air, dan juga dapat mengurangi bioavailabilitas logam dalam rantai makanan (Susarla *et al.*, 2002). Perhitungan nilai BCF, TF dan FTD dapat dilihat pada lampiran 3.

4.9 Parameter Kualitas Air

4.9.1 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 di sekelilingnya dan juga oleh faktor kanopi (penutupan oleh vegetasi) dari pepohonan yang tumbuh di tepi. Nilai hasil pengamatan suhu pada masing-masing stasiun terdapat pada Gambar 14.



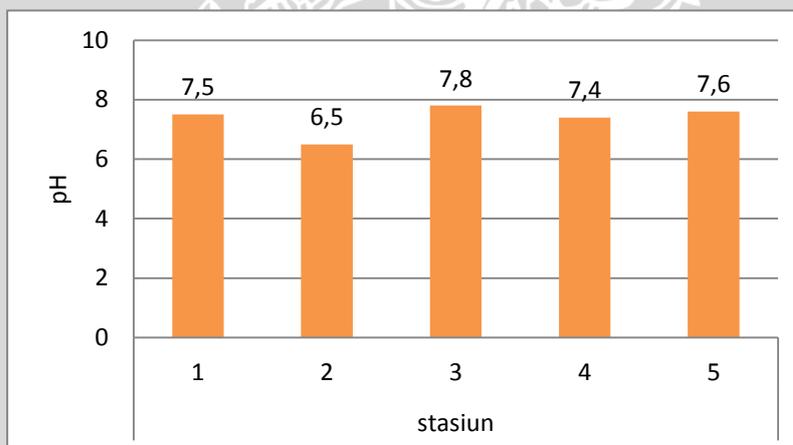
Gambar 14. Grafik hasil pengukuran suhu bulan April 2016

Pengukuran suhu dilakukan di 5 stasiun. Pada masing-masing stasiun diambil 1 titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran suhu di 5 stasiun berkisar antara 35-36°C. Pada saat pengukuran sampel di Pulau Sarinah cuaca dalam kondisi cerah. Menurut Purnobasuki (2005), suhu optimal untuk kehidupan mangrove berkisar antara 26-30°C. Menurut pernyataan diatas, dapat disimpulkan bahwa suhu air di kawasan mangrove Pulau Sarinah termasuk tinggi. Menurut Haslam dan Agus (1995) kenaikan suhu badan air dapat dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman dari badan air. Field (1995) menambahkan, bahwa sedikit peningkatan dalam suhu air memberikan pengaruh langsung yang relatif kecil terhadap mangrove, namun bila suhu lebih tinggi dari 35°C, maka akan memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap struktur akar, pembentukan semai dan proses fotosintesis. Kenaikan suhu diatas kisaran toleransi organisme dapat meningkatkan laju metabolisme, seperti

pertumbuhan, reproduksi dan aktivitas organisme (Erlangga, 2007). Somero *et al.*, (1997) dalam Hutagalung (1988), mengatakan bahwa kenaikan suhu tidak hanya akan meningkatkan metabolisme biota perairan, namun kelarutan logam dalam air juga akan meningkat dan reaksi antara ion logam berat dengan protein bersifat *exothermix* (membutuhkan panas).

4.9.2 pH Air

Derajat keasaman atau pH merupakan suatu indeks kadar ion hidrogen (H^+) yang mencirikan keseimbangan asam dan basa. Nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang besar terhadap organisme perairan sehingga seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan (Odum, 1971). Nilai hasil pengamatan pH pada masing-masing stasiun terdapat pada Gambar 15.



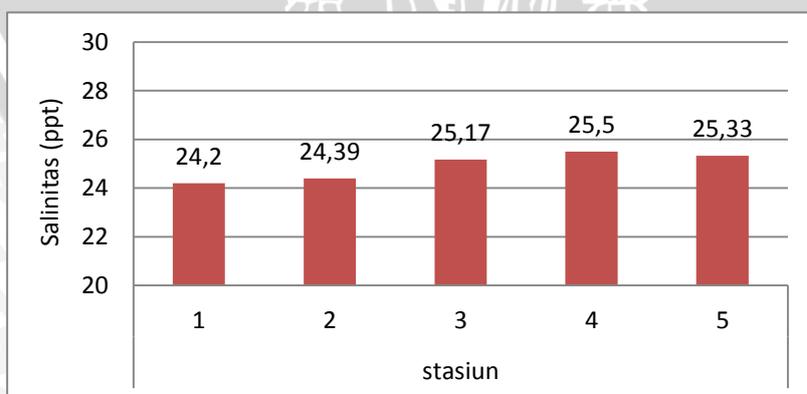
Gambar 15. Grafik hasil pengukuran pH bulan April 2016

Pengukuran pH dilakukan di 5 stasiun. Pada masing-masing stasiun diambil 1 titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran pH di 5 stasiun berkisar antara 6,5-7,8. Nilai pH pada kelima stasiun tersebut masih dalam keadaan normal dan aman bagi tumbuhan mangrove karena nilai pH pada kelima stasiun tersebut berkisar antara 6-9 artinya wilayah tersebut belum tercemar berat

sehingga aman bagi tumbuhan mangrove. Apabila nilai pH air kurang dari 5,0 atau lebih besar dari 9,0 maka perairan itu sudah tercemar berat sehingga kehidupan biota akuatik akan terganggu (Manik, 2003). Menurut Palar (2004), dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam berat dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam berat dalam air. Kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap membentuk lumpur. Rochyatun *et al.*, (2006) menambahkan, sedangkan penurunan pH air akan menyebabkan daya racun logam berat semakin besar.

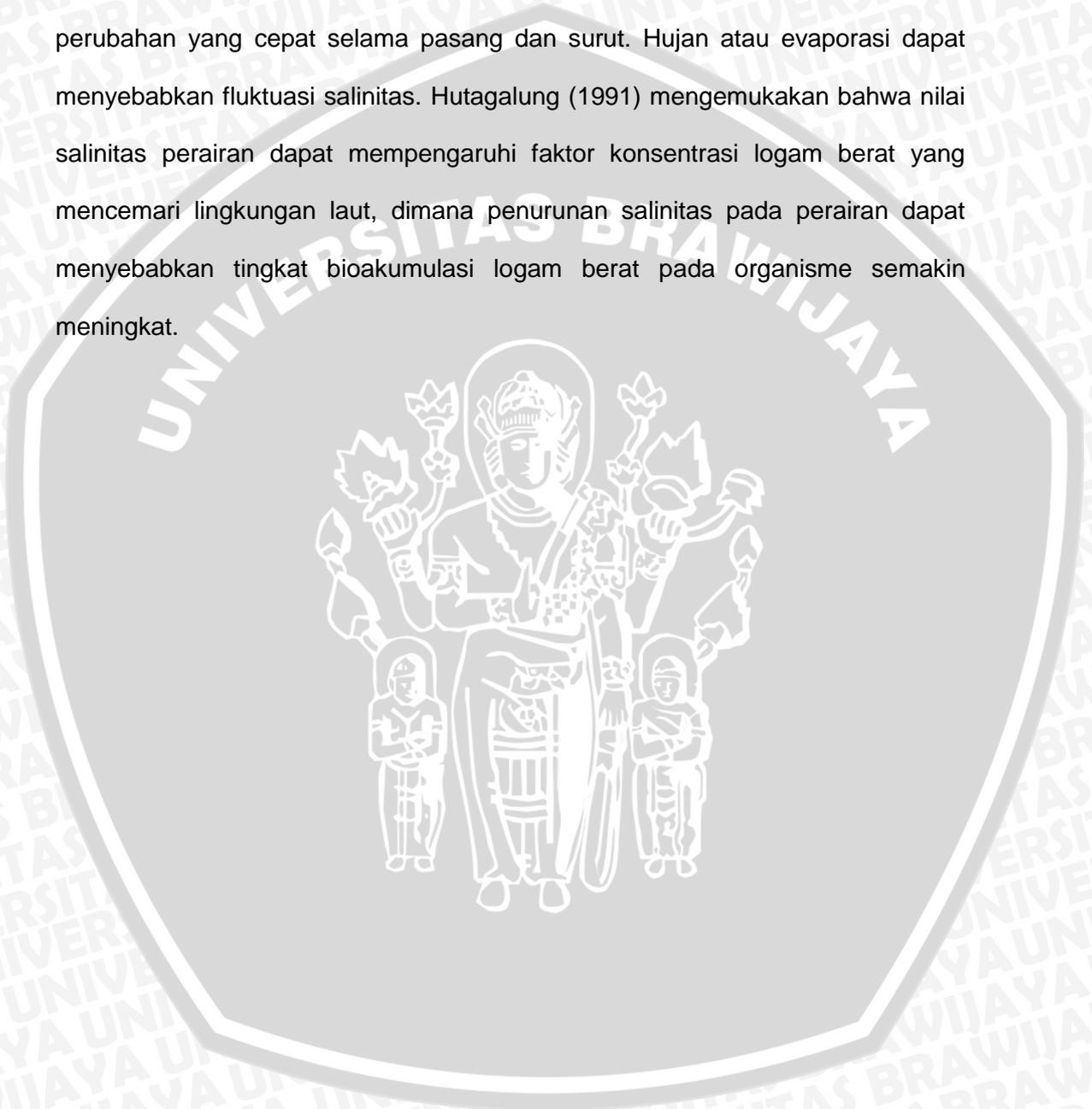
4.9.3 Salinitas

Menurut Effendi (2003), salinitas perairan menggambarkan konsentrasi garam suatu perairan. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), klorit (Cl), sulfat (SO₄) dan karbonat (HCO₃). Salinitas dinyatakan dalam satuan promil (‰). Nilai hasil pengamatan salinitas pada masing-masing stasiun terdapat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik hasil pengukuran salinitas bulan April 2016

Pengukuran salinitas dilakukan di 5 stasiun. Pada masing-masing stasiun diambil 1 titik pengambilan sampel. Hasil pengukuran salinitas di 5 stasiun berkisar antara 24,2-25,5 ppt. Menurut Jones (1984), salinitas air di area mangrove dapat berkisar antara hampir 0‰ sampai dengan 50‰ dengan perubahan yang cepat selama pasang dan surut. Hujan atau evaporasi dapat menyebabkan fluktuasi salinitas. Hutagalung (1991) mengemukakan bahwa nilai salinitas perairan dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat.



5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian Kadar Logam Berat Pb (Timbal) Pada Akar dan Daun Mangrove *Avicennia alba* Di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur adalah sebagai berikut:

- 1) Konsentrasi logam berat Pb pada air di kelima stasiun berkisar antara 0,059 – 0,258 ppm. Konsentrasi Pb pada sedimen di kelima stasiun yaitu berkisar antara 0,039 – 0,261 ppm. Konsentrasi Pb di air tertinggi pada stasiun 2 dan terendah pada stasiun 5. Sedangkan konsentrasi Pb di sedimen tertinggi pada stasiun 1 dan terendah pada stasiun 5.
- 2) Konsentrasi logam berat Pb pada akar *A.alba* di kelima stasiun berkisar antara 0,129 – 0,273 ppm. Konsentrasi Pb pada daun *A.alba* di kelima stasiun yaitu berkisar antara 0,043 – 0,272 ppm. Konsentrasi Pb di akar tertinggi pada stasiun 2 dan terendah pada stasiun 4. Sedangkan konsentrasi Pb di daun tertinggi pada stasiun 1 dan terendah pada stasiun 5.
- 3) Hasil perhitungan menunjukkan nilai FTD > 1 serta nilai TF < 1 dan BCF > 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa mangrove *A. alba* dapat digunakan sebagai fitoremediator yaitu fitostabilisator.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya dilakukan penelitian lanjutan mengenai logam berat Timbal (Pb) untuk mangrove jenis *Avicennia alba*, *Avicennia marina* atau *Sonneratia alba* pada bagian akar, daun, batang, atau buah yang terdapat di Pulau Sarinah untuk mengetahui perkembangan kadar logam beratnya dari tahun ke tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliyah, Sitta. 2008. Studi Adaptasi Morfologi Pneumatophore *Avicennia alba* di Kawasan Wonorejo-Surabaya. *Theses Summary*. ITS. Surabaya
- Amin, Bintal. 2002. Distribusi Logam Berat Pb, Cu dan Zn Pada Sedimen Di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau. *Jurnal Natur Indonesia*. 5 (1): 9-16. ISSN 1410-9379. Laboratorium Kimia Laut, Faperika, Universitas Riau
- Andarani, Pertiwi dan Dwina Roosmini. 2009. *Profil Pencemaran Logam Berat (Cu, Cr dan Zn) Pada Air Permukaan dan Sedimen di Sekitar Industri Tekstil PT X (Sungai Cikijing)*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan: ITB
- Anggoro. 2006. *Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Jaringan Daun Mangrove Rhizophora mucronata dan Avicennia marina di Kali Sapuragel dan Kali Donan, Kabupaten Cilacap*. Universitas Muhammadiyah Purwokerto
- Arisandi. 2001. *Mangrove Jenis Api-api (Avicennia marina) Alternatif Pengendalian Logam Berat Pesisir*. URL: <http://www.terranet.com/diakses> 17 Maret 2016 pukul 11.32
- Arisandy, K.R., E.Y. Herawati dan E. Suprayitno. 2011. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi Pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur .*Thesis*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya
- Babich, H. dan Stotzky G. 1978. *Effect Of Cadmium On The Biota: Influence of Environmental Factors*. Edvance in Apllied Microbiology
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan: USU Press.
- Barus, Sudirman. 1996. Vegetasi Mangrove di Pulau Sempu Desa Tambakrejo Kecamatan Sumbermanjing Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Bryan, G.W. 1976. *Heavy Metal Contamination in the Sea*. Marine Pollution. London Academic Press.
- Clark, John. 1974. *Coastal Ecosystem, Ecological Considerations for Management of The Coastal Zone*. The Conservation Foundation Washington D.C., p.178
- Connel, W.D. dan G.J Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Penerbit Universitas Indonesia. 520 hal
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI-Press. Jakarta
- _____. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi Logam Berat*. UI Press. Jakarta.

- Defew, L.H., M.M. James, dan M.G. Hector. 2004. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 547-552
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Erlangga. 2007. Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Propinsi Riau terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*). Bogor. *Thesis*. Sekolah Pascasarjana IPB. 87 hal
- Fachrul, M. F. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*, Penerbit Bumi Aksara: Jakarta
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Field, C.D. 1995. Impact of Expected Climate Change on Mangroves. *Hydrobiologia*. 295: 75-81
- Fitriana, Y. R. 2006. Keanekaragaman dan Kelimpahan Makrozoobentos di Hutan Mangrove Hasil Rehabilitasi Taman Hutan Raya Ngurah Rai Bali. *Jurnal Biodiversitas*. ISSN: 1412-033 X. Volume VII, Nomor I. Halaman: 67-72. Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Pertanian Universitas Lampung (UNILA). Bandar Lampung.
- Fitz, W.J and W.W. Wenzel. 2002. Arsenic Transformation in The Soil-Rhizosphere-Plant System, Fundamentals and Potential Application of Phytoremediation. *Biotechnol Journal*. 99: 259-278
- Gasperz,, V. 1991. *Metode Perancangan Percobaan*. CV. Amico: Bandung
- Handayani, Titin. 2006. Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 7(3): 266-270. ISSN: 1441-138X
- Hamzah, Faisal dan Agus Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(2): 41-52. FPIK-IPB: Bogor
- Harahap, S. 1991. *Pencemaran Laut Oleh Logam Berat dan Petunjuk Praktek Logam Berat*. Jakarta: Erlangga
- Haslam, Faisal dan Agus Setiawan. 1995. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(2): 41-52
- Hutabarat, Sahala dan Stewart M. Evans. 2006. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat Dalam Lingkungan Laut. *Pewarta Oceana*. IX(1): Hal 12-19
- _____. 1988. Pengaruh Suhu Air Terhadap Kehidupan Organisme Laut. *Jurnal Oseana*. 13(4): 153-164. ISSN 0216-1877

- _____. 1991. *Pencemaran Laut Oleh Logam Berat. Puslitbang Oseanologi. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. LIPI. Jakarta. Hal 45-59
- Hiralal, T. 2008. *Responses Of Avicennia marina (Forsk.) Vierh. To Contamination By Selected Heavy Metals*. School of Biological and Conservation Sciences University of KwaZulu-Natal (Westville). 142 pp
- H.S, Akbar. 2002. *Pendugaan Tingkat Akumulasi Logam Berat Cd, Pb, Cu, Zn dan Ni pada Kerang Hijau (Perna Viridis L.) ukuran >5 cm di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta*. Skripsi. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Jones, D.A. 1984. *Crabs of The Mangal Ecosystem in Hydrobiology of The Mangal The Ecosystem of Mangrove Forest*. Dr.W. Junk Publishers. The Hague. 89-109pp
- Kamaruzzamman, B.Y., M.Z.R. Sharlinda, B.A. John & A.S. Waznah. 2011. *Accumulation and Distribution of Lead and Copper in Avicennia marina and Rhizophora apiculata from Balok Mangrove Forest, Pahang, Malaysia*. Sains Malaysiana 40(06)(2011): 555-560
- Kathiseran, K dan B.L. Bingham. 2001. *Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems Advances in Marine Biology*. 40: 81-251
- Kim, I.S, Kang H.K, Johnson, Green.P, dan Lee E.J. 2003. *Investigation of Heavy Metal Accumulation in Polygonum thunbergii for Phytoextraction*. Environ Pollut. 126: 235-433
- Kusmana, C. 2011. *Respon Mangrove Terhadap Pencemaran .Departemen Silvikultur*. Fakultas Kehutanan. IPB
- Kusmana, C., Wilarso, S., Hilwan, I., Pamoengkas, P., Wibowo, C., Tiryana, T., Triswanto, A., dan Yunasfi Hamzah. 2003. *Teknik Rehabilitasi Mangrove*. Fakulta sKehutanan IPB, Bogor.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor. 51. 2004. *Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara, Jakarta, 2004.
- Kurniawan, Anwar., A. Chaniogodan 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
- Lakitan, Benyamin. 1993. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Lenntech. 2015. *Chemical properties and Health Effects of Lead*. <http://www.lenntech.com/MacFarlen/periodic/elements/pb.htm>. diakses 16 Maret 2016 pukul 17.24
- Lorestani, B, Cheraghi M, dan N. Yousefi. 2011. *Phytoremediation Potential of Native Plants Growing on a Heavy Metals Contaminated Soil of Copper mine in Iran*. World Academy of Science. Engineering and Technology.

- MacFarlane, G.R., and M.D Burchett. 2001. Photosynthetic pigments and Peroxides activity as indicators of Heavy Metal stress in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Veirh. *Marine Pollution Bulletin*. 42: 233-240
- 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
- Manik, K.E.S. 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Mellem, J.J., Baijnath, H., and Odhav, B. 2012. Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu and Ni with the Ability for Hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. *Afr. J. Agric. Res*. 7(4): 591-596.
- Michael. 1994. *Metode Ekologi untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium*. UI Press: Jakarta.
- Muchyiddin, M dan Purnomo. 2007. *Karakteristik dan Fluktuasi Zat Hara Fosfat, Nitrat dan Derajat Keasaman (pH) di estuary Cisadane pada Musim yang Berbeda, Dalam: Ekosistem Estuari Cisadane*. LIPI: 139 – 148
- Muhaerin, Muri. 2008. *Kajian Sumberdaya Ekosistem Mangrove Untuk Pengelolaan Ekowisata di Estuari Perancak, Jembrana, Bali*. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor : Bogor
- Mulyadi, Edi., Rudi Laksmono, dan Dewi Aprianti. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol.1 Edisi Khusus. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Munawar, Ali dan Rina. 2010. Kemampuan Tanaman Mangrove untuk menyerap logam Merkuri dan Timbal. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol.2 No. 2
- Munawar, Ali dan Rina. 2012. Kemampuan Tanaman Mangrove untuk menyerap logam Merkuri dan Timbal. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol.2 No. 2
- Murtini, J.T dan R. Peranginangin. 2006. Konsentrasi Logam Berat Pada Kerang Kepah (*Meritrix meritrix*) dan Air Laut di Perairan Banjarmasin. *Jurnal Perikanan*. 8(2): 177-184
- Muzzaissyinah. 2008. *Terminologi Tumbuhan*. UNN Press. Surakarta. Jawa Tengah
- Ningsih, S.S. 2008. *Inventarisasi Hutan Mangrove Sebagai Bagian Dari Upaya Pengelolaan Wilayah Pesisir Kabupaten Deli Serdang*. *Tesis*. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Nugroho, Hartanto., Purnomo, dan Issirep Sumardi. 2006. *Struktur dan Perkembangan Tumbuhan*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Notoatmojo, S. 2010. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company Ltd.

- Philadelphia.
- Pahalawattaarachchi, V; C.S. Purushothaman; and A. Vennila. 2008. Metal Phytoremediation Potential of *Rhizophora mucronata* (Lam.). *Indian Journal of Marine Sciences* Vol. 38(2), June 2009, pp. 178-183
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta
- Peters, E.C., N.J. Gassman., J.C. Firman., R.H. Richmond and E.A. Power. 1997. *Ecotoxicology of Tropical Marine Ecosystem*. Environ. Tox.Chem. 16(01). 12-40
- P. G. C, Ana; Marques; António O. S. S. Rangel & 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. ISSN: 1064-3389
- Purnobasuki, H.H. 2005. *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. Airlangga University Press. Surabaya
- Puspitasari, Rachma. 2007. Laju Polutan Dalam Ekosistem Laut. *Jurnal Oseana*. 32 (2) : 21-28.
- Plantamor. 2016. *Avicennia alba*. <http://www.plantamor.com/>_diakses 17 Maret 2016 pukul 11.35
- Priyanto, B., dan Prayitno J. 2009. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 7(3): 266-270. ISSN 1441-318x
- Rahayu S. 1991. *Penelitian Kadar Oksigen Terlarut (DO) dalam Air Bagi Kehidupan Ikan*. BPPT No.XLV/1991. Jakarta
- 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
- Rompas, M.R. 2010. *Toksikologi Kelautan*. PT. Walaw Bengkulu. Jakarta
- Rofik, S. dan Rita D.R. 2012. *Ekstrak Daun Api-api (Avicennia marina) untuk pembuatan Bioformalin sebagai Anti bakteri Ikan Segar*. Unwahas. Semarang LON-LIPI, Jakarta., 246 hal
- Romimohtarto, K dan S.S. Thayib. 1982. *Kondisi Lingkungan dan Laut di Indonesia*. Djambatan. Jakarta
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Jurnal Oseana*. 30(3): 21-26
- Saeni. 1997. Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut. *Orasi Ilmiah*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Bogor

- Sivasothi. 2001. *A Guide to Mangroves of Singapore, Mangrove ecosystem*. <http://mangrove.nus.edu.sg/guidebooks/teks/1011c.htm>
- Siahaan, M.T.A., Ambariyanto, dan B. Yulianto. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Klorofil, Konsentrasi Timbal pada Akar dan Daun, Serta Struktu Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal Of Marine Research*. 2(2): 111-119
- Sudarmadji, A.H., Thin Soedarti dan H. Purnobasuki. 2006. *Struktur Komunitas Mangrove di Sekitar Jembatan Suramadu Sisi Surabaya*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Gramedia. Jakarta
- Supriyanto, C., Samin., dan Z. Kurniawan. 2007. *Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu dan Cd Pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA)*. Pusat Teknologi Akselerator dan Pusat Bahan. Yogyakarta.
- Supriharyono. 2002. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Susarla, S., V.F. Medina dan S.C. McCutcheon. 2002. Phytoremediation, an Ecological Solution to Organic Contamination. *Ecol Eng* 2002. 18: 58-64
- 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
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- 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
- Syah, C. 2011. Pertumbuhan Tanaman Bakau (*Rhizophora mucronata*) Pada Lahan Restorasi Mangrove di Hutan Lindung Angke Kapuk Provinsi DKI Jakarta. *Thesis*. IPB. Bogor
- Talib, M.F. 2008. Struktur dan Pola Zonasi Sebaran Mangrove Serta Makrozoobentos yang Berkonsistensi di Desa Tanah Merah dan Oebelo Kecil Kabupaten Kupang. Institut Pertanian Bogor
- Tam, N.F.Y. 1998. *Normalisation And Heavy Metal Contamination In Mangrove Sediment*. The Science of The Total Environment .Vol 216: 33-39
- Taryana, A.T, 1995 *Akumulasi Logam Berat (Cu, Mn Zn) Pada Jenis Rhizopora Stylosa Griff. Di Hutan Tanaman Mangrove Cilacap BKPH RAWA TIMUR KPH Banyumas Barat Perum Perhutani Unit Jawa Tengah*

repository.ub.ac.id

Yoon, J., Xinde, C., Qixing, Z., dan 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

Widowati, W., A Sastiono dan Jusuf R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit Andi

Wibisono, M.S. 2005. *Pengantar Ilmu Kelautan*. Jakarta: PT Grasindo

Wetlands. 2015. *Avicennia alba*. www.wetlands.or.id. Diakses 17 Maret 2016 pukul 11.18



LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi

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



Keterangan:
1. Sidoarjo
2. Sungai Porong
3. Sungai Porong
4. Pulau Dem

Sumber: Dokumen Pribadi, 2016



Lampiran 2. Perhitungan Kerapatan, Keaneekaragaman dan Dominasi

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

Sumber: Dokumen Pribadi, 2016

1. Kerapatan individu = $\frac{\text{jumlah individu}}{\text{luas area}}$

a). *A. alba* = $\frac{50}{500} = 0,1 \text{ spesies/m}^2 \approx 1 \text{ ind/m}^2$

b). *A. marina* = $\frac{57}{500} = 0,114 \text{ spesies/m}^2 \approx 1 \text{ ind/m}^2$

c). *S. alba* = $\frac{15}{500} = 0,03 \text{ spesies/m}^2 \approx 1 \text{ ind/m}^2$

2. Kerapatan relatif = $\frac{\text{kerapatan 1 jenis}}{\text{kerapatan seluruhnya}} \times 100\%$

a). *A. alba* = $\frac{1}{3} \times 100\% = 33,3 \%$

b). $A. marina = \frac{1}{3} \times 100\% = 33,3 \%$

c). $S. alba = \frac{1}{3} \times 100\% = 33,3 \%$

3. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

$$H' = -\sum (ni/N) \ln (ni/N)$$

a). $A. alba = -\sum (50/122) \ln (50/122) = -0,4 \ln 0,4 = 0,36$

b). $A. marina = -\sum (57/122) \ln (57/122) = -0,46 \ln 0,46 = 0,35$

c). $S. alba = -\sum (15/122) \ln (15/122) = -0,12 \ln 0,12 = 0,25$

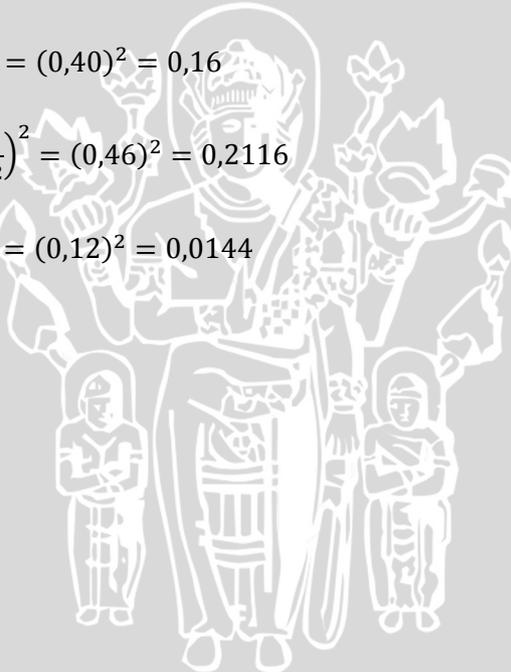
4. Indeks Dominansi Simpson

$$C = \sum \left(\frac{ni}{N}\right)^2$$

a). $A. alba = \sum \left(\frac{50}{122}\right)^2 = (0,40)^2 = 0,16$

b). $A. marina = \sum \left(\frac{57}{122}\right)^2 = (0,46)^2 = 0,2116$

c). $S. alba = \sum \left(\frac{15}{122}\right)^2 = (0,12)^2 = 0,0144$



Lampiran 3. Perhitungan BCF, TF, FTD

1) Stasiun 1

$$BCF = \frac{0,2112}{0,2611} = 0,808 \qquad TF = \frac{0,2725}{0,2112} = 1,290$$

$$FTD = 0,808 - 1,290 = -0,481$$

2) Stasiun 2

$$BCF = \frac{0,2736}{0,176} = 1,554 \qquad TF = \frac{0,1658}{0,2736} = 0,605$$

$$FTD = 1,554 - 0,605 = 0,948$$

3) Stasiun 3

$$BCF = \frac{0,1374}{0,0521} = 2,637 \qquad TF = \frac{0,1317}{0,1374} = 0,958$$

$$FTD = 2,637 - 0,958 = 1,678$$

4) Stasiun 4

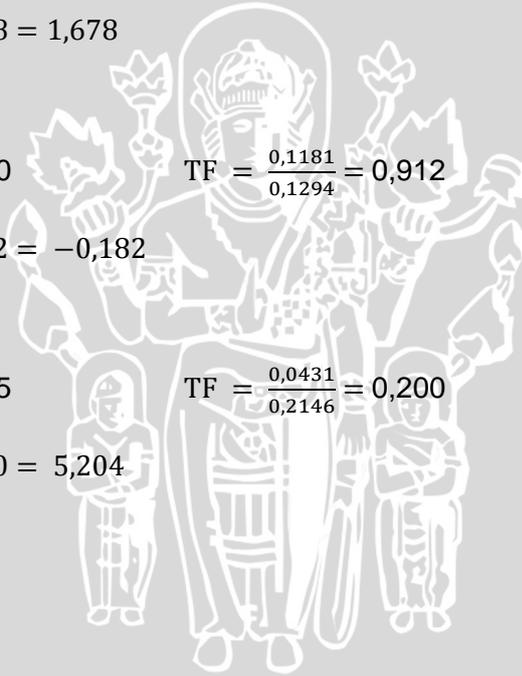
$$BCF = \frac{0,1294}{0,1771} = 0,730 \qquad TF = \frac{0,1181}{0,1294} = 0,912$$

$$FTD = 0,730 - 0,912 = -0,182$$

5) Stasiun 5

$$BCF = \frac{0,2146}{0,0397} = 5,405 \qquad TF = \frac{0,0431}{0,2146} = 0,200$$

$$FTD = 5,405 - 0,200 = 5,204$$



Lampiran 4. Hasil Laboratorium Uji Kadar Logam Berat Pb

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

Nomor : 053/UN.32.3.7.3/LT/2016
 Nama Pemilik : Ayu Nhevy Tia.
 NIM : 125080101111049
 Alamat : Jl. Veteran Malang – 65145
 Jenis contoh : Cair dan padat
 Tanggal Terima Sampel : 28 April 2016
 Tanggal Uji Sampel : 10 Mei 2016
 Metode Uji : AAS
 Kondisi khusus dari contoh : tidak ada
 Hasil Pengujian : Kadar Timbal (Pb)

No	Kode Sampel	Massa Sampel Yang ditimbang	Konsentrasi (ppm)	Keterangan
			Pb	
1	Sedimen 1	1,0016 g	0,1760	• X gram sampel sedimen, akar, dan daun yang ditimbang telah dilarutkan dalam HNO ₃ hingga 50 mL • Prin screen analisis kadar Pb terlampir.
2	Sedimen 2	1,0000 g	0,2611	
3	Sedimen 3	1,0014 g	0,0521	
4	Sedimen 4	1,0016 g	0,1771	
5	Sedimen 5	1,0011 g	0,0397	
6	Albar Daun 1	0,5015 g	0,2725	
7	Alba Daun 2	0,5007 g	0,1658	
8	Alba Daun 3	0,5005 g	0,1317	
9	Alba Daun 4	0,5010 g	0,1181	
10	Alba Daun 5	0,5008 g	0,0431	
11	Albar Akar 1	0,5004 g	0,2112	
12	Albar Akar 2	0,5008 g	0,2736	
13	Alba Akar 3	0,5004 g	0,1374	



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

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

**FPO
5.10-1**

FORMULIR	Tgl. Terbit / Revisi : 13 Mei 2016
JUDUL	Halaman : 2-2
LAPORAN HASIL PENGUJIAN	File : Ayu Nhevy Tia

1	2	3	5	6
14	Alba Akar 4	0,5004 g	0,1294	
15	Alba Akar 5	0,5011 g	0,2146	
16	Air 1	-	0,1669	
17	Air 2	-	0,2589	
18	Air 3	-	0,0863	
19	Air 4	-	0,1158	
20	Air 5	-	0,0590	

13 Mei 2016

Kepala Laboratorium Kimia,



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