# ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Sonneratia caseolaris* DI MUARA SUNGAI PORONG, JABON, SIDOARJO

**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**NILA EVA FELIANA**
**NIM. 125080100111043**

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

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Sonneratia caseolaris* DI MUARA SUNGAI PORONG, JABON, SIDOARJO

**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 :**
**NILA EVA FELIANA**
**NIM.125080100111043**

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

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**SKRIPSI**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Sonneratia caseolaris* DI MUARA SUNGAI PORONG, JABON, SIDOARJO**

**Oleh:**

**NILA EVA FELIANA**
**NIM. 125080100111043**

**Telah dipertahankan di depan penguji**
**Pada tanggal 2 Juni 2016**
**Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**
**SK Dekan No. :**
**Tanggal :**

**Menyetujui,**

| | |
|---|---|
| **Dosen Penguji I** | **Dosen Pembimbing I** |
| **(Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si)** | **(Dr. Ir. Mulyanto, M.Si)** |
| **NIP. NIP. 19730404 200212 2 001** | **NIP. 19600317 198602 1 001** |
| **Tanggal:** 13 JUN 2016 | **Tanggal:** 13 JUN 2016 |
| **Dosen Penguji II** | **Dosen Pembimbing II** |
| **(Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA, PhD)** | **(Dr. Asus Maizar S.H., S.Pi., MP)** |
| **NIP. 19610523 198703 2 003** | **NIP. 19720529 200312 1 001** |
| **Tanggal:** 13 JUN 2016 | **Tanggal:** 13 JUN 2016 |

**Mengetahui,**
**Ketua Jurusan MSP**

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAK. PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

**(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)**
**NIP. 19620805 198603 2 001**
**Tanggal:** 13 JUN 2016

## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Apabila 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, Juni 2016

Mahasiswa

Nila Eva Feliana
NIM. 125080100111043



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Bismillahirrahmanirrahim.*

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan laporan skripsi ini. Salawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta seluruh keluarganya, sahabat dan orang-orang yang senantiasa istiqamah di jalannya

Dengan kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pembuatan Laporan Skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih disampaikan penulis kepada:

- Yang teristimewa kedua orang tua tercinta Bapak H. Sunaryo dan Ibu Sumiati beserta kakak-kakak saya tercinta Eko Widodo, S.Pd dan Nivia Diajeng A.C, S.Pd yang tak henti-hetinya memberikan do'a dan semangat sehingga perjalanan penelitian ini bisa lancar dan memiliki banyak hikmah
- Dr. Ir Mulyanto, M.Si selaku dosen pembimbing I dan Asus Maizar S.H., S.Pi., MP selaku dosen pembimbing II atas ketersediaan waktunya, kesabarannya dan segala ilmu serta semua wejangan yang diberikan selama penulisan skripsi
- Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si selaku dosen penguji I dan Prof. Ir. Yenny Risjani, DEA, PhD selaku dosen penguji 2 atas kritik dan saran yang telah diberikan.
- Koramil Jabon Sidoarjo atas bimbingannya ketika berada dilapang dan juga berkenan menyediakan perahu dalam pengambilan sampel mangrove
- Teman seperjuangan penelitian mbak Siti Nafi'atul Romadhotin (U'ul) dan mbak Yuni Andhika Sari yang telah bersama-sama mengeluarkan tenaga,



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

pikiran dan biaya serta sama-sama merasakan susah, senang, dan sedih ketika melakukan perjalanan penelitian dari awal hingga akhir

- Orang spesial, Freddy Ario Fernando yang telah memberikan do'a, semangat, dorongan, motivassi, pesan, nasehat dan kasih sayangnya kepada penulis selama menjalankan penelitian ini
- Sahabat sekaligus teman seperjuangan satu kamar kos dari semester 1 hingga lulus, Rindi Romadhoni yang telah memberikan semangat dan telah menghibur dikala susah maupun senang serta kepada Mas Farid dan Mbak Dwi yang telah menjadi keluarga kedua di Malang
- Seluruh keluarga besar MSP'12 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu nama yang ada, akan tetapi keberadaan kalian didalam hidup penulis mengukir sebuah cerita tersendiri yang tidak akan terlupakan dan terutama untuk Erni Rahmayani, Patar, Anam dan Miftahudin yang telah ikut serta dan membantu ketika survey dan juga pelaksanaan saat di lapang.
- Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuan, semangat hingga kelancaran proses penyelesaian tugas akhir ini

Semoga skripsi ini bermanfaat untuk para pembaca

Malang, Juni 2016

Penulis



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

# RINGKASAN

**NILA EVA FELIANA**. Skripsi tentang Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* di Muara Sungai Porong, Dusun Tlocor, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto, M.Si** dan **Dr. Asus Maizar, S.H., S.Pi., MP**).

Pengaruh pembuangan Lumpur Lapindo ke Muara Sungai Porong berpotensi menjadi sumber pencemar Pb bagi perairan. Tumbuhan mangrove *Sonneratia caseolaris* mempunyai kemampuan untuk menyerap Pb dari lingkungan ke dalam tubuh melalui membrane sel. Sistem perakaran tumbuhan mangrove yang besar dan luas dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah, sehingga mencegah tersebarnya bahan tercemar ke area yang lebih luas dan memungkinkan tersebarnya bahan pencemar secara fisik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan Pb pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* di Muara Sungai Porong dan untuk mengetahui kemampuan mangrove *Sonneratia caseolaris* dalam mengakumulasi logam berat Pb ditinjau dari nilai faktor biokonsentrasi (BCF), nilai faktor translokasi (TF) dan nilai fitoremediasi (FTD).

Penelitian dilakukan di kawasan hutan mangrove di Muara Sungai Porong Sidoarjo pada bulan Februari 2016. Metode yang digunakan adalah metode survei dengan pengambilan sampel secara langsung di beberapa titik dari 3 stasiun pengamatan yaitu stasiun 1 (Hulu) berada dekat dengan aktivitas penambangan pasir dan dermaga, stasiun 2 (tengah) berada di seberang pulau sarinah dan stasiun 3 (hilir) berada pada titik dimana air sungai sudah mengalami pencampuran dengan air laut. Sampel diambil secara *insitu* dari tiap stasiun meliputi sampel air, sedimen, dan akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* dan dianalisis kandungan logam berat Pb menggunakan metode AAS serta menganalisis parameter kualitas lingkungan yaitu pH air, salinitas dan tekstur tanah.

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Pb di air ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,021±0,006 ppm yang berada dalam kisaran diatas baku mutu sebesar 0,008 ppm berdasarkan Kepmen LH No.51 Tahun 2004 untuk biota laut. Konsentrasi Pb di sedimen ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,344±0,119 ppm yang masih memenuhi baku mutu sebesar <30,24 ppm yang ditentukan oleh NOAA tahun 2005. Konsentrasi Pb di daun *Sonneratia caseolaris* rata-rata sebesar 0,049±0,014 ppm dengan hasil yang menunujukan adanya perbedaan Pb di daun antar stasiun secara signifikan dengan dibuktikan menggunakan analisis *One Way Anova* menunjukkan bahwa F-hitung (6,011) > F-tabel (5,12) dan nilai probabilitas (0,037) < 0,05. Sedangkan, konsentrasi Pb di akar *Sonneratia caseolaris* rata-rata sebesar 0,123± 0,041 ppm yang menunjukkan adanya perbedaan Pb di akar antar stasiun secara signifikan dengan dibuktikan menggunakan analisis *One Way Anova* dimana F-hitung (14,714) > F-tabel (5,12) dan nilai probabilitas (0,005) < 0,05. Selain itu, analisis perbandingan logam berat Pb antara akar dengan daun menggunakan *independent t-test*



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

menunjukkan hasil yang signifikan yaitu nilai probabilitas <0,05. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas lingkungan yaitu rata-rata nilai pH adalah 6,91; nilai rata-rata salinitas yaitu 2,33 ‰ sedangkan pada tesktur sedimen pada stasiun 1 memiliki tekstur pasir 3%, liat 85 % dan debu 12% merupakan kelas tekstur lempung berdebu, pada stasiun 2 memiliki tekstur pasir 0%, liat 68 % dan debu 32% merupakan kelas tektur lempung berdebu dan pada stasiun 3 memiliki tekstur pasir 1%, liat 83% dan debu 16% merupakan kelas tekstur lempung berdebu.

Berdasarkan perhitungan nilai BCF, maka tanaman mangrove *Sonneratia caseolaris* tergolong tumbuhan akumulator sedang terhadap logam berat Pb dengan rentang nilai BCF berada diantara 0,1-1. Sedangkan perhitungan TF menunjukkan bahwa logam Pb lebih terakumulasi dibagian akar dan translokasi pada daun cenderung rendah, selain itu *Sonneratia caseolaris* tergolong tumbuhan non hiperakumulator terhadap logam Pb karena memiliki nilai TF<1. Sedangkan berdasarkan nilai FTD, *Sonneratia caseolaris* stasiun 1(C), 2(A) dan 2(C) diduga dapat digunakan untuk tujuan fitoremidiasi khususnya fitostabilisasi.Hal ini dikarenakan tumbuhan mangrove *Sonneratia caseolaris* mempunyai protein regulator yang disebut dengan fitokelatin untuk mengikat logam berat Pb dan membawanya ke dalam sel melalui proses difusi, osmosis, transport aktif, serta peritiwa daya kapilaritas, daya isap daun dan tekanan oleh akar, kemudian logam Pb dapat ditranslokasikan ke bagian daun.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan Judul “Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* di Muara Sungai Porong, Dusun Tlocor, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo”. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang.

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

Malang, Juni 2016

Penulis



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## DAFTAR ISI


Halaman

**RINGKASAN** ..... vi

**KATA PENGANTAR** ..... viii

**DAFTAR ISI** ..... ix

**DAFTAR TABEL** ..... xii

**DAFTAR GAMBAR** ..... xiii

**DAFTAR LAMPIRAN** ..... xiv

**1. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 4

1.3 Maksud dan Tujuan ..... 4

1.4 Manfaat ..... 5

1.5 Waktu dan Tempat Penelitian ..... 5

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Logam Berat ..... 6

2.1.1 Timbal (Pb) ..... 8
2.1.2 Sifat-Sifat Timbal ..... 9
2.1.3 Sumber Timbal di Perairan ..... 11
2.1.4 Dampak Akumulasi Timbal pada Perairan dan Manusia ..... 13
2.1.5 Mekanisme Penyerapan Pb pada Tumbuhan ..... 16

2.2 Fitoremediasi ..... 18

2.3 Ekosistem Mangrove ..... 20

2.4 *Sonneratia caseolaris* ..... 23

2.4.1 Ciri Umum *Sonneratia caseolaris* ..... 23
2.4.2 Akar *Sonneratia caseolaris* ..... 24
2.4.3 Daun *Sonneratia caseolaris* ..... 26

2.5 Parameter Kualitas Lingkungan ..... 27

2.5.1 Tekstur Tanah (Sedimen) ..... 27
2.5.2 Sallinitas ..... 29
2.5.3 Derajat Keasaman (pH) Air ..... 29

2.6 Faktor Biokonsentrasi (BCF) ..... 30

2.7 Faktor Translokasi (TF) ..... 30

2.8 Fitoremediasi (FTD) ..... 31




repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**3. MATERI DAN METODE**


3.1 Materi Penelitian ..... 32

3.2 Alat dan Bahan Penelitian ..... 32

3.3 Penentuan Stasiun dan Sampel ..... 33

3.4 Proseur Pengambilan Sampel ..... 33

3.4.1 Sampel Air ..... 33
3.4.2 Sampel Sedimen ..... 34
3.4.3 Sampel Mangrove (*Sonneratia caseolaris*) ..... 34

3.5 Analisis Sampel ..... 35

3.5.1 Analisis Konsentrasi Timbal (Pb) Total ..... 36
3.5.2 Analisis Kualitas Lingkungan ..... 37

3.6 Analisis Data ..... 40

3.6.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF) ..... 40
3.6.2 Faktor Translokasi (TF) ..... 40
3.6.3 Fitoremediasi (FTD) ..... 40
3.6.4 Analisis Statistik ..... 41


**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**


4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian ..... 42

4.1.1 Deskripsi Stasiun 1 (Hulu) ..... 43
4.1.2 Deskripsi Stasiun 2 (Tengah) ..... 44
4.1.3 Deskripsi Stasiun 3 (Hilir) ..... 45

4.2 Analisis Kadar Pb ..... 46

4.2.1 Kandungan Pb pada Air ..... 47
4.2.2 Kandungan Pb pada Sedimen ..... 48
4.2.3 Kandungan Pb pada Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* ..... 50
4.2.4 Kandungan Pb pada Akar Mangrove *Sonneratia caseolaris* ..... 52

4.3 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremidiasi (FTD) ..... 55

4.3.1 Analisis Faktor Biokonsentrasi (BCF) ..... 56
4.3.2 Analisis Faktor Translokasi (TF) ..... 58
4.3.3 Analisis Fitoremediasi (FTD) ..... 60

4.4 Komparasi Hasil BCF, TF dan FTD dengan Penelitian Terdahulu ..... 61

4. 5 Analisis Parameter Lingkungan ..... 64

4.5.1 Salinitas ..... 64
4.5.2 Derajat Keasaman (pH) Air ..... 66
4.5.3 Tekstur Tanah ..... 67




repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 70

5.2 Saran ..... 70

DAFTAR PUSTAKA ..... 72

LAMPIRAN ..... 80

## DAFTAR TABEL

**Tabel** **Halaman**

1. Konsentrasi Logam Berat di Lumpur Sidoarjo ..... 13
2. Klasifikasi Butiran Tanah ..... 28
3. Alat dan Bahan yang Diperlukan di Lapang dan Laboratorium ..... 32
4. Hasil Perhitungan BCF, TF, dan FTD ..... 56
5. Data Analisa Parameter Lingkungan di Kawasan Mangrove Muara Sungai Porong ..... 64



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## DAFTAR GAMBAR

**Gambar** **Halaman**


1. Fitoremediasi pada tumbuhan ..... 20
2. *Sonneratia caseolaris* ..... 24
3. Akar *Sonneratia caseolaris* dan Struktur anatomi akar ..... 25
4. Daun *Sonneratia caseolaris* dan Struktur anatomi daun ..... 26
5. Segitiga Tekstur Tanah ..... 27
6. Stasiun 1 ..... 44
7. Stasiun 2 ..... 45
8. Stasiun 3 ..... 45
9. Grafik Kandungan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* di Muara Sungai Porong ..... 46
10. Grafik Komposisi Sedimen di Muara Sungai Porong ..... 67




repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## DAFTAR LAMPIRAN


| Lampiran | Halaman |
|---|---|
| 1. Peta lokasi Penelitian | 80 |
| 2. Hasil Uji Laboratorium Kadar Logam Berat Timbal (Pb) di Air, Sungai, Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* | 81 |
| 3. Hasil Uji Laboratorium Tekstur Sedimen | 82 |
| 4. Baku Mutu Logam Berat Pb di Air | 83 |
| 5. Perhitungan BCF, TF dan FTD | 84 |
| 6. Output Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Pb pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* Tiap Stasiun | 87 |
| 7. Output Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Pb pada Akar dengan Kadar Pb pada Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* | 88 |
| 8. Dokumentasi Lapang | 89 |




repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Lumpur 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 29 Mei 2006. Lumpur Lapindo di Sidoarjo tersusun atas 70% air dan 30% padatan. Kadar garam (salinitas) lumpur sangat tinggi (38-40 ‰), sehingga bersifat asin. Sungai Porong sebagai bagian dari Sungai Brantas sudah lama beralih fungsi sebagai tempat pembuangan luapan lumpur lapindo telah banyak mengalami perubahan. Pada Bulan November 2006, Pemerintah menetapkan Sungai Porong sebagai tempat pembuangan lumpur Sidoarjo menuju ke laut, maka fungsi Sungai Porong selain sebagai *floodway* DAS Brantas, juga berfungsi sebagai tempat untuk mengalirkan endapan lumpur. Pembuangan lumpur ke laut tentu akan menimbulkan dampak terhadap ekosistem air. Material lumpur ini tidak hanya mengendap pada sepanjang aliran sungai tetapi juga di daerah muara Sungai Porong (Nurry dan Anjasmara, 2014). Lumpur lapindo diketahui mengandung zat-zat pencemar yang tentunya dapat membahayakan lingkungan. Kandungan bahan kimia lumpur yang menyembur di Porong Sidoarjo antara lain fenol, logam berat seperti Hg, Cr, Cd, dan Pb.(Fitra, *et al.* 2006)

Bahan cemaran (*pollutant*) masuk ke dalam perairan mengalami tiga macam proses akumulasi, yaitu proses fisik, kimia dan biologis (Hutagalung, 1984). Masuknya limbah secara terus menerus akan mengalami pemekatan dan terakumulasi di dalam ekosistem perairan. Proses ini terjadi jika logam berat yang masuk ke perairan tidak tersebar oleh turbulensi dan arus laut. Bagian bahan pencemar yang tidak diencerkan dan disebarkan atau terbawa ke laut lepas akan diabsorbsi atau dipekatkan melalui proses biofisik-kimiawi. Kemudian

logam berat tersebut tersuspensi di air laut (sedimen melayang) dan terakumulasi ke sedimen dasar (terdisposisi). Dalam proses biologi, bahan pencemar akan diserap oleh rumbut laut dan mangrove, serta masuk ke tubuh biota air melalui mekanisme penyerapan aktif (absorbsi dan regulasi ion) dan rantai makanan (Febrianto dan Kurniawan, 2014).

Logam berat termasuk sebagai zat pencemar karena memiliki sifat yang tidak dapat diuraikan secara biologis dan stabil, sehingga dapat tersebar jauh dari sumbernya. Pb merupakan logam berat non esensial yang apabila konsentrasinya berlebih dapat bersifat toksik. Senyawa Pb ditemukan dalam bentuk ion-ion divalen ($Pb^{2+}$) atau ion-ion tetravalen ($Pb^{4+}$) di badan perairan. Ion Pb divalen ($Pb^{2+}$) digolongkan ke dalam kelompok ion logam kelas antara sedangkan ion tetravalen ($Pb^{4+}$) digolongkan ke dalam kelompok ion logam kelas B dengan daya racun yang lebih tinggi daripada ion Pb divalen. Namun, beberapa penelitian menunjukkan ion Pb divalen lebih berbahaya daripada ion Pb tetravalent (Palar, 2004).

Tumbuhan mangrove yang secara umum tumbuh pada lingkungan muara dan tepi pantai yang merupakan tempat penumpukan sedimen yag berasal dari sungai, memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terbawa di dalam sedimen sebagai sumber hara yang dibutuhkan untuk melakukan proses-proses metabolisme (Handayani, 2006). Hutan mangrove dapat didefinisikan sebagai suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut (terutama di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai) yang tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut yang komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam (Kusmana, 2009).

Mangrove mampu memerangkap logam berat yang masuk ke dalam ekosistem dan menahannya agar tidak langsung masuk ke dalam ekosistem lain. Menurut Panjaitan (2009), sistem perakaran tumbuhan mangrove yang besar

dan luas dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah, sehingga mencegah tersebarnya bahan tercemar ke area yang lebih luas dan memungkinkan tersebarnya bahan pencemar secara fisik. Terserap dan tertahannya logam berat oleh lapisan rhizosfer disekitar akar menyebabkan terjadinya penurunan tajam konsentrasi logam berat pada permukaan atas lapisan sedimen dan mencegah perpindahan keperairan pantai disekitarnya.

Tumbuhan mangrove khusunya *Sonneratia caseolaris* dapat digunakan sebagai fitoremediasi Pb pada sedimen dan setelah itu akan diserap melalui akar. Pada akar, tumbuhan mempunyai senyawa fitokelatin dan bila bertemu dengan Pb fitokhelatin akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks sehingga Pb akan ditranslokasikan menuju jaringan tumbuhan lainnya seperti daun (Aprilia dan Purnani, 2013).

Beberapa penelitian tentang potensi fitoremidiasi tumbuhan mangrove *Sonneratia caseolaris* telah dilakukan. Nazli dan Hashim (2010) meneliti kandungan logam Cd, Cr, Cu, Pb, dan Zn pada *Sonneratia caseolaris* di Semenanjung Malaysia. Hasil penelitian tersebut menunjukan kemampuan daun dan akar mangrove dalam mengakumulasi logam berat relatif lebih tinggi dibandingkan dengan jenis vegetasi lain. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Hamzah dan Setiawan (2010) tentang kandungan logam Pb, Cu, dan Zn pada *Avicennia marina, Sonneratia caseolaris* dan *Rhizophora mucronata* di Muara Angke, Jakarta Utara dan hasilnya menunjukan bahwa kandungan logam Zn pada akar lebih tinggi dibandingkan pada daun, sedimen dan air. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Hamzah dan Pancawati (2013) adalah logam Pb lebih mudah ditranslokasikan dari sedimen menuju daun dan akar dibandingkan Cu dan Zn ($BAC/BCF_{Pb}>BAC/BCF_{Zn}>BAC/BCF_{Cu}$). Hal yang sama juga dapat dilihat pada BTC, dimana Pb lebih mudah di translokasikan dari akar menuju daun dibanding Zn dan Cu ($BTC_{Pb}>BTC_{Zn}>BTC_{Cu}$). Disimpulkan

bahwa untuk tujuan fitoremidiasi khususnya fitostabilisasi, spesies *Sonneratia caseolaris* 3 pada stasiun D diduga dapat digunakan di daerah Muara Angke.

## 1.2 Rumusan Masalah

Muara Sungai Porong Sidoarjo merupakan sungai yang digunakan sebagai tempat pembuangan lumpur lapindo. untuk mencegah jebolnya tanggul akibat pertambahan volume lumpur secara terus menerus. Lumpur lapindo diketahui mengandung timbal (Pb) sebesar 3,50 ppm sedangkan kandungan Pb pada sedimen sungai porong mencapai 3,1018 ppm dan 0,6949 ppm pada air sungai Porong (Kholidiyah, 2010). *Sonneratia caseolaris* merupakan salah satu mangrove di Muara Sungai Porong yang memiliki kemampuan dalam menyerap Pb yang ada pada sedimen oleh akar dan ditranslokasikan ke bagian daun. Sehingga perlu dilakukan penelitian tentang analisis penyerapan Pb pada akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo. Oleh karena itu, berdasarkan uraian tersebut maka didapatkan rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1). Bagaimana kandungan Pb pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolari* di Muara Sungai Porong?

2). Seberapa besar kemampuan mangrove *Sonneratia caseolaris* dalam mengakumulasi Pb ditinjau dari nilai faktor biokonsentrasi (BCF), nilai faktor translokasi (TF) dan nilai fitoremediasi (FTD)?

## 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan Pb pada akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* serta di perairan dan sedimen. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1). Untuk mengetahui kandungan Pb pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* di Muara Sungai Porong



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

2). Untuk mengetahui kemampuan mangrove *Sonneratia caseolaris* dalam mengakumulasi Pb ditinjau dari nilai faktor biokonsentrasi (BCF), nilai faktor translokasi (TF) dan nilai fitoremediasi (FTD)

## 1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1). Data yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan ilmu lingkungan, lebih khusus memberi informasi data dasar mengenai kadar Pb pada air, sedimen dan akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* dan faktor konsentrasinya.

2). Dapat meningkatkan pengetahuan peneliti dan menambah masukan pengetahuan ke Perguruan Tinggi mengenai kandungan Pb pada Mangrove *Sonneratia caseolaris* yang terdapat di Muara Sungai Porong serta dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.

## 1.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan hutan mangrove muara Sungai Porong, Dusun Tlocor, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Analisis logam berat di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA dan Analisis Tekstur Tanah di Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang selama bulan Februari sampai dengan Maret 2016.



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# 2. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Logam Berat

Secara umum unsur dalam kerak bumi dikelompokkan atas unsur makro (jumlahnya lebih besar dari 1000 mg/kg) dan unsur mikro (jumlah kurang dari 500 mg/kg), dengan komposisi. Disamping itu juga ada unsur kelumit, yaitu unsur yang dalam keadaan alami berjumlah sangat sedikit, biasanya ditemukan di dalam kerak bumi hanya 0,001 % atau kurang (Rina, *et al.* 2007). Sedangkan menurut Hutagalung (1984), berdasarkan daya hantar panas dan listriknya, semua unsur-unsur kimia yang terdapat dalam Susunan Berkala dapat dibagi atas dua golongan yaitu golong-an logam dan non-logam. Golongan logam mempunyai daya hantar panas dan listrik yang tinggi, sedangkan unsur-unsur non-logam mempunyai daya hantar panas dan listrik rendah.

Sedangkan istilah logam secara fisik mengandung arti suatu unsur yang merupakan konduktor listrik yang baik dan mempunyai konduktifitas panas, mempunyai rapatan, mudah ditempa, kekerasan dan keelektropositifan yang tinggi. Logam sendiri merupakan bahan atau zat murni organik dan anorganik yang berasal dari kerak bumi. Secara alami siklus perputaran logam adalah dari kerak bumi ke lapisan tanah, ke makhluk hidup, ke dalam air, selanjutnya mengendap dan akhirnya kembali ke kerak bumi lagi (Apriadi, 2005). Menurut Clark (1960) *dalam* Panjaitan (2009), untuk kepentingan biologi logam dibagi menjadi tiga kelompok yaitu : 1) logam ringan (seprrti natrium, kalsium, dan lain-lain), biasanya diangkut sebagai kation aktif di dalam larutan yang encer; 2) logam transisi (seprti besi, tembaga, kobalt dan mangan) diperlukan dalam konsentrasi yang rendah, tetapi dapat menjadi racun dalam konsentrasi yang tinggi ; 3) logam berat dan metalloid (seperti raksa, kadmium, timah hitam, timah,

selenium dan arsen) umumnya tidak diperlukan dalam kegiatan metabolisme dan sebagai racun bagi sel dalam konsentrasi rendah.

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm3, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan mempunyai nomor atom 22 sampai 92 yang terletak pada periode 4 sampai 7. Sebagian logam berat seperti timbal (Pb), cadmium (Cd), dan merkuri (Hg) merupakan zat pencemar yang berbahaya. Afinitas yang tinggi terhadap unsur S menyebabkan logam ini menyerang ikatan belerang dalam enzim, sehingga enzim bersangkutan menjadi tak aktif. Gugus karboksilat (-COOH) dan amina (-NH2) juga bereaksi dengan logam berat. Kadmium, timbal, dan tembaga terikat pada sel-sel membran yang menghambat proses transformasi melalui dinding sel. Logam berat juga mengendapkan senyawa fosfat biologis atau mengkatalis penguraiannya (Manahan, 1977 *dalam* Andika, *et al*. 2009).

Menurut kementrian Negara Kependududkan dan Lingkungan Hidup (1990) *dalam* Isa, *et al.* (2014), sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokan ke dalam 3 kelompok, yaitu: (a) bersifat toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn, (b) bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co, dan (c) bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat terbagi dalam dua jenis, yaitu logam berat esensial dan non esensensial. Logam berat esensial adalah logam yang perannya sangat membantu dalam proses fisiologi makhluk hidup dengan jalan membantu kerja enzim atau pembentukan organ dari makhluk hidup yang bersangkutan, seperti seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co) dan lain-lain. Sedangkan logam berat non esensial adalah logam yang perannya dalam tubuh makhluk hidup belum diketahui, kandungannya dalam jaringan hewan sangat kecil dan apabila kandungannya tinggi akan dapat merusak organ-organ tubuh makhluk hidup yang bersangkutan, seperti timbal

(Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), kromium (Cr) dan lain-lain (Darmono, 1995 *dalam* Ningrum, 2006).

Faktor yang menyebabkan logam berat dikelompokkan ke dalam zat pencemar yang toksik tersebut ialah 1) logam berat tidak dapat terurai melalui biodegradasi seperti pencemar organik, 2) logam berat dapat terakumulasi dalam lingkungan terutama dalam sedimen sungai dan laut, karena dapat terikat dengan senyawa organik dan anorganik, melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa komplek (Tarigan, *et al.* 2003).

### 2.1.1 Timbal (Pb)

Timbal atau dalam nama sehari-hari lebih dikenal dengan timah hitam merupakan sala satu logam berat non essensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Logam ini termasuk dalam kelompok logam golongan IV-A pada table periodik unsur kimia dan mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 (Shindu, 2005).

Timbal dalam bahasa latin disebut plumbum (Pb) yang merupakan jenis logam yang berbahaya. Pb dikenal sebagai jenis neurotoksin (racun penyerang saraf). Logam Pb secara alami tersebar luas pada batu-batuan dan lapisan kerak bumi. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A . Di alam, timbal ditemukan dalam bentuk mineral galena (PbS), Anglesit (PbSO4) dan kerusit (PbCO3), juga dalam keadaan bebas (Isa, *et al*. 2014).

Tumbuhan mengandung rerata 0,5 µgPb/g bobot basah. Pada larutan encer, Pb membentuk senyawa kompleks dengan major anion, termasuk hidroksida, karbonat, sulfide dan sulfat. Perairan darat memiliki kandungan Pb sedimen yang lebih tinggi dibandingkan perairan laut. Hampir 90% Pb memasuki laut melalui padatan terlarut dari sungai-sungai dan kemudian terdeposisi dalam sedimen muara dan dasar samudra. Proporsi Pb terlarut yang lebih besar mencapai

perairan samudra terbuka, dimana waktu tinggalnya mendekati 100-200 tahun. Pb mengalami metilasi di lingkungan membentuk turunan senyawa organik seperti (CH3)Pb+. Proses ini dimediasi oleh bakteri dalam sedimen (Csuros and Csuros, 2008 *dalam* Awalina, 2011).

Senyawa Pb yang ada dalam badan perairan dapat ditemukan dalam bentuk *ion-ion divalent tetravalent* ($Pb^{2-}$, $Pb^{4-}$ ). Ion Pb divalent ($Pb^{2-}$) digolongkan ke dalam kelompok ion logam kelas antara. Sedangkan ion Pb tetravalen ($Pb^{4-}$) digolongkan pada kelompok ion kelas B. Pengelompokan ion logam ini dibuat oleh Richardson. Bila didasarkan pada pengelompokan ion-ion logam Richardson, ion Pb tetravalent mempunyai daya racun yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ion Pb divalent. Akan tetapi dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa ion Pb divalent lebih berbahaya dibandingkan dengan ion Pb tetravalen (Palar, 1992 *dalam* Fitriyah, 2007).

### 2.1.2 Sifat-Sifat Timbal

Secara umum logam berat khususnya adalah timbal selain bersifat toksik apabila terakumulasi pada makhluk hidup juga memiliki sifat cenderung membentuk kompleks, kemudian mengendap dan terikat dalam sedimen. Timbal 95% bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Selebihnya berbentuk timbal organik. Timbal organik ditemukan dalam bentuk senyawa Tetra Ethyl Lead (TEL) dan Tetra Methyl Lead (TML). Jenis senyawa ini hampir tidak larut dalam air, namun dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik misalnya dalam lipid. Waktu keberadaan timbal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan. Pb tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel. Karena timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan (Sudarwin, 2008).

Pb merupakan logam non esensial bagi tumbuhan. Pb bersifat pasif dan mempunyai daya larutan yang sangat rendah. Serta Pb 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).

Sedangkan menurut Sunu (2001), Pb mempunyai sifat antara lain yaitu: 1) Merupakan logam yang lunak sehingga mudah dirubah menjadi berbagai bentuk; 2) Mempunyai titik cair rendah sehingga bila digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana; 3) Membentuk alloy dengan logam lainnya, alloy yang terbentuk mempunyai sifat berbeda dengan timbal yang murni; 4) Mempunyai kerapatan lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya, kecuali merkuri dan emas; 5)Merupakan logam yang tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan pelapis.

Selain itu menurut Purwaningsing (2008) *dalam* Sumarmi (2011) , Plumbum memiliki 3 sifat biokimia yang penting yang dapat menimbulkan efek toksik pada manusia antara lain: 1) Plumbum (Pb) merupakan logam yang bersifat elektropositif dengan afinitas yang tinggi untuk kelompok enzim sulfihidril dan menghambat aktivitas enzim sulfihidril seperti *s-aminolivolinic acid* (ALAD, EC 4.2.1.24) dan *ferrochelatase* (EC 4.99.1.2) yang sangat penting pada sintesa haem; 2) Aktivitas divalensinya mempunyai kalsium dan aksinya sebagai *competitive inhibitor* di dalam daerah yang sangat penting seperti *phosporilasi oksidative* mitokondria Pb merusak system messenger yang dianut oleh kalsium dengan demikian akan mempengaruhi fungsi endokrin dan neural; dan 3) Plumbum (Pb) juga dapat mempengaruhi transkripsi DNA yang berinteraksi dengan ikatan protein asam nukleat yang memiliki kemampuan mengatur gen.

### 2.1.3 Sumber Timbal di Perairan

Logam Pb secara alami masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang masuk ke dalam perairan. Penggunaan logam Pb terbesar adalah pada industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Timbal juga digunakan sebagai bahan campuran pada bensin, cat dan pestisida (Isa, *et al.* 2014). Selain itu, Pb secara alami banyak ditemukan dan tersebar luas pada bebatuan dan lapisan kerak bumi. Di perairan logam Pb ditemukan dalam bentuk $Pb^{2+}$, $PbOH^{+}$, $PbHCO_3$, $PbSO_4$ dan $PbCO^{+}$. $Pb^{2+}$ di perairan bersifat stabil dan lebih mendominasi dibandingkan dengan $Pb^{4+}$ (Apriadi, 2005).

Selain itu, sumber Pb di muara Sungai Porong berasal dari buangan dari lumpur Lapindo Sidoarjo. Bencana semburan lumpur panas di Porong-Sidoarjo (LUSI) tidak hanya disebabkan oleh pengeboran tetapi merupakan fenomena alam berupa mud vulcano yang diketahui berasal dari kedalaman 1000-2000 meter di bawah permukaan tanah. Lumpur mencapai permukaan akibat peristiwa alam yang sangat besar melalui bidang rekahan, peristiwa ini terjadi akibat aktivitas tektonik dan aspek-aspek geologi terkait terutama kondisi geohidrologi dan geothermal. Bencana ini telah menjadi satu bencana lingkungan hidup yang cukup serius di Indonesia saat ini. Ketika semburan lumpur terjadi pertama kali di sekitar Sumur Banjar Panji I (BJP-1) sejak Mei 2006, volume lumpur yang dihasilkan masih pada tingkat 5.000 m3/hari, kemudian membesar volumenya dari antara 40.000 m3 sampai 50.000 m3 dan menjadi 126.000 m3/hari. Semburan lumpur tersebut merupakan fenomena terbesar yang pernah ditemui di dunia dan saat ini masih sulit mengestimasi kapan aktivitas semburan tersebut akan berakhir (Rina, *et al.* 2007).



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Sesuai dengan Keputusan Presiden Republik Indonesia pada Sidang Kabinet Paripurna tanggal 27 September 2006, skenario pengendalian lumpur sebagian dialirkan ke Sungai Porong untuk mengantisipasi jebolnya tanggul yang lebih parah sehingga membahayakan keselamatan penduduk dan merusak infrastruktur di sekitarnya. Lumpur panas tersebut akhirnya disetujui untuk dibuang tanpa pengolahan ke Sungai Porong dan badan air sekitarnya dengan alasan bahwa tidak ada tanggul yang dapat dibangun dalam waktu singkat untuk menyimpan lumpur panas yang menyembur dengan volume 126,000 m3 per hari (Herawati, 2007).

Terjadinya peningkatan semburan lumpur di Sidoarjo telah merusak daerah Sidoarjo seperti terendamnya rumah, pedesaan, sekolah, pabrik dan terlantarnya seribu orang. Hal yang terpenting adalah dampak yang ditimbulkan oleh lumpur berupa selain dampak sosial tetapi juga dampak lingkungan. Tidak hanya evakuasi sekitar seribu orang saja tapi juga harus monitoring kondisi kualitas air, tanah dan udara adalah sangat dibutuhkan. Terbukti bahawa lumpur telah menimbulkan dampak berbahaya bagi ekosistem sungai dan kesehatan penduduk setempat. Lumpur diduga mengandung logam berat yang telah melebihi ambang batas. Hal ini dapat menyebabkan toxic bagi ikan, vegetasi perairan serta manusia (Dagdag, *et al*. 2015).

Pembuangan lumpur ke Sungai Porong dan Aloo dapat menimbulkan pencemaran sampai ke muara Sungai Porong hingga sampai ke laut. Hal ini dikarenakan, lumpur Sidoarjo tersebut mengandung bahan kimia antara lain fenol, logam berat seperti Hg, Cr, Cd, dan Pb. Lumpur yang mengandung logam berat tersebut masuk ke aliran sungai akan dapat membahayakan kehidupan biota, kenyamanan ekosistem perairan serta kesehatan manusia di sepanjang aliran sungai hingga menuju ke laut (Hidayat, 2013 *dalam* Fitra, *et al*. 2013).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh UNDAC (2006), tentang "*Environmental Assessment Hot Mud Flow East Java, Indonesia*" mengenai kandungan logam berat yang terdapat di lumpur Sidoarjo (LUSI) adalah disajikan pada **Tabel 1** berikut.

**Tabel 1**. Konsentrasi Logam Berat di Lumpur Sidoarjo

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

Sumber: UNDAC, 2006

### 2.1.4 Dampak Akumulasi Timbal pada Perairan dan Manusia

Pencemaran limbah logam berat yang mengandung Pb memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air. Mengendapnya logam berat bersama dengan padatan tersuspensi akan mempengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan dan juga perairan sekitarnya. Pencemaran yang dihasilkan dari logam berat sangat berbahaya karena bersifat toksik, logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi (Caroline dan Moa, 2015). Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/ L dapat membunuh ikan. Sedangkan hewan sejenis crustacea (udang-udangan) mengalami kematian setelah 245 jam apabila konsentrasi Pb dalam air mencapai 2,75 - 49 mg/L (Susanti, 2010).

Keracunan timbal terjadi karena kemampuannya merubah logam-logam penting; antara lain Ca, Fe dan Zn. Timbal berikatan dan berinteraksi dengan beberapa protein dan beberapa molekul dari logam tersebut, tetapi molekul-molekul yang dihasilkan berbeda fungsinya dan gagal untuk menghasilkan reaksi yang sama misalnya dalam produksi enzim penting dalam proses-proses biologis. Logam berat dapat masuk kedalam jaringan tubuh organisme air melalui rantai makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit. Akumulasi biologis dapat terjadi melalui absorbsi langsung terhadap logam berat yang terdapat dalam badan air, sehingga organisme air yang hidup dalam perairan tercemar berat oleh logam berat, jaringan tubuhnya akan mengandung kadar logam berat yang tinggi juga (Ratmini, 2009).

Organisme yang terekspos Pb dengan konsentrasi rendah biasanya tidak mengalami kematian, tetapi akan mengalami pengaruh sublethal, yaitu pengaruh yang terjadi pada organisme tanpa mengakibatkan kematian pada organisme tersebut. Pengaruh sublethal ini dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu menghambat (misalnya pertumbuhan dan perkembangan, serta reproduksi), menyebabka terjadinya perubahan morfologi, dan merubah tingkah laku organisme. Timbal yang dilimpahkan ke perairan, baik sungai ataupun laut, akan mengalami paling tidak tiga proses, yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan (Bryan, 1976 *dalam* Musriadi, 2014).

Dampak pencemaran Pb yang lain adalah terganggunya aktivitas kehidupan makhluk hidup, terlebih apabila organisme tersebut tidak mampu mendegradasi bahan pencemar tersebut, sehingga bahan tersebut terakumulasi dalam tubuhnya. Peristiwa tersebut akan mengakibatkan terjadinya biomagnifikasi dari organisme satu ke organisme yang lain yang mempunyai tingkatan yang lebih tinggi (Sudarwin, 2008). Menurut Awalina (2011), Paparan logam berat dapat mengganggu metabolisme normal dan fungsi biologis, menginhibisi proses

fotosintesis, mereduksi sitokrom, menyebabkan mutasi seluler, pembusukan bahkan kematian pada fitoplankton yang bertindak sebagai produsen primer dalam rantai makanan. Salah satu hal terpenting, pencemar logam berat ini terakumulasi dalam fitoplankton maka logam berat ini akan segera memasuki rantai makanan dan menyebablan efek biomagnifikasi yang berujung pada kondisi membahayakan kesehatan manusia sebagai predator puncak. Biomagnifikasi merupakan fenomena peningkatan konsentrasi bahan pencemar pada sedikitnya dua sungai berturut-turut pada komponen jenjang trofik penyusun rantai makanan.

Selain itu, timbal masuk ke tubuh manusia melalui pernapasan, diserap dan diedarkan melalui darah dan terakumulasi dalam hati, pankreas dan tulang. Pb merupakan racun syaraf (neuro toxin) yang bersifat kumulatif, destruktif dan kontinu pada sistem haemofilik, kardio-vaskuler dan ginjal. Anak yang telah menderita tokisisitas timbal cenderung menunjukkan gejala hiperaktif, mudah bosan, mudah terpengaruh, sulit berkonsentrasi terhadap lingkungannya termasuk pada pelajaran, serta akan mengalami gangguan pada masa dewasanya nanti yaitu anak menjadi lamban dalam berfikir. Efek timbal terhadap kecerdasan anak memiliki efek menurunkan IQ bahkan pada tingkat pajanan rendah (Gusnita, 2012).

Timbal terakumulasi dalam tubuh manusia maka dapat merusak dengan berbagai cara seperti pengurangan sel-sel darah merah, penurunan sintesa hemoglobin dan penghambatan sintesa heme yang dapat menimbulkan anemia. Timbal dapat juga mempengaruhi sistem saraf intelegensia dan pertumbuhan anak-anak. Hal ini karena timbal dalam tulang dapat mengganti kalsium yang dapat menyebabkan kelumpuhan (Siregar, 2005 *dalam* Triani, 2012).

### 2.1.5 Mekanisme Penyerapan Pb pada Tumbuhan

Proses adsorpsi toksik atau logam berat pada tumbuhan air dapat terjadi melalui beberapa bagian, yaitu : (1) akar, terutama untuk zat organik dan zat hidrofilik; (2) daun bagi zat lipofilik; dan (3) stomata untuk memasukkan gas. Tumbuhan memiliki kemampuan untuk menyerap ion-ion dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membrane sel. Sel-sel akar tumbuhan umumnya mengandung konsentrasi ion yang lebih tinggi daripada medium di sekitarnya. (Panjaitan, 2009).

Terdapat proses penyerapan zat hara, air atau ion-ion terlarut oleh tumbuhan, yaitu terjadi melalui proses difusi, osmosis, imbibisi dan transfor aktif. 1) Difusi, merupakan gerakan penyebaran suatu partikel (air, molekul zat terlarut, gas atau ion) dari daerah berfotensial kimia lebih tinggi ke daerah fotensial kimia lebih rendah, yang disebabakan oleh adanya energi kinetis. Difusi dapat juga merupakan pergerakan molekul dari bagian yang memiliki kepekatan tinggi ke bagian yang memiliki kepekatan rendah, baik melalui membran, atau tanpa membran. Difusi bersifat pasif terdapat gradien konsentrasi (perbedaan konsentrasi antara bagian). 2) Osmosis, pada hakekatnya adalah difusi. Osmosis adalah difusi dari tiap pelarut melalui selaput semipermeabel. Air merupakan pelarut universal, jadi secara sederhana osmosis adalah difusi air melalui selaput permeabel secara diferensial dari suatu tempat yang berkonsentrasi tinggi ke rendah. 3) Imbibisi, yaitu peristiwa penyerapan air yang disertai dengan kenaikan volume yang bersifat reversible. Pada peristiwa tersebut, molekul-molekul air terikat di antara molekul-molekul dinding sel atau plasma sel. Akibatnya plasma sel mengembang. 4) Transportasi aktif, yaitu bergeraknya zat-zat makanan disebabakan oleh adanya gradien konsentrasi, kenyataannya ada juga gerak ion dan molekul melawan suatu gradien konsentrasi. Ketika sel melakukan transport melawan daya difusi pasif harus menggunakan energi (Jumhana, 2010).

Selain itu ada dua mekanisme penyerapan logam berat oleh tumbuhan yaitu penyerapan aktif (*active upatake*) dan penyerapan pasif (*passive uptake*). Menurut Moenir (2010), penyerapan logam berat secara aktif (*active uptake*) oleh tanaman meliputi tiga proses yaitu : 1) penyerapan logam berat oleh akar, 2)translokasi logam dari akar ke bagian-bagian tanaman yang lain, dan 3)lokalisasi/akumulasi logam berat tersebut pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar logam berat tidak menghambat metabolisme tanaman tersebut. Penyerapan logam berat oleh akar tanaman dapat terjadi apabila logam berat tersebut berada di sekitar akar (rizosfer) dan untuk membawa logam berat masuk kedalam rizosfer terdapat beberapa faktor tergantung pada jenis tanamannya antara lain faktor pH, pembentukan reduktase spesifik logam (berfungsi untuk mereduksi logam berat dan selanjutnya diangkut melalui kanal khusus di dalam membran akar), dan ekskresi zat khelat (zat pengikat) yang berfungsi untuk mengikat logam berat dengan cara membuat protein regulator dalam tumbuhan tersebut yang disebut dengan fitokhelatin.

Penyerapan logam berat secara pasif (*passive uptake*) atau biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dan proses pengikatan ini dapat dilakukan dengan dua cara : 1) pertukaran ion dimana ion monovalen dan divalen seperti ion Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan dengan ion logam berat, 2) formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti korboksil, thiol, fosfat, hidroksi yang berada di dinding sel. Proses biosorpsi dapat berjalan lebih efektif pada pH tertentu dan kehadiran ion-ion lainnya di media, dimana logam berat dapat diendapkan sebagai garam yang tidak terlarut (Onrizal, 2005). Sedangkan menurut Yuliati (2010), Mekanisme penyerapan tumbuhan melalui akar akan masuk ke dalam sel-sel tumbuhan dengan cara penyerapan pasif (*non metabolic absorption*) yaitu ion masuk ke jaringan tumbuhan dari media (larutan) yang konsentrasi tinggi ke

dalam sel-sel tumbuhan yang berkonsetrasi lebih rendah. Penyerapan ini merupakan mula-mula (*initial up take*) yang cepat dan tidak dipengaruhi oleh temperature dan inhibitor-inhibitor metabolik. Setelah konsentrasi dalam sel-sel tumbuhan hampir sama dengan konsentrasi medianya, maka baru terjadi penyerapan metabolik. Kecepatan penyerapan metabolic dipengaruhi oleh adanya kompetisi ion, persediaan oksigen pH, temperatur dan ion kalsium

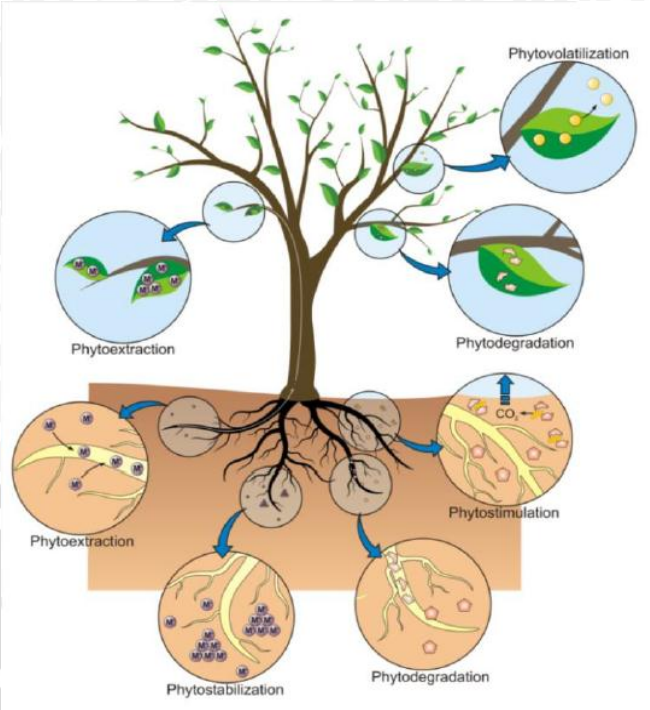
Faktor-faktor yang mempengaruhi transportasi zat organik oleh tumbuhan diantaranya yaitu: tekanan akar, daya isap daun, dan daya kapilaritas. 1) Tekanan akar yaitu keluarnya air akibat adanya tekanan dari akar yang mendorong air ke atas. Karena itu, tekanan akar menjadi salah satu pendorong masuknya air dari tanah ke dalam akar. 2) Daya isap daun terjadi sebagai akibat penguapan air (transpirasi) di permukaan daun yaitu apabila molekul air terlepas pada daun maka akan diikuti naiknya air pada akar dan batang. Selanjutnya air dari tanah juga akan terserap masuk ke akar. Besarnya penguapan air bergantung pada luas permukaan daun. Makin luas permukaan daun makin besar daya isap daun. Pohon yang besar dengan jumlah daun yang banyak menyebabkan daya isap daun lebih besar dibandingkan pohon yang kecil dan daunnya sedikit. 3) Daya kapilaritas terdapat pada pembuluh-pembuluh kayu yang merupakan pipa kapiler. Diameter xilem adalah sangat kecil sehingga menghasilkan daya kapilaritas air di dalam xilem. Daya kapiler ini berbanding terbalik dengan jari-jarinya. Dengan demikian, pada buluh yang semakin kecil akan menghasilkan daya kapilaritas semakin besar. Daya kapilaritas didukung oleh dua kekuatan pada air, yaitu daya kohesi dan adhesi (Suyitno, 2006).

## 2.2 Fitoremediasi

Istilah fitoremediasi berasal dari Bahasa Inggris "*phytoremediation*". Kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata, yaitu phyto yang berasal dari kata Yunani

phyton yang berarti “tumbuhan” dan remediation yang berasal dari Bahasa Latin remedium yang berarti “menyembuhkan”, dalam hal ini berarti juga "menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan atau kekurangan". Dengan demikian fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik (Andika, *et al*. 2009). Tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator (Hidayati 2004 dalam Ningsih, *et al.* 2014).

Mekanisme kerja fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi. Fitoekstraksi mencakup penyerapan kontaminan atau logam berat oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar, daun atau batang. Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam dari aliran limbah. Fitodegradasi adalah metabolisme logam berat di dalam jaringan tumbuhan, misalnya oleh enzim dehalogenase dan oksigenase. Fitostabilisasi adalah kemampuan tumbuhan dalam mengekkresikan (mengeluarkan) suatu senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah rizosfer (perakaran). Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap logam berat dan melepasnya ke udara lewat daun; dapat pula senyawa logam berat mengalami degradasi sebelum dilepas lewat daun (Tsao, 2003 *dalam* Nur, 2013). Lebih jelasnya mekanisme fitoremediasi pada tumbuhan dapat disajikan pada **Gambar 1**.




**Gambar 1.** Fitoremediasi pada tumbuhan (Favas, *et al.* 2014)

Keuntungan fitoremediasi adalah dapat bekerja pada senyawa organik dan anorganik, prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, teknologi yang ramah lingkungan dan bersifat estetik bagi lingkungan, serta dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar.Sedangkan kerugian fitoremediasi ini adalah prosesnya memerlukan waktu lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomasa tumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Santriyana, *et al*. 2013 *dalam* Caroline dan Moa, 2015).

### 2.3 Ekosistem Mangrove

Menurut Kusmana (2009), hutan mangrove dapat didefinisikan sebagai suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut (terutama di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai) yang tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut yang komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam. Sedangkan ekosistem mangrove merupakan suatu sistem yang

terdiri atas organisme (tumbuhan dan hewan) yang berinteraksi dengan faktor lingkungan dan dengan sesamanya di dalam suatu habitat mangrove.

Tumbuhan mangrove umumnya memiliki bentuk morfologi dan mekanisme fisiologi tertentu untuk beradaptasi terhadap lingkungan mangrove. Bentuk adaptasi ini umumnya terkait dengan adaptasi antara lain: (1) spesies mangrove mampu tumbuh pada lingkungan dengan salinitas rendah hingga tinggi. Kemampuan ini disebabkan adanya mekanisme ultrafiltrasi pada akar untuk mencegah masuknya garam, adanya sistem penyimpanan garam dan adanya sistem ekskresi pada daun untuk membuang garam yang terlanjur masuk ke jaringan tubuh. Mekanisme terakhir ini menyebabkan kebanyakan daun tumbuhan mangrove berasa asin, misalnya daun A. illicifolius. (2) Adaptasi sistem reproduksi yaitu propagul beberapa spesies tertentu seperti *Rhizophora spp.* umumnya telah tumbuh sejak masih menempel pada batang induknya (vivipari), sedang pada beberapa spesies lainnya belum tumbuh (kriptovivipari), seperti *N. fruticans*. Propagul umumnya dapat mengapung dan tersebar pada kawasan yang luas. (3) Adaptasi terhadap tanah yang gembur dan bersifat anoksik (anaerob) yaitu pada tumbuhan mangrove juga memiliki sistem perakaran yang khas untuk beradaptasi terhadap tanah lumpur yang lembut dan anaerob, berupa akar napas (pneumatofora) yang bentuknya beragam tergantung spesiesnya. Pneumatofora dapat berbentuk penyangga (*Rhizophora spp.*), pensil (*Avicennia spp., Sonneratia spp.*), lutut (*Xylocarpus spp.*), dan banir/papan (*Bruguiera spp.*). Bentuk-bentuk adaptasi di atas tidak dimiliki tumbuhan darat pada umumnya, sehingga kebanyakan tumbuhan darat tidak dapat tumbuh di lingkungan mangrove. Sejumlah kecil tumbuhan darat yang mampu tumbuh di daerah ekoton antara lingkungan mangrove dan darat dikenal sebagai tumbuhan asosiasi mangrove, yang umumnya merupakan tumbuhan pantai (Setyawan, *et al.* 2005).

Kondisi salinitas sangat mempengaruhi komposisi mangrove. Berbagai jenis mangrove mengatasi kadar salinitas dengan cara berbeda-beda. Beberapa diantaranya secara selektif mampu menghindari penyerapan garam dari media tumbuhnya, sementara beberapa jenis yang lainnya mampu mengeluarkan garam dari kelenjar khusus pada daunnya. *Avicennia* merupakan marga yang memilik kemampuan toleransi terhadap kisaran salinitas yang luas. *A. marina* mampu tumbuh dengan baik pada salinitas mendekati tawar sampai dengan 90‰. Di daerah pantai yang terbuka dengan salinitas tanah mendekati air laut dapat ditemukan *Sonneratia alba* kecuali *S. caseolaris* yang tumbuh pada salinitas kurang dari 10‰ dan dapat ditemui disepanjang sungai sampai sejauh pentrasi air asin dan pohon setinggi 20 m ini dapat bertahan hidup di dalam air tawar (Susmalinda, 2013).

Secara ekologi, mangrove berperan penting dalam perputaran nutrient atau unsure hara pada perairan pantai disekitarnya yang dibantu oleh pergerakan pasang surut air laut. Interaksi vegetasi mangrove dengan lingkungan sekutarnya mampu menciptakan kondisi iklim yang sesuai untuk keberlangsungan proses biologi beberapa organisme akuatik termasuk mikroorganisme dan makroorganisme. Nilai penting mangrove lainnya adalah dalam bentuk fungsi ekologis sebagai stabilisator tepian sungai dan pesisir serta memberikan dinamika pertumbuhan di kawasan pesisir, seperti pengendali erosi pantai, menjaga stabilitas sedimen bahkan turut berperan dalam menambah perluasan lahan daratan (land building) dan perlindungan garis pantai (protected agent). Selain itu, pada kawasan mangrove juga berfungsi sebagai tempat hidup, mencari makan, berlindung, bertelur, dan sebagai terminal atau koridor migrasi bagi berbagai macam fauna, antara lain burung, reptilian, moluska, udang dan ikan (Saputro*, et al*. 2009).



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## 2.4 *Sonneratia caseolaris*

### 2.4.1 Ciri Umum *Sonneratia caseolaris*

*Sonneratia caseolaris* merupakan tumbuhan mangrove sebagai penyusun hutan bakau yang berada di sepanjang pantai berlumpur yang mempunyai salinitas rendah, sejenis pohon penghuni rawa tepi sungai. Nama internasional buah ini adalah Crabapple mangrove (Ahmed, *et al.* 2010).

Klasifikasi *Sonneratia caseolaris* adalah sebagai berikut (Istikhomah, 2015):

Kingdom : Plantae

Filum : Anthophyta

Kelas : Angiospermae

Ordo : Myrtales

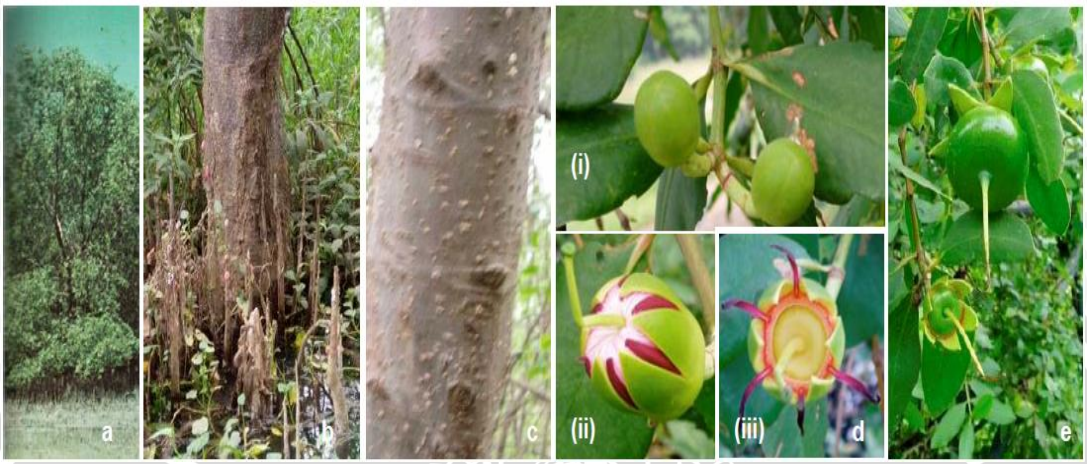
Family : Sonneraticeae

Genus : Sonneratia

Spesies : *Sonneratia caseolaris*

Menurut Onrizal, *et al.* (2005), *Sonneratia caseolaris* (L.) Engler memiliki karakteristik antara lain pohon dengan tinggi mencapai 18 m dan dbh mencapai 40 cm; berakar nafas yang kokoh, meruncing, diameter pangkal mencapai 5 cm, tinggi mencapai 40 cm. Batang silindris, tidak berbanir; kulit luar coklat keabu-abuan sampai coklat kehitaman, bergelang, adakalanya besisik. Daun tunggal, bersilang berhadapan atau berhadapan, membundar telur sungsang, melonjong sampai menjorong, panjang 7,5-12 cm, lebar 2,7-3,2 cm; pangkal runcing atau membaji, ujung tumpul atau runcing; permukaan atas hijau sampai hijau tua; permukaan bawah hijau kekuningan; tangkai pendek, hijau sampai hijau kemerahan, panjang sampai 0,5 cm; kuncup hijau muda. Bunga soliter, membulat, panjang sampai 3 cm, lebar sampai 2,5 cm; kelopak hijau, cuping 6; petal 6, merah, tipis; benangsari banyak, merah dan putih. Buah membulat dengan kelopak tidak luruh seperti bintang, hijau, diameter sampai 5 cm; tangkai

putik panjang sampai 7 cm. *Sonneratia caseolaris* (L.) Engler tumbuh pada daerah dengan lumpur lunak yang dalam sampai dangkal, tergenang air pasang harian, di pinggir atau muara sungai, membentuk tegakan murni. Lebih jelasnya mengenai *Sonneratia caseolaris* (L.) Engler. Dapat dilihat pada **Gambar 2**.



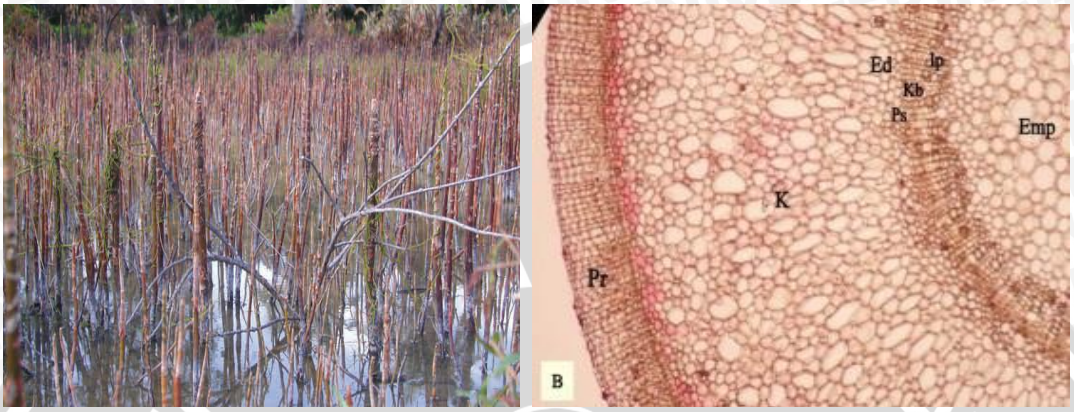

**Gambar 2.** *Sonneratia caseolaris*: a. tegakan; b. akar nafas; c. kulit batang; d. bunga, (i) bunga akan mekar, (ii) bunga muda, (iii) bunga mekar namun benangsari sudah luruh; e. buah (Onrizal, *et al.* 2005)

*Sonneratia caseolaris* memiliki nama lokal sebagai pedada, prapat, prengat, prepat dan bogem. Pohon pedada memiliki ketinggian 16 meter, serta memiliki akar nafas berbentuk kerucut dengan tinggi dapat mencapai 1 m lebih tinggi dari *Sonneratia alba*. Pada daun *Sonneratia caseolaris* memiliki susunan tunggal, bersilangan berbentuk lonjong sampai oblong dengan ujung membundar, panjang daun berkisar 4 – 8 cm. *Sonneratia caseolaris* memiliki ciri khusus yaitu pada bunga dewasa memiliki tangkai daun pendek dengan dasar bewarna kemerah-merahan, benang sari bewarna merah dan putih. Sedangkan pada buah memiliki diameter 6-8 cm bewarna hijau kekuning-kuningan, buah lebih besar dari *Sonneratia alba* serta dapat dimakan (Susmalinda, 2013).

### 2.4.2 Akar *Sonneratia caseolaris*

Sistem perakaran *S. caseolaris* merupakan perakaran pneumatofor yang merupakan perakaran napas. Akar keluar dari dalam tanah seperti pensil, tegak ke permukaan, lancip, berwarna coklat muda sampai coklat tua. Kulit akar mudah

mengelupas. Bagain dalam akar berwarna merah. Akar napas ini berasal dari akar pokok yang berada di dalam tanah. Akar yang tua dan tergenang oleh air diselimuti oleh lumut dan alga (Satriono, 2007). Lebih jelasnya akar *Sonneratia caseolaris* dapat dilihat pada **Gambar 3.**



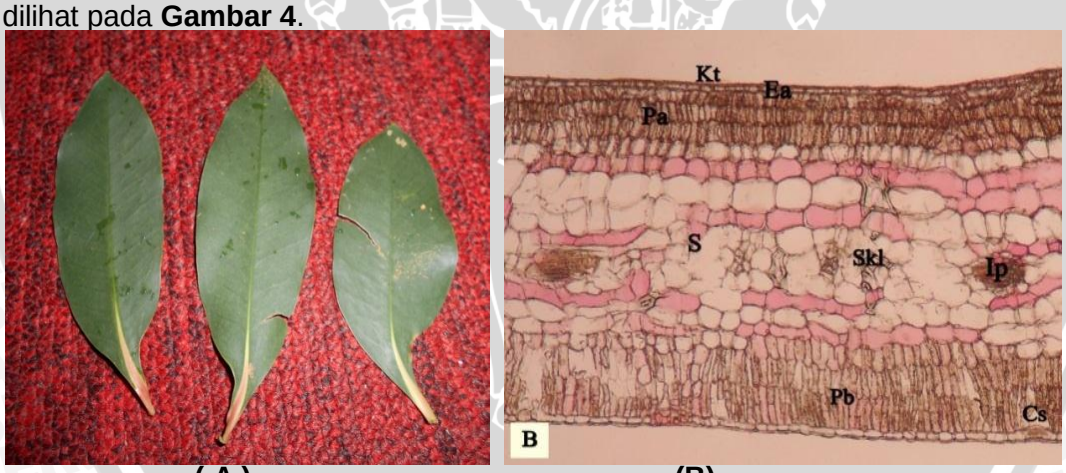

**(A)** **(B)**

**Gambar 3. (A)** Akar *Sonneratia caseolaris* (UNICEF,2008), **(B)**. Struktur Anatomi akar *S.caseolari*,Pr : Periderm K : Korteks, Aer : Aerenkim, Ed : Endodermis, Ps: Perisikel, Kb : Kambium, Sr : Serat, Ip : Ikatan Pembuluh, dan Emp : Empulur (Niken, *et al*. 2013)

*S. caseolaris* memiliki sistem perakaran yang tumbuh kearah samping atau horizontal dan pada setiap bagian akar ditunjukkan dengan keluarnya bagian akar yang keluar tegak lurus ke permukaan substrat. Hal tersebut yang menyebabkan jenis mangrove *Sonneratia* berada pada zona terdepan, dengan sistem perakaran yang kuat sehingga dapat menahan pengaruh angin dan gelombang dari laut. Selain itu, mangrove jenis *Sonneratia* memiliki kemampuan beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan yang ekstrim seperti fluktuasi salinitas dan kondisi oksigen yang rendah dikarenakan kondisi tanah pada ekosistem mangrove yang cederung berlumpur dan jenuh dengan air. Kemampuan beradaptasi dengan kondisi tersebut dikarenakan *Sonneratia* memiliki akar nafas (*pneumatofor*) yaitu akar yang dapat menyerap oksigen pada saat surut dan mencegah kelebihan air pada saat pasang, maka pada saat kondisi substrat anaerob struktur pneumatofor akan menyokong dan mengait serta menyerap oksigen selama air surut (Rachmawati, *et al.* 2014).

### 2.4.3 Daun *Sonneratia caseolaris*

Daun *S. caseolaris* adalah daun tunggal, simple. Daun tersusun secara opposite. Daun yang satu dengan daun yang lain tepat berberangan sejajar pada cabang yang sama, tersusun sepasang-sepasang. Daun berwarna hijau dengan permukaan yang rata dan halus, licin. Daun memiliki bentuk obovate, seperti telur dengan tangkai daun terletak pada bagian yang sempit. Ujung daun berbentuk emarginate atau tumpul dengan bagian tengah ujung daun berlekuk. Ukuran daun antara 5-10 cm. Perbedaan antara *S. caseolaris* dengan *S. alba* yaitu pada warna tangkai daun, ukuran buah, dan bentuk kelopak. Tangkai daun (ketiak daun) pada *S. caseolaris* berwarna merah sedangkan pada *S. alba* berwarna putih. Ukuran buah pada *S. caseolaris* lebih besar daripada *S. alba*. Kelopak buah pada *S. caseolaris* membuka ke atas sedangkan *S. alba* menelungkupi buah (Satriono, 2007). Lebih jelasnya gambar daun *Sonneratia caseolaris* dapat dilihat pada **Gambar 4**.




**( A )** **(B)**

**Gambar 4.** (A) Daun *Sonneratia caseolaris* (Kamera Nikon COOLPIX S2900, 2016), (B). Struktur anatomi daun S.caseolaris, Kt : Kutikula, Ea : Epidermis atas, Pa : Palisade atas ,Pb : Palisade bawah, Ip : Ikatan Pembuluh, S : Spons, Skl : Sklereid, Krst : Kristal, Cs : Celah stomata, Eb : Epidermis Bawah (Niken, *et al*. 2013)

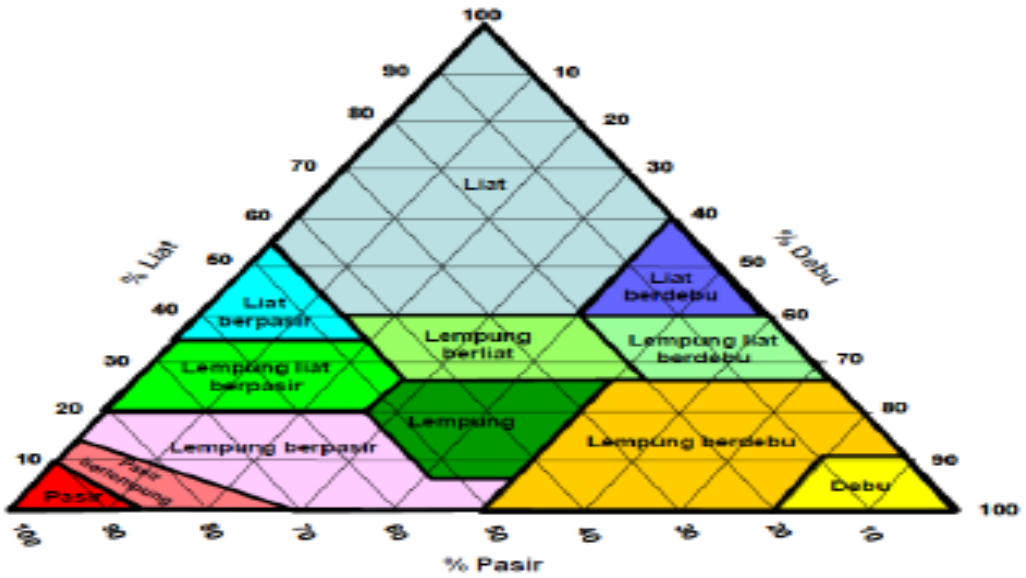
Mangrove jenis *Sonneratia sp*. ini memiliki kemampuan dalam beradaptasi dengan lingkungannya salah satunya dengan cara menyimpan Na dan Cl pada daun yang lebih tua. Daun penyimpan garam umumnya sekulen dan

pengguguran daun sekulen ini diperkirakan merupakan mekanisme mengeluarkan kelebihan garam yang dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukannya (Susmalinda, 2013). Selain itu, menurut Setiawan (2013), Daun juga merupakan jaringan dengan tingkat akumulasi logam berat yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ranting. Kemungkinan hal ini disebabkan karena tingkat mobilitasi logam berat yang tinggi dan jaringan daun sebagai tempat penimbunan logam berat sebelum dilepas ke lingkungan. Logam berat tersebut akan didistribusi ke seluruh jaringan tumbuhan sampai daun, melalui proses uptake pada akar, ditahan pada jaringan, dan dilepas ke lingkungan melalui pelepasan daun.

## 2.5 Parameter Kualitas Lingkungan

### 2.5.1. Tekstur Tanah (Sedimen)

Tekstur substrat terdiri atas campuran pasir, lumpur dan liat. Tidak ada substrat yang terdiri atas satu fraksi saja, sehingga semua tipe substrat terdiri atas ketiga fraksi tersebut. Tekstur atau tipe sedimen dapat ditentukan dengan mengukur komposisi dari fraksi-fraksi pembentuknya, yaitu kandungan lumpur (debu), pasir dan liat (Maslukah, 2006). Berikut adalah Jenis tekstur sediment berdasarkan segitiga tekstur dapat dilihat pada **Gambar 5**




**Gambar 5.** Segitiga Tekstur Tanah (Shepard, 1954)

Tekstur sedimen juga mempengaruhi kadar logam berat yang terkandung dalam sedimen, dimana sedimen dengan tekstur lembung berdebu lebih banyak terjadi pengendapan logam berat. Tekstur sedimen yang memiliki bentuk padat dan mudah mengikat logam berat dalam proses pengendapan. Partikel sedimen yang halus biasanya mempunyai kandungan bahan pencemar yang tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik elektrokimia antara partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, sehingga biasanya kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Trisnawaty, *et al.* 2013).

Menurut Taqwa (2010), tekstur substrat sangat dipengaruhi oleh komposisi dari butiran liat, debu dan pasir. Klasifikasi butiran tanah dapat dilihat **Tabel 2**. Analisa ukuran butir substrat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode mekanis untuk mengetahui prosentase fraksi substrat kasar (d > 0,05 mm) dan metode hidrometrik untuk melihat prosentase dari butiran debu dan liat.

**Tabel 2**. Klasifikasi Butiran Tanah

| No. | Nama Butitan | Diameter (mm) |
|---|---|---|
| **1.** | Pasir sangat kasar | 1,00 – 2,00 |
| **2.** | Pasir kasar | ≥ 0,50 |
| **3.** | Pasir sedang | ≥ 0,25 |
| **4.** | Pasir halus | ≥ 0,10 |
| **5.** | Pasir sangat halus | ≥ 0,05 |
| **6.** | Debu | ≥ 0,002 |
| **7.** | Liat | ≥ 0,002 |

Sumber : Modifikasi dari USDA, 2009 *dalam* Taqwa, 2010



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

### 2.5.2 Salinitas

Salinitas perairan menggambarkan kandungan garam dalam 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 bikarbonat (HCO3). Salinitas dinyatakan dalam satuan gam/kg atau promil (‰) (Effendi, 2003 *dalam* Makmur, *et al.* 2013), Air di daerah estuaria merupakan pencampuran antara air sungai dan air laut, sehingga menyebabkan daerah ini memiliki air yang bersalinitas lebih rendah daripada perairan laut terbuka (Hutabarat dan Evans, 1985 *dalam* Parawita, *et al.* 2009).

Nilai salinitas pada perairan pesisir sangat dipengaruhi oleh masukkan air tawar dari sungai. Nilai salinitas perairan laut dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat (Deri, *et al.* 2013).

### 2.5.3 Derajat Keasaman (pH) Air

Menurut Deri, *et al.* (2013), kisaran pH air 6-8 masih dikatakan normal, sedangkan pH air tercemar seperti air buangan berbeda-beda tergantung jenis air buangannya. Perubahan keasaman pada air buangan, baik kearah alkali (pH diatas 7) maupun ke arah asam (pH dibawah 7), akan sangat mengganggu kehidupan didalam perairan tersebut. Nilai pH suatu perairan menggambarkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan yang diukur adalah konsentrasi ion hidrogen. Menurut Yan, *et al.* (2010) *dalam* Deri, *et al.* (2013), mengemukakan bahwa penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar dimana sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan yang sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam berat (timbal) dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam berat (timbal) dalam air. Kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Parawita, *et al.* 2009).

**2.6 Faktor Biokonsentrasi (BCF)**

Bio-Concentration Factor (BCF) adalah rasio antara konsentrasi logam berat pada akar atau daun dengan konsentrasi logam berat pada sedimen. Faktor biokonsentrasi ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi kandungan logam berat dari lingkungan yang diserap oleh jaringan akar, kemudian disebar dan diakumulasikan kejaringan lainnya (daun dan kulit batang). Selain itu, BCF bisa digunakan untuk mengetahui potensi tumbuhan untuk tujuan fitoremidiasi. Nilai BCF yang besarnya lebih dari 1 mengindikasikan terjadinya proses akumulasi dan translokasi atau memiliki mekanisme jenis fitostabilisasi. Sebaliknya jika nilai BCF kurang dari satu memiliki jenis fitoremediasi fitoekstraksi (Hamzah dan Pancawati, 2013).

**2.7 Faktor Translokasi (TF)**

Translocation Factor (TF) didefinisikan sebagai konsentrasi logam berat pada daun dibagi dengan konsentrasi logam berat pada akar. Faktor translokasi ini digunakan untuk untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun. Tranlokasi Faktor (TF) juga dapat digunakan untuk menduga tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai fitoremediator. Apabila Nilai TF kurang dari satu memiliki mekanisme jenis fitostabilisasi. Sebaliknya jika nilai TF lebih dari satu memiliki jenis fitoremediasi fitoekstraksi (Hamzah dan Pancawati, 2013).



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Umumnya nilai BCF lebih besar dari satu, sedangkan nilai Translocation Factor (TF) lebih kecil dari satu. Nilai BCF berbanding terbalik dengan nilai TF yang menunjukkan bahwa tumbuhan mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi Pb, namun kemampuan untuk mentranslokasi logam masih rendah (Puspita, *et al.* 2013).

**2.8 Fitoremidiasi (FTD)**

Fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara nilai Bio-Concentration Factor (BCF) dan Translocation Factor (TF). FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah. Fitoremediasi merupakan salah satu solusi yang bisa digunakan untuk mengurangi kandungan polutan di daerah yang terkontaminasi dengan menggunakan tumbuhan sebagai sarana dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam berat pada tanah atau sedimen. Nilai fitoremediasi (FTD) yang tinggi digunakan untuk mengurangi pergerakan polutan didalam tanah/sedimen karena efektivitas akumulasi logam terjadi pada akar. Proses ini menggunakan kemampuan akar tumbuhan mangrove untuk mengubah kondisi lingkungan tercemar berat menjadi sedang bahkan ringan (Puspita, *et al*. 2013).

# 3. MATERI DAN METODE

## 3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis konsentrasi Pb pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia casiolaris*. Serta analisis kualitas lingkungan sebagai pendukung dari kehidupan mangrove *Sonneratia caseolaris* antara lain tekstur tanah, salinitas dan, pH air.

## 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut.

**Tabel 3**. Alat dan Bahan yang Diperlukan di Lapang dan Laboratorium

| No. | Parameter | Alat dan Bahan |
|---|---|---|
| **1.** | Tekstur Tanah | - Cetok dan plastik<br>- Sedimen dan kertas label |
| **2.** | Derajat Keasaman (pH) air | - Ph tester<br>- Air sampel, akuades dan *tissue* |
| **3.** | Salinitas (ppt) | - Salinometer digital<br>- Air sampel, akuades dan *tissue* |
| **4.** | Titik koordinat | - Gps garmin 76 csx |
| **5.** | Sampel air | - Botol polietilen, pipet tetes dan *coolbox*<br>- Asam nitrat dan kertas label |
| **6.** | Sampel sedimen | - Cetok, plastik, timbangan, *coolbox*, kertas label |
| **7.** | Sampel akar dan Mangrove | - Plastik, pisau, timbangan, *coolbox*, kertas label |
| **8.** | Konsentrasi Pb di Air (ppm) | - Oven, tanur, timbangan analitik, wadah sampel, pipet volum, labu takar, gelas beaker, cawan porselen, kompor listrik, kertas saring, Erlenmeyer dan AAS<br>- Sampel air, larutan $HNO_3$ 65%, larutan HCL, dan aquades |
| **9.** | Konsentrasi Pb di sedimen (ppm) | - Oven, tanur, pisau, timbangan analitik, wadah sampel, pipet volum, labu takar, gelas beaker, cawan porselen, kompor listrik, kertas saring, Erlenmeyer dan AAS<br>- sampel sedimen, larutan $HNO_3$ 65%, larutan HCL, dan aquades, |

| No. | Parameter | Alat dan Bahan |
|---|---|---|
| 10. | Konsentrasi Pb di Akar da Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* (ppm) | Oven, tanur, pisau, timbangan analitik, wadah sampel, pipet volum, labu takar, gelas beaker, cawan porselen, kompor listrik, kertas saring, Erlenmeyer dan AAS<br>- Sampel akar dan daun Mangrove *Sonneratia caseolaris*, larutan $HNO_3$ 65%, larutan aquaregia (3HCl; 1HNO3), dan aquades |

### 3.3 Penentuan Stasiun dan Sampel

Penelitian ini menggunakan metode survey yang dilakukan secara langsung dengan mendatangi lokasi kawasan hutan mangrove di Muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo. Menurut Hasan (2002), penelitian survei adalah penelitian yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta dari gejala-gejala yang ada dan mencari keterangan-keterangan secara faktual dari suatu kelompok maupun daerah. Penentuan stasiun penelitian ini ditentukan berdasarkan hasil survey dari keberadaan pohon mangrove jenis *Sonnerata caseolaris* pada kawasan mangrove muara Sungai Porong. Lokasi pengambilan sampel (**Lampiran 1**) dilakukan pada tiga stasiun yaitu:

1). Stasiun 1 (hulu) : lokasi ini dekat dengan aktivitas penambangan pasir dan dermaga

2). Stasiun 2 (tengah) : lokasi ini berada di seberang pulau sarinah

3). Stasiun 3 (hilir) : lokasi ini berada pada titik dimana air sungai sudah mengalami pencampuran dengan air laut

### 3.4 Prosedur Pengambilan Sampel

#### 3.4.1 Sampel Air

Sampel air diambil secara langsung dari setiap stasiun ketika air pasang dan menggenangi akar mangrove. Jumlah sampel yang diambil dalam setiap stasiun sebanyak 600 ml. Sampel diambil di tiga stasiun dan setiap satu stasiun diambil beberapa titik kemudian sampel air dari setiap titik dicampur (komposit) dan dimasukkan ke dalam botol polietilen yang telah disiapkan. Selanjutnya

ditambahkan larutan asam nitrat ($HNO_3$) pekat 65% sampai pH <2. Larutan asam nitrat ($HNO_3$) digunakan untuk menurunkan pH. Selanjutnya, sampel air disimpan di dalam *coolbox* dan es. Menurut Puspita (2012), sampel air yang telah diambil kemudian disaring menggunakan kertas saring berpori 0,45 µm bertujuan untuk mengambil logam yang terlarut saja. Kemudian sampel uji diawetkan menggunakan asam nitrat ($HNO_3$) sampai pH <2. Selanjutnya, sampel disimpan pada suhu ruang dan dapat bertahan selama 6 bulan.

### 3.4.2 Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen pada setiap stasiun dilakukan dengan menggunakan cetok dengan cara menggali sedimen pada bagian permukaan dasar perairan yang mempunyai ketebalan 20 cm. Jumlah sampel yang diambil dalam setiap stasiun sebanyak 200 gram. Setiap satu stasiun diambil beberapa titik kemudian sampel tanah dari setiap titik dicampur (komposit), setelah itu dimasukkan ke dalam plastik klip dan diberi label.

### 3.4.3 Pengambilan Sampel Mangrove (*Sonneratia caseolaris)*

Sampel akar dan daun diambil dari pohon *Sonneratia caseolaris* yang memiliki diameter berkisar 15-20 cm. Cara pengambilan akar dan akar yang diambil dari pohon *Sonneratia caseolaris* antara lain:

**a. Sampel Akar *Sonneratia caseolaris***

Sampel akar yang diambil adalah akar pensil yang berada di dalam sedimen dan deket dengan batang pohon. Jumlah sampel akar yang diambil dalam satu pohon sebanyak 200 gram. Kemudian ambil beberapa akar pada setiap satu pohon kemudian dikumpulkan jadi satu. Dalam setiap satu stasiun dilakukan pengulangan sebanyak 3 pohon yang berbeda tetapi dalam satu ukuran diameter batang pohon yang sama. Hal ini sesuai dengan pendapat Panjaitan (2009), yang menyatakan bahwa sampel akar diambil dari pohon *Sonneratia caseolaris*



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

dengan ukuran batang berkisar 28-35 cm. Akar yang diambil adalah akar nafas (pneumatophora) dan akar kawat (yang berada di dalam sedimen).

**b. Sampel Daun *Sonneratia caseolaris***

Daun mangrove yang diambil adalah daun yang sudah tua berwarna hijau tua dengan panjang 4-8 cm yang terletak di pangkal ranting. Pengambilan daun dalam satu pohon diambil sebanyak 20 lembar kemudian dikumpulkan jadi satu. Pada setiap satu stasiun dilakukan pengulangan sebanyak 3 pohon yang berbeda tetapi dalam satu ukuran diameter batang pohon yang sama. Hal ini sesuai dengan pendapat Hamzah dan Setiawan (2010), sampel daun mangrove diambil dengan menggunakan gunting. Daun mangrove yang diambil merupakan daun mangrove yang tidak terlalu tua dan tidak juga terlalu muda. Sebanyak ± 30 daun diambil dari 5 jenis pohon 3 spesies. Pohon yang diambil mempunyai diamater berkisar antara 15-20 cm dengan tinggi 3-5 m.

Sampel yang sudah diperoleh segera dibungkus dengan plastik klip dan diberi label, semua sampel dikumpulkan dalam kotak pendingin (*coolbox*) dan es untuk disimpan selanjutnya menganalisis kandungan logam Pb pada akar dan daun pada mangrove *Sonneratia caseolaris* di Laboratorium.

**3.5 Analisis Sampel**

Parameter kualitas lingkungan yang dianalisis tekstur tanah, pH dan salinitas. Parameter pH dan salinitas diukur secara langsung di lapang (*in situ*). Kemudian untuk sampel tekstur tanah dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Untuk konsentrasi Pb di air, sedimen, akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* dianalisis di Laboratorium MIPA, Universitas Brawijaya Malang.

### 3.5.1 Analisis Konsentrasi Pb Total

**a. Analisis Konsentrasi Pb pada Akar dan Daun**

Prosedur Pb pada akar dan daun *Sonneratia caseolaris* (*Housemethods* Lab. Kimdas FMIPA UB, 2015) adalah sebagai berikut:

1). Memasukan sampel akar dan daun kedalam tanur lalu panaskan pada suhu ± 103°C selama 2 jam

2). Mendinginkan, menambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl; 1$HNO_3$) kemudian memanaskan diatas kompor listrik sampai asat lalu dinginkan.

3). Menambahkan larutan $HNO_3$ encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, memanaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.

4). Menyaring ke labu 100 ml dan menambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.

5). Kemudian membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) Pb dengan panjang gelombang 283,3 nm dan catat absorbansinya.

**b. Analisis Konsentrasi Pb pada Air**

Prosedur Pb pada air (Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UB, 2015) adalah sebagai berikut:

1). Mengambil air sampel dengan pipet volume 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml

2). Menambahkan 5 ml aquaregia, memanaskan di atas kompor listrik suhu 70$^{o}$C sampai tertinggal ± 2/3 lalu mendinginkan

3). Menambahkan larutan HNO3 encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, memanaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.

4). Menyaring ke labu 100 ml dan menambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.

5). Kemudian membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) Pb dengan panjang gelombang 283,3 nm dan catat absorbansinya.

**c. Analisis Konsentrasi Pb pada Sedimen**

Prosedur Pb pada sedimen (Housemethods Lab. Kimdas FMIPA UB, 2015) adalah sebagai berikut:

1). Menimbang contoh ± 2 gr, masukan kedalam cawan porselen.

2). Memasukan kedalam tanur lalu memanaskan pada suhu ± 103°C selama 2 jam

3). Mendinginkan, tambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl; 1$HNO_3$), memanaskan diatas kompor listrik sampai asat, lalu dinginkan.

4). Menambahkan larutan $HNO_3$ encer (2,5N) sebanyak 10 ml, memanaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.

5). Menyaring ke labu 100 ml dan menambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.

6). Kemudian membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) Pb dengan panjang gelombang 283,3 nm dan catat absorbansinya.

**3.5.2 Analisis Kualitas Lingkungan**

**a. Tekstur Tanah**

Menurut Taqwa (2010), prosedur analisis tekstur tanah dengan metode mekanis yang bertujuan untuk mengetahui substrat kasar adalah sebagai berikut:

1). Membilas sampel substrat dengan air tawar, kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven. Setelah kering, dinginkan sampel, kemudian timbang

sampel yang akan dianalisis. Masukkan sampel ke dalam sieve net, kemudian guncang dengan shaker selama ±15 menit.

2). Memisahkan hasil ayakan berdasarkan ukuran net, kemudian timbang hasil ayakan dari tiap ukuran net. Sampel substrat yang lolos dari saringan 2 mm, di analisa lebih lanjut dengan metode hidrometrik yang bertujuan untuk melihat prosentase dari butiran debu dan liat.

Metode hidrometrik dengan prosedur kerja sebagai berikut :

1). Memasukkan 100 gram sampel substrat kering ke dalam beaker glass. Tambahkan 10 gr larutan 0.01 N natrium oksalat dan 5 g 0.02 N natrium karbonat, kemudian aduk campuran tersebut. Jika masih ada yang menggumpal, tambahkan larutan 0.01 N natrium oksalat dan 5 g 0.02 N natrium karbonat sampai tidak terjadi penggumpalan.

2). Memasukkan sampel ke dalam tabung silinder 1000 ml dan tambahkan aquades hingga 1000 ml, kemudian aduk. Biarkan campuran mengendap.

3). Setelah 7 menit 44 detik, mengambil sampel substrat dengan menggunakan pipet pada kedalaman 10 cm sebanyak 20 ml, kemudian masukkan ke dalam cawan petri yang telah dipanaskan selama 1 jam dan juga telah diketahui beratnya.

4). Mengeringkan sampel dengan oven selama 2 jam, kemudian dinginkan dalam desikator. Setelah dingin, timbang dengan timbangan digital, berat akhir dikurangi dengan berat cawan petri kosong adalah berat sampel ukuran 0,002 mm (debu)

5). Setelah 2 jam 3 menit, mengambil sampel kembali dengan pipet pada kedalaman 10 cm sebanyak 20 ml lalu dimasukkan ke dalam cawan petri.

6). Mengeringkan sampel yang ada di dalam cawan petri tersebut ke dalam oven selama 2 jam, kemudian dinginkan didalam desikator. Setelah dingin,

timbang dengan menggunakan timbangan digital. Berat akhir dikurangi dengan berat cawan petri kosong adalah berat sampel.

7). Setelah menghitung prosentasenya, kemudian hasil prosentasenya diproyeksikan dalam segitiga tekstur seperti pada **Gambar 5** untuk menentukan fraksi jenis tekstur.

**b. Salinitas**

Menurut Fazumi (2014), prosedur analisis salinitas pada perairan menggunakan salinometer adalah sebagai berikut :

1). Mengkalibrasi alat menggunakan aquades agar stabil dan menunjukkan angka 0

2). Mengambil menggunakan pipet tetes, kemudian teteskan 1-2 tetes diatas optik prisma

3). Menekan tombol on/off, kemudian tekan start

4). Menekan tombol hold dan catat hasil yang tertera

5). Membersihkan menggunakan aquades dan mengeringkan dengan tissue setelah selesai digunakan

**c. Derajat Keasaman (pH) Air**

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

1). Mengkalibrasi alat pH meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap kali akan melakukan pengukuran.

2). Untuk contoh uji yang mempunyai suhu tinggi, kondisikan contoh uji sampai suhu kamar.

3). Mengeringkan dengan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling.

4). Membilas elektroda dengan tisu



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

5). Mencelupkan elektroda kedalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.

6). Mencatat hasil pembahasan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

### 3.6 Analisis Data

#### 3.6.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Menurut Panjaitan (2009), perhitungan kemampuan tumbuhan mangrove dalam mengakumulasi Pb menggunakan tingkat biokonsentrasi faktor (BCF) dengan rumus :

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

Menurut Malayeri, *et al.* (2008), nilai BCF 1-10 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator tinggi, BCF 0,1-1 menunjukan tergolong akumulator sedang, 0,01-0,1 menunjukkan tergolong akumulator rendah, dan BCF < 0,01 tanaman tergolong nonakumulator.

#### 3.6.2 Faktor Translokasi (TF)

Menurut Puspita, *et al.* (2013), Faktor Translokasi (TF) logam berat digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun, dihitung dengan rumus:

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

#### 3.6.3 Fitoremidiasi (FTD)

Menurut Puspita, *et al.* (2013), Selisih antara nilai BCF dan TF selanjutnya digunakan untuk menghitung fitoremediasi/FTD. FTD dihitung dengan menggunakan rumus:

FTD = BCF – TF

### 3.6.4 Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan software SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) 16.0. Pada analisis perbandingan kadar logam berat Pb akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* antar stasiun menggunakan ANOVA satu arah (*one-way* ANOVA) karena bertujuan untuk memberikan informasi mengenai ada tidaknya perbedaan Pb akar dan daun pada tiap stasiun. Menurut Ruhimat dan Waluyo (2008), prosedur *One Way Anova atau* merupakan salah satu analisis statistik ANOVA (*Analysis of variance*) yang bersifat satu arah. Alat uji ini digunakan untuk menguji 2 populasi atau lebih yang independen, memiliki rata-rata sama atau tidak sama. Teknik anova akan menguji variabilitass dari observasi masing-masing group dan variabilitas antar mean group. Melalui kedua estimasi variabilitass tersebut, akan dapat ditarik kesimpulan mengenai mean populasi.

Sedangkan analisis perbandingan antara akar dan daun mangrove *Sonneratia caseolaris* menggunakan *Independent T- Test*, karena bertujuan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata (mean) antara dua sampel kadar Pb daun dan akar mangrove *Sonneratia casolaris* di setiap stasiun. Setelah pengujian dapat diambil hipotesis berdasarkan t hitung dan t -tabel atau nilai probabilitasnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Jainuri (2014), uji-T atau T-Test adalah salah satu test statistik yang dipergunakan untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis nol/nihil (Ho) yang menyatakan bahwa di antara dua buah mean sampel yang diambil secara random dari populasi yang sama tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Penarikan kesimpulan dalam pengujian hipotesis selain dengan membandingkan nilai t hitung dengan nilai pada tabel t, di SPSS juga bisa menggunakan nilai *Sig*, jika *Sig* > 0,05 maka Ho diterima dan jika *Sig* < 0,05 maka Ho ditolak.

# 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Muara Sungai Porong tepatnya di kawasan Mangrove Dusun Tlocor, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Kabupaten Sidoarjo terletak di tepi Selat Madura dan termasuk dalam wilayah administratif Propinsi Jawa Timur dengan letak geografis yaitu 7°34'40.12" - 7°20'38.75" LS dan 112°53'29.48" - 112°28'37.32" BT. Kabupaten Sidoarjo dikenal dengan sebutan Kota Delta, karena berada di antara dua sungai besar pecahan Kali Brantas, yakni sungai Mas dan Sungai Porong. Kabupaten Sidoarjo berada di selatan Surabaya dan juga secara administratif Kabupaten Sidoarjo dibagi atas 18 Kecamatan dan salah satunya adalah Kecamatan Jabon (Zuhriyah, 2014). Batas-batas wilayah Kecamatan Jabon yaitu sebelah utara adalah Kecamatan Tanggulangin, sebelah selatan adalah Kabupaten Pasuruan, sebelah timur adalah Selat Madura dan sebelah bara adalah Kecamatan Porong (Pemkab Sidoarjo, 2016).

Luas daerah Kecamatan Jabon adalah 8.09976 ha. Berdasarkan topografi fisik, pantai Kecamatan Jabon berbentuk landai dengan sedimentasi lumpur. Jenis batuan di Kecamatan Jabon adalah alluvial dan jenis tanahnya berupa alluvial kelabu dan alluvial hidromorf. Hasil endapan dari tanah dan lumpur yang terbawa oleh aliran sungai (Sungai Surabaya dan Porong) membentuk daratan sehingga jenis tanahnya lembek tanpa batuan keras. Garis pantainya merupakan dataran rendah yang sebagian tertutup hutan mangrove (kawasan lindung) (Yuniar, *et al*. 2010).

Muara Sungai Porong merupakan aliran akhir dari dua sungai yaitu Sungai Porong dan Kali Anyar. Secara geografis, Sungai Porong terletak pada 112,5°-

112,9° BT dan 7,3° LS-7.5° LS (Google earth, 2016). Sungai Porong sebagai bagian dari Sungai Brantas yang sudah lama beralih fungsi sebagai tempat pembuangan luapan lumpur lapindo telah banyak mengalami perubahan. Dengan terjadinya bencana lumpur Sidoarjo pada 29 Mei 2006, dan kemudian pada November 2006. Pemerintah menetapkan Kali porong sebagai tempat pembuangan lumpur Sidoarjo menuju ke laut, maka fungsi Sungai Porong selain sebagai *floodway* DAS Brantas, juga berfungsi sebagai saluran untuk mengalirkan endapan lumpur (Nurry dan Anjasmara, 2014). Daerah ini memiliki potensi pencemaran tinggi terhadap pencemaran logam berat tinggi terhadap pencemaran logam berat oleh material yang terkandung maupun yang dibawa oleh aliran sungai. Panjang dari tempat pembuangan lumpur sampai ke muara sekitar 18 km. Air lumpur dan lumpur di alirkan ke Sungai Porong melalui *Spill way* dari kolam-kolam. Lokasi spill way terletak di Desa Mindi Kecamatan Jabon (Brahmana, 2007).

Pada daerah muara Sungai Porong terdapat ekosistem mangrove dengan tingkat kerapatan jarang sampai sedang. Ada beberapa spesies mangrove yang hidup di Muara Sungai Porong. Secara umum, *sapling* dan *seedling* antara lain *Avicennia marina* dan A*. alba* merupakan spesies yang mendominasi di kawasan tersebut. *Rhizophora mucronata, Sonneratia alba, Sonneratia caseolaris dan Aeigiceas corniculatum* juga ada namun tidak mendominasi (Yudana, 2008).

**4.1.1 Deskripsi Stasiun 1 (Hulu)**

Stasiun 1 (Hulu), merupakan lokasi pengambilan sampel pertama yang terdapat mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* yang merupakan lokasi yang dekat dengan aktivitas penmabangan pasir. Secara fisik, kondisi perairan pada stasiun 1 cenderung tenang dan bewarna coklat lumpur. Selain itu, pada lokasi stasiun 1 diasumsikan bahwa kandungan logam berat masih tergolong rendah,

hal ini dikarenakan kedalaman perairan yang relatif lebih dangkal dibandingkan dengan stasiun lainnya. Pada perairan yang dangkal, proses resuspensi sedimen lebih tinggi, sehingga diduga logam berat yang ada dalam sedimen terlepas ke kolom perairan. Secara geografis, stasiun 1 (Hulu) terletak pada titik koordinat 7°33'32.86" LS dan 112°51'10.33" BT (Google earth, 2016). Lokasi Pengambilan sampel di stasiun 1 (hulu) dapat dilihat pada **Gambar 6**.

**Gambar 6**. Stasiun 1 (Kamera Nikon COOLPIX S2900, 2016)

### 4.1.2 Deskripsi Stasiun 2 (Tengah)

Stasiun 2 (Tengah) merupakan lokasi yang terletak diantara stasiun 1 dan stasiun 3, dimana pada lokasi ini terdapat mangrove *Sonneratia caseolaris* yang berada tepat di seberang dermaga Pulau Sarinah. Lokasi stasiun 2 (Tengah) ini diasumsikan mengandung Pb dengan Kadar yang cukup tinggi karena daerah ini merupakan daerah sedimentasi dari luapan lumpur Lapindo. Secara geografis, stasiun 2 (tengah) terletak pada titik koordinat 7°33'59.91" LS dan 112°52'07.57" BT (Google earth, 2016). Lokasi pengambilan sampel pada stasiun 2 (tengah) dapat dilihat pada **Gambar 7**.

**Gambar 7.** Stasiun 2 (Kamera Nikon COOLPIX S2900, 2016)

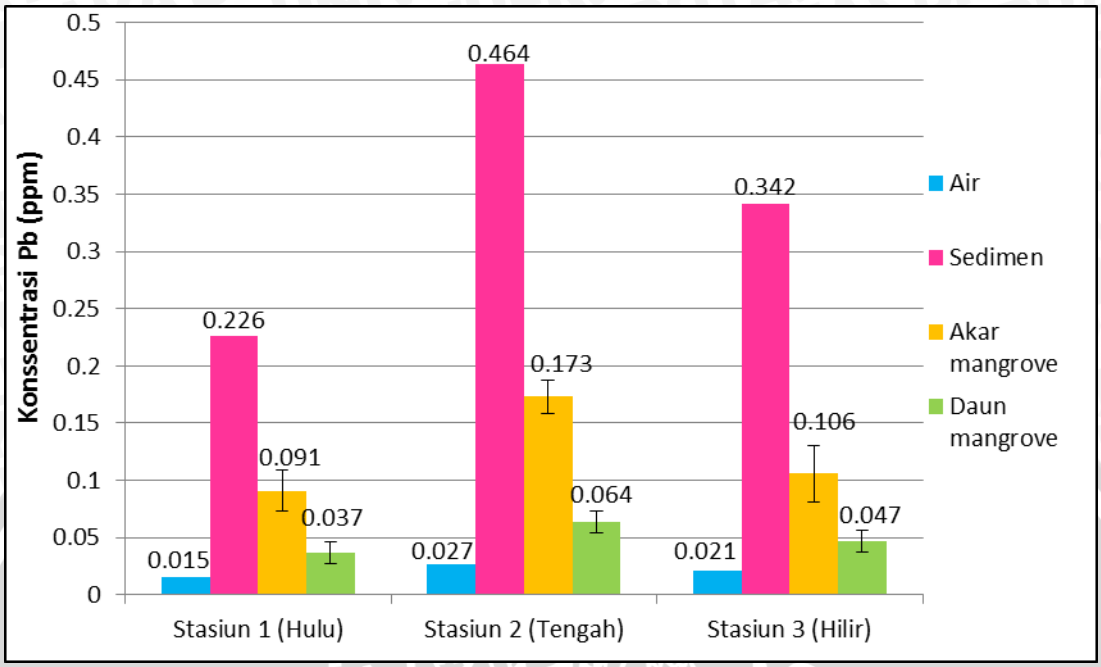
### 4.1.3 Deskripsi Stasiun 3 (Hilir)

Stasiun 3 (Hilir) merupakan daerah hilir sungai yang berbatasan langsung dengan laut lepas.Perairan pada stasiun ini cenderung berarus dan gelombang lebih besar dibandingkan dengan stasiun lain serta perairannya bewarna coklat keruh. Perairan pada stasiun 3 ini telah bercampur dengan air laut sehingga diasumsikan bahwa kadar Pb pada lokasi tersebut lebih rendah dari Stasiun 2, hal ini dikarenakan mengalami pengenceran oleh air laut. Secara geografis, stasiun 3 (Muara) terletak pada titik koordinat 7°34'30.66" LS dan 112°52'06.88" BT (Google earth, 2016). Lokasi pengambilan sampel di stasiun 3 (muara) dapat dilihat pada **Gambar 8**.

**Gambar 8.** Stasiun 3 (Kamera Nikon COOLPIX S2900, 2016)

## 4.2 Analisis Kadar Pb

Data hasil pengukuran kadar Pb dapat dilihat pada **Gambar 9** berikut.




**Gambar 9.** Grafik Kandungan Pb pada Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* di Muara Sungai Porong

Berdasarkan **Gambar 9** diperoleh kadar Pb yang berbeda-beda baik pada sampel air, sedimen maupun pada sampel *mangrove Sonneratia caseolaris* pada masing-masing stasiun. Hasil data konsentrasi Pb pada semua sampel yang tertera pada grafik yang menunjukkan bahwa nilai tertinggi terletak pada stasiun 2 dikarenakan adanya proses sedimentasi dari luapan lumpur lapindo. Menurut Febrianto dan Kurniawan (2014), masuknya bahan pencemar khususnya logam berat secara terus menerus akan mengalami pemekatan dan terakumulasi di dalam ekosistem perairan. Proses ini terjadi jika logam berat yang masuk ke perairan tidak tersebar oleh turbulensi dan arus laut. Bagian bahan pencemar yang tidak diencerkan dan disebarkan atau terbawa ke laut lepas akan diabsorbsi atau dipekatkan melalui proses biofisik-kimiawi. Kemudian logam berat tersebut tersuspensi di air laut (sedimen melayang) dan terakumulasi ke sedimen dasar

(terdisposisi). Dalam proses biologi, bahan pencemar akan diserap oleh rumbut laut dan mangrove, serta masuk ke tubuh biota air melalui mekanisme penyerapan aktif (absorbsi dan regulasi ion) dan rantai makanan.

### 4.2.1 Kandungan Pb pada Air

Berdasarkan **Gambar 9** konsentrasi Pb di air pada ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,021±0,006 ppm yaitu pada stasiun 1 sebesar 0,015 ppm, stasiun 2 sebesar 0,027 ppm dan stasiun 3 sebesar 0,021 ppm. Selain itu, terlihat bahwa terjadi peningkatan kandungan logam berat Pb dari stasiun 1 ke stasiun 2, kemudian sedikit mengalami penurunan di stasiun 3. Tingginya kandungan Pb pada stasiun 2 dikarenakan adanya pengadukan oleh pola arus yang kuat sehingga daya larut logam berat pada stasiun tersebut lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Barutu, *et al*. (2014) bahwa logam berat dalam suatu perairan dipengaruhi oleh pola arus dalam penyebarannya karena arus perairan menyebabkan logam berat yang terlarut dalam air akan menyebar kesegala arah. Kemudian berdasarkan **Gambar 9**, terjadi penurunan Pb di air dari stasiun 2 menuju stasiun 3, hal ini dikarenakan pada stasiun 3 merupakan area yang mendekati laut lepas sehingga logam berat akan mengalami pengenceran. Menurut Chester (1990) *dalam* Maslukah (2006), Adanya proses pengenceran menyebabkan konsentrasi logam berat berubah jadi naik atau menurun di sepanjang daerah estuari, tergantung dari sumber utama logam yang bersangkutan. Apabila sumber utama berasal dari sungai, adanya proses pengenceran oleh air laut menyebabkan konsentrasi logam akan menurun sepanjang perubahan nilai salinitas dan sebaliknya apabila sumber utama berasal dari laut, konsentrasi logam berat menjadi naik dengan bertambahnya nilai salinitas.

Selain itu, pada **Gambar 9** terlihat kandungan logam yang terukur di setiap stasiun cenderung seragam dengan variasi konsentrasi yang relatif besar. Menurut Emiryanti (2004) *dalam* Deri, *et al.* (2013) bahwa hal tersebut di sebabkan oleh tipe perairan di daerah penelitian adalah semi tertutup yang terlindung oleh Pulau Sarinah sehingga sirkulasi air yang terjadi secara vertikal akan mendistribusikan unsur logam berat secara merata di seluruh bagian perairan. Kemudian jika dibandingkan dengan baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, nilai ambang batas untuk Pb di perairan, khususnya untuk biota laut adalah 0,008 mg/l. Sehingga dapat dikatakan bahwa kandungan Pb di air pada masing-masing stasiun telah melampaui ambang batas. Adanya dampak pembuangan lumpur lapindo tersebut perlu diperhatikan karena dari aliran lumpur kadar timbalnya sangat besar yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan biota yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan rantai makanan ekosistem dan menjaga kelestarian fungsi sungai (Lubis, 2008 *dalam* Parawita, *et al*. 2009).

### 4.2.2 Kandungan Pb pada Sedimen

Berdasarkan **Gambar 9** konsentrasi Pb di sedimen pada ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,344±0,119 yaitu pada stasiun 1 sebesar 0,226 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,464 ppm dan pada stasiun 3 sebesar 0,342 ppm. Selain itu, sama halnya dengan Pb di air terlihat bahwa terjadi peningkatan kandungan logam berat Pb sedimen dari stasiun 1 ke stasiun 2, kemudian sedikit mengalami penurunan di stasiun 3. Konsentrasi logam berat pada air akan turut mempengaruhi konsentrasi logam berat yang ada pada sedimen. Kecenderungan peningkatan konsentrasi Pb di sedimen diakibatkan oleh tingginya konsentrasi Pb di air. Menurut Purwiyanto (2015), Interaksi sedimen

dan kolom perairan dapat berasal dari internal logam berat maupun eksternal. Internal logam berat tersebut berupa sistem adsorpsi dan pengikatan logam berat dengan unsur lain dalam air (misalnya adalah padatan tersuspensi). Suatu proses dikatakan adsorpsi bila ion yang terserap hanya tertahan atau menempel di permukaan partikel penyerap saja. Faktor eksternal yang terjadi berupa pengadukan/turbulensi yang terjadi di kolom air. Sistem adsorpsi dan pengikatan mengakibatkan logam berinteraksi dengan unsur lain sehingga memudahkan logam berat di kolom air untuk mengendap ke sedimen. Sedangkan turbulensi mengakibatkan terjadinya pengadukan sehingga terjadi 2 kemungkinan interaksi logam berat, yaitu (a). Kembalinya logam berat yang telah mengendap di sedimen dalam kolom air, atau (b). Tertariknya logam berat yang berada di kolom air ke dalam sedimen dan terakumulasi.

Rendahnya kandungan logam berat pada stasiun 1 diduga dikarenakan adanya faktor kedalaman perairan dimana pada stasiun 1 lebih dangkal dari stasiun yang lainnya. Menurut pendapat Maslukah (2013), Pada perairan yang dangkal, proses resuspensi sedimen lebih tinggi, sehingga diduga logam berat yang ada dalam sedimen terlepas ke kolom perairan. Selain itu stasiun ini mempunyai kecepatan arus yang relatif tinggi menyebabkan prosentase lumpur yang mengendap lebih kecil. Arus ini akan mempengaruhi proses laju pengendapan atau sedimentasi dan mempengaruhi ukuran butir sedimen yang terendapkan. Kemudian jika dibandingkan dengan baku mutu yang dikeluarkan oleh *NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), US Departement of Commerce* (Pb < 30,240 ppm) sehingga kandungan Pb sedimen pada masing-masing stasiun masih berada dibawah ambang batas yang ditetapkan.

Kondisi nilai kandungan Pb di dalam sedimen selama pengamatan, nilainya jauh lebih besar jika dibandingkan dengan logam berat yang terdapat pada kolom perairan (**Gambar 9**). logam Pb yang terlarut dalam air bersifat tidak konstan

atau berubah-ubah tergantung kondisi lingkungan sedangkan di sedimen cenderung stabil dan mengendap di dasar. Logam Pb pada air masih bebas akibat pengaruh arus, pasang surut dan gelombang sehingga terjadi pengenceran. Selain itu, bentuk Pb yang terlarut di air berbeda dengan bentuk Pb yang terendap di sedimen. Menurut Usman (2013), timbal dalam air berada dalam bentuk $PbCO_3$, $Pb(CO_3)_2^{2-}$, $PbOH^+$ dan $Pb(OH)_2$. Logam timbal ini, muncul dalam bentuk bilangan oksida +2. Sedangkan pada sedimen banyak terdapat bahan organik yang mengandung senyawa $H_2S$ dan apabila berikatan dengan $Pb^{2+}$ menjadi PbS sehingga Pb dengan mudah masuk dan terikat di dalam sedimen. Selain itu, menurut Wual. *et al*. (2005) *dalam* Nisa, *et al*. (2013), Pb di perairan umumnya ada dalam dua fasa, yaitu fasa terlarut di dalam air dan fasa partikulat teradsorpsi pada sedimen. Jejak logam di perairan sangat dipengaruhi oleh adsorpsi partikel organik dan anorganik. Fraksi terlarut dari logam dapat diangkut melalui air melalui proses adveksi dan dispersi, sementara fraksi partikulat teradsorpsi dapat diangkut dengan sedimen.

### 4.2.3 Kandungan Pb pada Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris*

Berdasarkan **Gambar 9** konsentrasi Pb di daun mangrove *Sonneratia caseolaris* pada ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,049±0,014 ppm yaitu pada stasiun 1 rata-rata sebesar 0,037±0,0095 ppm, di stasiun 2 rata-rata sebesar 0,064±0,0095 ppm dan di stasiun 3 rata-rata sebesar 0,047±0,0098 ppm. Hasil perbandingan Pb pada daun antar stasiun menunjukkan perbadaan yang signifikan yaitu dengan dibuktikan menggunakan analisis *One Way Anova* menunjukkan bahwa F-hitung (6,011) > F-tabel (5,12) dan nilai probabilitas (0,037) < 0,05 (**Lampiran 6**) maka Ho ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kandungan Pb pada daun *Sonneratia caseolaris* antar stasiun dengan taraf kepercayaan 95%.

Selain itu, nilai rata-rata (*mean*) konsentrasi Pb daun terendah pada stasiun 1 sebesar 0,037±0,0095 ppm kemudian konsentrasi Pb tertinggi pada stasiun 2 sebesar 0,064±0,0095 ppm (**Gambar 9**). Hal ini dikarenakan pada stasiun 2 kandungan Pb sedimen lebih besar sehingga rata-rata penyerapan logam berat di akar juga tinggi. Pb dapat terakumulasi di daun melalui translokasi dari akar yang mengabsorpsi Pb dari sedimen yang tercemar polutan tersebut. Maka, apabila konsentrasi Pb di akar tinggi maka konsentrasi Pb di daun juga tinggi. Menurut Setiawan (2013), daun juga merupakan jaringan dengan tingkat akumulasi logam berat yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ranting. Kemungkinan hal ini disebabkan karena tingkat mobilitasi logam berat yang tinggi dan jaringan daun sebagai tempat penimbunan logam berat sebelum dilepas ke lingkungan.

Proses penyerapan Pb pada daun selain berasal dari sedimen atau air dengan cara penyerapan oleh akar akar kemudian diangkut melalui xylem ke semua bagian tubuh sampai ke daun, juga dapat berasal dari udara dengan cara penempelan partikel Pb pada daun dan masuk ke dalam jaringan melalui mulut daun (stomata) kemudian akan menumpuk pada jaringan palisade. Transpor logam berat yang berasal dari daun menuju ke seluruh bagian tubuh berlangsung sangat lambat dibandingkan transport dari akar serta apabila konsentrasi Pb telah melampaui baku mutu maka daun akan bewarna hijau kehitaman dan memiliki massa daun lebih berat. Menurut Saleha, *et al*. (2013), Pb dengan mudah masuk kedalam jaringan daun melalui proses penjerapan pasif Partikel Pb yang menempel pada permukaan daun berasal dari tiga proses yaitu, pertama sedimentasi akibat gaya gravitasi, kedua tumbukan akibat turbulensi angin, dan ketiga adalah pengendapan yang berhubungan dengan hujan. Partikel akan masuk ke dalam daun lewat celah stomata serta menetap dalam jaringan daun dan menumpuk di antara celah sel jaringan pagar/palisade dan

jaringan bunga karang/spongi tissue. Oleh karena partikel Pb tidak larut dalam air maka senyawa Pb dalam jaringan terperangkap dalam rongga antar sel sekitar stomata.

Adanya penyerapan logam berat yang terjadi secara terus menerus dapat mengakibatkan adanya kerusakan pada jaringan daun *Sonneratia caseolaris*, hal ini diduga karena daun mempunyai kandungan protein yang cukup banyak, sehingga terjadi pertukaran ion pada gugus fungsionalnya yang digantikan oleh ion $Pb^{2+}$ yang menyebabkan perubahan struktur protein, akibatnya terjadi kerusakan pada struktur jaringannya. Kerusakan sel terjadi pada jaringan daun dan buah, tetapi tidak terjadi pada jaringan akar dan kulit batang. Hal ini diduga disebabkan karena Pb terikat pada Fitokelatin yang merupakan protein, dan kandungan protein pada daun dan buah cukup banyak (Arysandy, *et al*. 2012).

Selain itu, pengaruh logam timbal dengan konsentrasi yang berlebih dalam tumbuhan antara lain perubahan permeabilitas dalam membrane sel, penghambat pembentukan enzim., pengaruh pada proses respirasi, fotosintesis, bukaan stomata, dan transpirasi serta wearna hijau gelap dan layu pada daun (Fergusson, 1990 *dalam* Hendrasarie, 2007).

### 4.2.4 Kandungan Pb pada Akar Mangrove *Sonneratia caseolaris*

Berdasarkan **Gambar 9** konsentrasi Pb di akar mangrove *Sonneratia caseolaris* pada ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,123±0,041 ppm yaitu stasiun 1 rata-rata sebesar 0,091±0,018 ppm, di stasiun 2 rata-rata sebesar 0,173±0,015 ppm dan di stasiun 3 rata-rata sebesar 0,106±0,025 ppm. Hasil perbandingan Pb pada akar antar stasiun menunjukkan perbadaan yang signifikan yaitu dengan dibuktikan menggunakan analisis *One Way Anova yang* menunjukkan bahwa F-hitung (14,714) > F-tabel (5,12) dan nilai probabilitas (0,005) < 0,05 (**Lampiran 6**) maka Ho ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kandungan

Pb pada akar mangrove *Sonneratia caseolaris* antar stasiun dengan taraf kepercayaan 95%.

Rata-rata nilai Pb akar terendah pada stasiun 1 sebesar 0,09067 kemudian konsentrasi Pb akar tertinggi pada stasiun 2 sebesar 0,17267 (Gambar 9). Hal ini dikarenakan pada stasiun 2, proses sedimentasi logam berat oleh lumpur lapindo lebih besar dibandingkan dengan stasiun yang lain. Hasil kandungan Pb pada akar sama halnya dengan hasil kandungan Pb pada sedimen. Ketika konsentrasi logam berat pada sedimen meningkat, maka akan meningkat pula kandungan logam berat pada akar. Hal tersebut dikarenakan akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar dan selanjutnya akan ditranslokasikan ke bagian lain. Hal ini sesuai dengan pernyataan Setiawan (2013), bahwa jaringan akar mempunyai interaksi langsung dengan sedimen dan air yang telah terkontaminasi oleh logam berat yang mengendap. Unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui tiga cara, yakni secara difusi dalam larutan tanah, secara pasif terbawa aliran air tanah dan karena akar kontak dengan hara tersebut di dalam matrik tanah.

Selain itu, *Sonneratia caseolaris* memiliki akar nafas (penumatofor) yaitu jenis akar pensil diamana terdapat bagian yang mencuat keatas dan ada yang terendam di sedimen. Pada penelitian ini akar yang diambil adalah akar pensil yang berada di sedimen. Proses penyerapan logam berat dibagian akar pensil yang terendam di sedimen ini memiliki kandungan Pb lebih besar dibandingakan dengan akar yang mencuat ke atas. Hal ini diduga karena pada bagian akar yang terandam di sedimen memiliki lebih banyak interaksi dengan sedimen yang telah banyak mengandung logam berat yang mengendap dan besifat stabil dibandingkan akar yang mecuat ke atas yang hanya berinteraksi dengan logam berat di kolom air ketika air pasang yang bersifat fluktuatif. Selain itu, penyerapan Pb pada akar napas (akar yang mencuat ke atas) dapat melalui udara yang

menempel pada ujung akar napas namun penyerapan tidak terlalu banyak dan cenderung lama dibandingkan dengan akar yang terendam di sedimen. Mekanisme penyerapan di akar yaitu meliputi jalur vaskuler (melalui pembuluh angkut) yaitu air beserta logam berat masuk ke rambut akar menuju ke korteks melalui osmosis kemudian masuk ke endodermis, perisikel dan ditransport melalui xylem. Selain itu juga bisa melalui ekstravaskuler yaitu transport dari sel ke sel di luar pembuluh melalui jaringan parenkim tidak melalui xylem. Menurut Agustina (2004) *dalam* Yuliati (2010), akar tumbuhan air memiliki rongga akar (kortek) yang besar sehingga menyebabkan penyerapan semakin cepat. Penyerapan ion diakar ini terjadi secara aktif dimana ion-ion masuk dari epidermis dan selanjutnya ditranspormasikan ke sitoplasma atau sel-sel jaringan akar melewati epidermis, perisikel dan xilem. Pada endodermis terdapat adanya pita caspary, ini menjadi kontrol terhadap penyerapan ion-ion oleh akar.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada mangrove *Sonneratia caseolaris* paling banyak pada organ akar dibandingkan dengan daun. Hal ini juga dibuktikan dengan analisis *Independent T-Test* (**Lampiran 7**) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dimana nilai probabilitas (0,003) < 0,05 maka Ho di tolak yang artinya ada perbedaan antara kandungan logam berat pada akar dengan kandungan logam berat pada daun serta dilihat dari nilai rata-rata (*mean*) juga menunjukkan Pb di akar (0,123±0,0415 ppm) lebih besar dibandingkan dengan Pb di daun (0,04933± 0,0145 ppm). Hal ini terjadi karena akar mangrove merupakan organ tanaman yang jaraknya paling dekat dan bersentuhan langsung dengan sumber kontaminan (sedimen). Menurut Dewi (2004) *dalam* Zamhar dan Dewi (2015), bahwa akar merupakan organ tanaman yang dapat melakukan lokalisasi (ekstraseluler) terhadap senyawa toksik karena bagian akar memiliki toleransi inheren yang tinggi dibandingkan bagian ujung tanaman. Tingginya akumulasi

logam berat pada akar terjadi karena akarlah yang pertama kali berinteraksi dengan logam berat melalui rizosfer. Selain itu, jaringan tumbuhan yang letaknya semakin jauh dari akar mempunyai potensial air yang kecil, sehingga potensial air pada jaringan daun akan lebih kecil dari jaringan batang dan lebih kecil dari jaringan akar. Dengan demikian akumulasi logam berat pada daun lebih kecil dibandingkan akumulasi logam berat pada batang, dan akumulasi logam berat pada batang lebih kecil dari pada akumulasi logam berat di akar.

Selain itu, 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 (Hamzah dan Setiawan, 2010). Namun apabila terdapat pencemar logam berat dalam konsentrasi yang sangat tinggi dan melampaui batas akan mempengaruhi fungsi organ suatu tanaman, misalnya pada akar *Sonneratia caseolaris.* Penyerapan (*absorption*) logam toksik dalam kondisi konsentrasi yang tinggi dan berjalan terus-menerus, akan menyebabkan penurunan kemampuan penyerapan sebagai akibat menurunnya kondisi fisiologis tanaman yang diakibatkan oleh terjadinya gangguan metabolisme tubuh dan juga kemungkinan terjadinya kerusakan anatomi tanaman (Yulianto, *et al.* 2006).

### 4.3 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremidiasi (FTD)

Berdasarkan pada konsentrasi Pb untuk sedimen, daun, dan akar akumulasi logam dapat dilihat dengan cara membandingkan konsentrasi antar jaringan tumbuhan mangrove. Perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD) diperoleh nilai pada setiap stasiun tertera pada **Tabel 4** sebagai berikut



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Tabel 4**. Hasil Perhitungan BCF, TF, dan FTD

| Stasiun | | BCF | TF | FTD |
|---|---|---|---|---|
| **Stasiun 1 (Hulu)** | A | 0,389 | 0,409 | -0,020 |
| | B | 0,327 | 0,635 | -0,308 |
| | C | 0,487 | 0,255 | **0,232** |
| **Stasiun 2 (Tengah)** | A | 0,375 | 0,362 | **0,013** |
| | B | 0,338 | 0,471 | -0,133 |
| | C | 0,403 | 0,294 | **0,109** |
| **Stasiun 3 (Hilir)** | A | 0,298 | 0,490 | -0,192 |
| | B | 0,243 | 0,434 | -0,191 |
| | C | 0,386 | 0,417 | -0,031 |

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

### 4.3.1 Analisis Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Berdasarkan **Tabel 4**, menunjukkan bahwa nilai BCF akar tertinggi pada stasiun 1 (C) sebesar 0,487 dan terendah pada stasiun 3 (B) sebesar 0,243. Tingginya nilai BCF pada station 1 (C) hulu dikarenakan kadar Pb pada akar di stasiun 1 (C) juga tinggi yaitu sebesar 0,110 ppm hampir mendekati kadar Pb pada sedimen 0,226 ppm, hal ini menunjukkan bahwa akar lebih banyak menyerap Pb yang ada pada sedimen. Sebaliknya rendahnya nilai BCF dikarenakan kadar Pb di sedimen menujukkan nilai yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,342 ppm sedangkan pada Pb di akar menunjukkan nilai yang sangat rendah yaitu sebesar 0,083 ppm, hal ini berarti penyerapan logam berat di sedimen oleh akar cenderung rendah. Menurut Suwandewi, *et al* (2013), mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta

mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin. Proses ini merupakan salah satu tahap dalam fitoremidiasi.

Secara umum, niai BCF pada ketiga stasiun menunkukkan bahwa mangrove Sonnerati caseolaris merupakan tergolong tumbuhan akumulator sedang terhadap Pb. Hal ini sesuai dengan pendapat Malayeri, *et al*. (2008), nilai BCF 1-10 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator tinggi, 0,1-1 menunjukan tergolong akumulator sedang, 0,01-0,1 menunjukkan tergolong akumulator rendah, dan < 0,01 tanaman tergolong nonakumulator. Selain itu, menurut Puspita, *et al*. (2013), terdapat dua sifat penyerapan ion oleh tumbuhan meliputi faktor konsentrasi yaitu kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion sampai tingkat konsentrasi tertentu, bahkan dapat mencapai tingkat lebih besar dari konsentrasi ion di dalam mediumnya. Sifat penyerapan ion yang kedua yaitu perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda tiap jenis tumbuhan. Sel- sel pada tumbuhan memiliki kandungan konsentrasi ion yang paling tinggi terdapat pada akar, kemudian akar akan mentransfernya ke daun, batang dan bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu.

Selain akumulasi, diduga *Sonneratia caseolaris* memiliki upaya penanggulangan (ameliorasi) toksik lain 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). 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. Proses ini dibantu dengan aktivitas enzim yang mengatur dan mempercepat jalannya proses tersebut, (Rini, 1999 *dalam* Mulyadi, *et al*. 2011).

### 4.3.2 Analisis Faktor Translokasi (TF)

Kemampuan mangrove dalam mentransfer logam berat dari akar ke daun dihitung dengan menggunakan faktor translokasi (TF). Berdasarkan **Tabel 4**, menunjukkan bahwa nilai TF pada stasiun 1 berkisar antara 0,255 – 0,635; pada stasiun 2 berkisar antara 0,294 – 0,471 sedangkan pada stasiun 3 berkisar antara 0,417 – 0,490. Hasil perhitungan TF pada ketiga stasiun rata-rata kurang dari 1 sehingga hal ini menunjukkan bahwa proses translokasi Pb dari akar menuju ke daun cenderung rendah sehingga Pb cenderung lebih terkonsentrasi di bagian akar. Hal ini juga sesuai dengan pendapat Kaewtubtim, *et al*. (2016), bahwa TF<1 menujukkan kemampuan tanaman dalam translokasi logam berat dari akar ke bagian organ lain cenderung rendah, hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi logam di akar. TF<1 mengindikasikan kemampuan tanaman dalam mengakumulasi dan mentranslokasi logam adalah seimbang. Serta menurut Hamzah dan Pancawati (2013) juga menyatakan bahwa, rendahnya nilai TF pada logam non esensial menunjukkan bahwa proses mobilitas logam dari akar ke daun cenderung rendah. Mobilitas logam tersebut tidak terjadi pada mangrove yang mempunyai akar nafas. Hal ini juga disebabkan karena terkadang akar juga mempunyai sistem penghentian transpor logam menuju daun terutama logam non esensial, sehingga ada penumpukkan logam di

akar yang artinya penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar.

Pb yang tidak sampai di tranlokasikan ke daun, namun hanya terakumulasi di akar juga terjadi karena senyawa toksik tersebut mengalami transpor bersama air melalui sistem transpor di luar pembuluh angkut. Sistem transpor di luar pembuluh angkut (transport ekstravaskuler) berlangsung melalui ruang antar sel (tidak melalui xilem) sehingga saat logam berat dan air akan memasuki batang terhalang oleh suatu lapisan yang tidak bisa ditembus oleh air, yaitu pita kaspari. Adanya pita kaspari yang tidak dapat ditembus air ini maka logam berat akan dilokalisasi di bagian akar (Zamhar dan Dewi, 2015).

Translokasi dari akar menuju daun dimungkinkan karena adanya proses difusi, osmosis, dan daya kapilaritas serta daya isap daun dan tekanan oleh akar. Menurut Moenir (2010) *dalam* Zamhar dan Dewi (2015), bahwa pada proses fitodegradasi logam berat akan diuraikan oleh enzim seperti dehalogenase dan oksigenase melalui proses metabolisme tumbuhan. Kemampuan tanaman dalam mengekskresikan suatu senyawa kimia tertentu dapat mendegradasi logam berat yang terjerap di daerah akar. Selanjutnya logam berat yang telah terdegradasi akan mudah untuk diangkat atau ditranslokasikan ke bagian batang dan daun tanaman. Selain itu, translokasi Cd dipengaruhi juga oleh luas permukaan serta banyaknya pembuluh pada bagian tanaman yang mempengaruhi pengangkutan air dan hara dalam xilem.

Selain itu, menurut Chakraborty, *et al.* (2013), tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan tidak hanaya dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi tetapi juga memiliki nilai BCF dan TF > 1. Sehingga dengan demikian, dapat dikatakan bahwa mangrove *Sonneratia caseolaris* bukanlah tumbuhan hiperakumulator Pb karena nilai TF pada ketiga stasiun adalah kurang dari 1. Karena bukan merupakan tumbuhan hiperakumulator maka *Sonneratia*

*caseolaris* tidak dapat digunakan untuk tujuan fitoekstraksi melainkan digunakan untuk fitoremediasi fitostabilisasi. Menurut Irawanto, *et al.* (2015), untuk tujuan fitoekstraksi hanya dapat digunakan pada tumbuhan yang memiliki sifat hiperakumulator. Dalam proses fitoekstraksi ini logam berat diserap oleh akar tumbuhan dan ditranslokasikan ke bagian tumbuhan untuk disimpan, diolah atau dibuang saat dipanen. Selain itu, Hamzah dan Pancawati (2013) menambahkan bahwa apabila Nilai TF kurang dari satu memiliki mekanisme jenis fitostabilisasi. Sebaliknya jika nilai TF lebih dari satu memiliki jenis fitoremediasi fitoekstraksi.

**4.3.3 Analisis Fitoremediasi (FTD)**

Nilai fitoremediasi (FTD) daun dan akar pada **Tabel 4**, didapatkan bahwa nilai FTD yang tertinggi pada stasiun 1 (C) sebesar 0,232; pada stasiun 2 (A) sebesar 0.013 dan pada stasiun 2 (C) sebesar 0.019. Sedangkan untuk nilai FTD negatif menunjukkan nilai BCF < TF yang berarti proses penyerapan Pb pada bagian akar cenderung rendah. Hal ini dikarenakan Pb terikat secara kuat dengan mineral dan bahan-bahan organik tanah sehingga sulit bagi tanaman untuk menyerapnya melalui akar. Sekali Pb terserap oleh akar akan mudah mengadakan ikatan kompleks dengan nutrient dalam tanaman sehingga membatasi kemampuan tanaman untuk mentranslokasikannya ke tajuk . Selama ini tanaman akumulator Pb hanya berhasil mentranslokasikan tidak lebih dari 30% Pb ke tajuk (Hidayati, 2013). Selain itu, nilai FTD negatif dapat dikatakan bahwa mangrove *Sonneratia caseolaris* pada penelitian ini tidak dapat melakukan fitoremediasi secara maksimal.. Menurut Yoon, *et al*. (2006) *dalam* Hamzah dan Setiawan (2010), Nilai fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara nilai BCF dan TF. FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah.

Sedangkan nilai FTD akar stasiun 1 (C) serta stasiun 2 (A) dan (C) memiliki nilai positif dan lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain maka dapat

disimpulkan *Sonneratia caseolaris* stasiun 1(C) sebesar 0,232; 2(A) sebesar 0,013 dan 2(C) sebesar 0,109 diduga dapat digunakan untuk tujuan fitoremidiasi khususnya fitostabilisasi. Proses akumulasi dan mobilisasi logam dengan menggunakan jaringan akar dikenal dengan istilah fitostabilisasi. Fitostabilisasi mampu meminimalisir pergerakan polutan (logam berat) dalam sedimen. Cara kerja fitostabilisasi adalah menggunakan kemampuan akar mengubah kondisi lingkungan. Tumbuhan akan menghentikan pergerakan logam yang diserap dan diakumulasikan oleh akar, kemudian diserap dan diendapkan dalam rizosfer. Proses tersebut juga nantinya akan mengurangi logam berat dalam rantai makanan (Hamzah dan Pancawati, 2013).

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

**4.4 Komparasi Hasil BCF, TF dan FTD dengan Penelitian Terdahulu**

Hasil analisis nilai BCF, TF dan FTD pada mangrove Sonneratia caseolaris di Muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo pada penelitian ini yaitu untuk nilai BCF dan TF pada ketiga stasiun yaitu menunjukkan nilai rata-rat < 1 dan dikatakan sebagai tumbuhan akumulator sedang terhadap logam Pb serta bukan merupakan tumbuhan hiperakumulator terhadap logam Pb. Sedangkan nilai FTD yang maksimal terdapat pada stasiun 1(C) sebesar 0,232; 2(A) sebesar 0,013 dan 2(C) sebesar 0,109 diduga dapat digunakan untuk tujuan fitoremidiasi

khususnya fitostabilisasi. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hamzah dan Setiawan (2010) tentang *Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, Dan Zn Di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara* dengan hasil yang diperoleh yaitu Nilai BCF daun tertinggi pada logam Pb species *Avicennia marina* (3,45) dan BCF akar juga tertinggi pada logam Pb pada *Avicennia marina* (3,17). Nilai TF tertinggi ditemukan pada spesies *Rhizophora mucronata* (1,59).. Selanjutnya, nilai FTD Sonneratia caseolaris dan Avicennia marina merupakan spesies mangrove yang dapat digunakan dalam fitoremidiasi di Muara Angke, dengan FTD daun dan akar sebesar 1,93 dan 2,09 untuk *Sonneratia caseolaris* dan 1,93 dan 1,98 untuk *Avicennia marina*. Nilai BCF dan TF pada Muara Angke menunjukkan nilai yang besar sehingga menghasilkan nilai FTD yang cukup tinggi dibandingakan dengan nilai BCF dan TF pada muara Sungai Porong menunjukkan nilai yang rendah. Hal ini dikarenakan kadar Pb di sedimen serta akumulasi logam berat Pb oleh mangrove *Sonneratia caseolaris* di Muara Sungai Porong cenderung rendah serta faktor lingkungan yang berbeda dan jenis tumbuhan juga sangat mempengaruhi adanya kandungan logam Pb.

Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Kaewtubtim, *et al.* (2016) tentang *Heavy Metal Phytoremediation Potential Of Plant Species In a Mangrove Ecosystem In Pattani Bay, Thailand* dan didapatkan hasil penelitian yaitu nilai BCF dan TF dari 18 spesies mangrove meliputi organ akar, daun dan batang dengan analisis konsentrasi logam Cu, Zn, Ni, Mn, Cr, Cd dan Pb didapatkan nilai BCF>1 terdapat 285 organ mangrove sedangakan nilai BCF <1 hanya ditemukan 49 organ tumbuhan. Sedangkan nilai TF<1 terdapat 128 dan  dan TF>1 ditemukan sebesar 89 organ seluruh spesies mangrove pada konsentrasi jenis logam berat yang berbeda. Sehingga rata-rata apabila dilihat dari niali BCF dan FTD maka spesies mangrove di Pattani Bay, Thailand dapat digunakan

untuk fitoremediasi fitoekstraksi karena memiliki potensial fitoremediasi yang tinggi. sedangkan jika dibandingkan dengan penelitian Sonneratia caseolaris di muara Sungai Porong ini maka nilai BCF dan TFnya jauh lebih rendah dibandingkan dengan nilai BCF dan TF di Pattani Bay, Thailand. Hal ini dikarenakan di daerah Pattani Bay, Thailand merupakan daerah industri lokal yang meliputi pertambangan, pabrik semen, kontruksi kapal dan pabrik pengolahan makanan yang menjadi sumber utama masukan adanya logam berat sehingga logam berat di sedimen juga telah melampui baku mutu yang ditetapkan. Sedangkan di muara sungai porong, logam berat di sedimen masih tergolong sangat rendah dan masih memenuhu baku mutu. Hal ini sangat mempengaruhi adanya nilai BCF dan TF yang ada pada lingkungan tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Chakraborty, *et al* (2013) tentang *Heavy metal pollution and Phytoremediation potential of Avicennia officinalis L. in the southern coast of the Hoogly estuarine system* menunjukkan bahwa BCF pada *Avicennia officinalis* menunjukkan nilai yang rendah (0.81±0.17 sampai 0.58±0.03 untuk Zn; 0.53±0.16 sampai 0.45±0.19 untuk Cu; 0.33±0.10 sampai 0.27±0.11 untuk Pb dan 0.29±0.10 sampai 0.16±0.11 untuk Cr), disamping itu nilai TF juga menujukkan nilai TF < 1. Maka dapat diaktakan bahwa *Avicennia officinalis* bukan merupakan tumbuhan hiperakumulator. Sama halnya dengan penelitian Sonneratia caseolaris di Muara Sungai Porong juga menunjukkan nilai BCF dan TF < 1 yang berarti tumbuhan tersebut bukan tumbuhan hiperakumulator terhadap logam Pb (*non hyperaccumulato*r). Hal ini dikarenakan kedua lokasi tersebut baik pesisir tenggara estuari Hoogly maupun di Muara Sungai Porong masih dikatakan daerah dengan kontaminasi bahan pencemar cukup rendah apabila dilihat dari logam berat di sediment juga masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

### 4.5 Analisis Parameter Lingkungan

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan dan pengukuran terhadap parameter kualitas lingkungan antara lain salinitas, tekstur tanah dan pH air yang mendukung kehidupan *Sonneratia caseolaris* dan yang mempengaruhi terhadap pencemaran Pb di perairan. Data hasil pengukuran kualitas lingkungan dapat dilihat pada **Tabel 5.**

**Tabel 5**. Data Analisis Parameter Lingkungan di Kawasan Mangrove Muara Sungai Porong

| Stasiun | Sifat Fisika Kimia | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Perairan | | Sedimen | | | |
| | Salinitas (‰) | pH air | Tekstur | | | Kelas Tekstur |
| | | | Pasir (%) | Liat (%) | Debu (%) | |
| **1** | 2 | 6,98 | 3 | 85 | 12 | Lempung berdebu |
| **2** | 2 | 6,88 | 0 | 68 | 32 | Lempung berdebu |
| **3** | 3 | 6,88 | 1 | 83 | 16 | Lempung berdebu |
| **Rata-rata** | 2,33 | 6,91 | | | | |

#### 4.5.1 Salinitas

Berdasarkan **Tabel 5**, nilai salinitas di muara Sungai Porong diperoleh hasil yaitu pada stasiun 1 sebesar 2 ‰, stasiun 2 sebesar 2 ‰, dan pada stasiun 3 diperoleh hasil pengukukuran salinitas sebesar 3 ‰. Rata-rata salinitas yang terdapat di muara Sungai Porong sebesar 2,33 ‰. Secara umum, salinitas pada ketiga stasiun di muara Sungai Porong ini tergolong rendah karena dipengaruhi oleh masukan air tawar yang berasal dari darat serta akibat adanya pengaruh curah hujan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Faizal, *et al*. (2012) yang menyatakan bahwa adanya perbedaan salinitas perbedaan salinitas pada muara - muara sungai, dimana pada musin hujan rata-rata salinitas di muara lebih rendah dibandingkan dengan pada musim kemarau. Hal ini disebabkan oleh besarnya limpasan air sungai atau curah hujan yang tinggi, sehingga menurunkan nilai salinitas di muara-muara sungai. Berdasarkan **Tabel 5**, nilai salinitas pada stasiun ketiga lebih tinggi daripada stasiun satu dan dua, karena



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

terletak dekat dengan laut sehingga air yang masuk dari laut dengan salinitas tinggi lebih banyak daripada masukan air tawar yang salinitasnya rendah (Kennish, 1990 *dalam* Parawita, *et al.* 2009).

Selain itu, *Sonneratia caseolaris* merupakan salah satu jenis mangrove yang hidup pada salinitas rendah. Hal ini sesuai dengan pendapat Susmalinda (2013), di daerah pantai yang terbuka dengan salinitas tanah mendekati air laut dapat ditemukan *Sonneratia alba* kecuali *S. caseolaris* yang tumbuh pada salinitas kurang dari 10‰ dan dapat ditemui disepanjang sungai sampai sejauh pentrasi air asin dan pohon setinggi 20 m ini dapat bertahan hidup di dalam air tawar.

Salinitas juga berpengaruh terhadap kandungan logam berat di perairan. Pada hasil pengamatan menunjukkan konsentrasi Pb (**Tabel 4**) dari stasiun 1 ke stasiun 2 dengan salinitas sebesar 2 ‰ mengalami *addtion*, sedangkan konsentrasi Pb pada stasiun 3 dengan salinitas 3 ‰ mengalami removal sehingga konsentrasi Pb pada muara Sungai Porong ini bersifat non-konservatif. Proses *addition* disebabkan adanya proses desorpsi yaitu pelepasan dari material tersuspensi sebagai hasil resuspensi sedimen sedangkan terjadinya proses *removal* karena adanya proses adsorpsi oleh partikel, yang kemudian terjadi pengendapan material dalam sedimen. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Maslukah (2006), bahwa hasil kandungan logam Pb terlarut di Muara Banjir Kanal Barat Semarang mengalami *removal* pada pada salinitas ± 5 - 15 ‰ dan pada salinitas > 20 ‰ mengalami *addition*. Pada umumnya Pb, Cd, Cu dan Zn terlarut (*trace metal*) di estuari mempunyai sifat non konservatif, sehingga logam ini akan mengalami perubahan yaitu terjadi proses *removal* atau *addition* oleh adanya proses-proses kimia di estuari. Adanya proses *removal* maupun *addition* ini berkaitan dengan proses adsorpsi dan desorpsi. Adanya proses adsorpsi, yang kemudian diikuti proses flokulasi dan pengendapan menyebabkan adanya penambahan konsentrasi dalam sedimen. Sedangkan

adanya proses desorpsi, umumnya terjadi karena adanya resuspensi yang kemudian diikuti proses desorpsi dari partikel serta terpisahnya material organik sehingga menambah konsentrasi logam dalam fase terlarut.

Selain itu, menurut Wardani, *et al*. (2014), salinitas di perairan dapat mempengaruhi tingkat akumulasi logam berat dalam perairan. Besar kecilnya nilai akumulasi disebabkan oleh salinitas, semakin besar salinitas di perairan akumulasi logam berat di perairan akan semakin kecil. Bila terjadi penurunan salinitas maka akan menyebabkan peningkatan daya toksik logam berat dan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar.

### 4.5.2 Derajat Keasaman (pH) Air

Berdasarkan **Tabel 5**, nilai pH air di muara Sungai diperoleh hasil yaitu pada stasiun 1 sebesar 6,98 serta pada stasiun 2 dan 3 sebesar 6,88. Rata-rata pH air yang terdapat di muara Sungai Porong sebesar 6,91. Nilai rata-rata pH pada ketiga stasiun tersebut menunjukkan nilai yang masih dikategorikan aman untuk mendukung kehidupan di hutan mangrove, hal ini sesuai dengan pendapat Suwondo (2005), bahwa kisaran pH 6,5-9 masih mendukung kehidupan perairan hutan mangrove

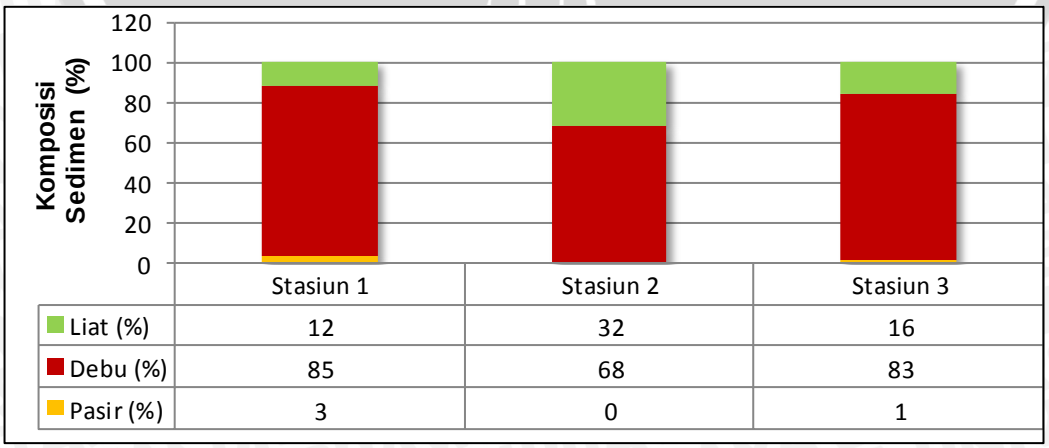
Secara umum, pH air yang ditemukan pada tiap stasiun pengamatan bersifat asam. Hal ini dipengaruhi oleh asupan air tawar dan limbah daratan yang masuk ke perairan tersebut selain itu banyaknya bahan organik yang berasal dari seresah mangrove yang mengakibatkan tingginya proses dekomposisi serasah sehingga akan membuat pH menjadi asam. Menurut Bangun (2005), adanya pembuangan limbah dari daratan banyak mengandung bahan-bahan organik. Bahan - bahan organik tersebut akan terurai menjadi bahan anorganik yang akan melepaskan $CO_2$, sehingga mempengaruhi penurunan pH. Selain itu, keberadaan pH di perairan penting untuk reaksi-reaksi kimia dan senyawa-

senyawa yang mengandung racun. Sebagian besar material-material yang bersifat racun akan meningkat toksisitasnya pada kondisi pH rendah.

Nilai pH ini akan mempengaruhi kelarutan logam berat dalam air. Logam berat akan sukar terurai, berbentuk partikel dan berupa padatan tersuspensi pada pH normalnya, namun pada pH rendah, ion bebas dari logam berat akan masuk ke dalam air. Sedangkan pada pH tinggi logam berat akan mengalami pengendapan (Puspita, 2012). Selain itu, dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 2004 *dalam* Rachmawatie, *et al*. 2009).

### 4.5.3 Tekstur Tanah

Sedimen di Muara Sungai Porong terdiri dari berbagai tipe substrat dengan ukuran yang berbeda, penentuan jenis dan komposisi sedimen dilakukan dengan mengidentifikasi fraksi-fraksi pembentuknya yakni pasir, debu dan liat. Lebih jelasnya hasil analisa laboratorium tentang komposisi substrat di Muara Sungai Porong dapat dilihat pada **Gambar 10** berikut.




**Gambar 10.** Grafik Komposisi Sedimen di Muara Sungai Porong

Berdasarkan hasil analisa laboratorium (**Gambar 10)**, komposisi substrat di Muara Sungai Porong sebagian besar di dominasi oleh debu (68-85%), sedangkan untuk fraksi lainnya yaitu liat (12-32%) dan yang terendah fraksi pasir (1-3%). Hasil analisis tanah pada Gambar 10 menunjukkan bahwa, terdapat penyebaran tekstur tanah yang hampir sama dari ketiga stasiun pengambilan sampel dengan tipe tanah bertekstur lempung berdebu. Tipe sedimen mempengaruhi akumulasi Pb. Hal ini sesuai dengan pendapat Meregalli *et al*. (2004) *dalam* Emilia, *et al*. (2013), yang menyatakan tipe sedimen lempung berlumpur (lempung berdebu) akan meningkatkan akumulasi logam, karena sedimen dengan fraksi lumpur (debu) yang tinggi dapat mengikat logam lebih lama yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik elektrokimia antara partikel sedimen dengan partikel logam, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme.

Menurut Maslukah (2013), keberadaan logam berat dalam sedimen sangat erat hubungan dengan ukuran butiran sedimen. Lumpur (endapan debu) mempunyai ukuran sedimen yang halus sehingga mempunyai kemampuan yang baik dalam mengikat logam dalam sedimen. kandungan logam berat lebih tinggi ditemukan pada sedimen yang ukuran partikelnya lebih kecil. Partikel sedimen yang halus memiliki luas permukaan yang besar dengan kerapatan ion yang lebih stabil untuk mengikat logam daripada partikel sedimen yang lebih besar. Selain itu, menurut Wulan, *et al*. (2013), konsentrasi logam berat disamping sangat berkaitan erat dengan fraksi sedimen juga mempunyai korelasi positif dengan bahan organik sedimen. logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berkaitan dengan materi organik bebas atau materi yang melapisi permukaan sedimen, dan penyerapan langsung oleh permukaan sedimen.



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Secara umum, pada ketiga stasiun tersebut memiliki jenis tekstur tanah *silty loam* atau lempung berdebu. Jenis substrat lempung berdebu tersebut merupakan media tumbuh yang baik untuk mendukung kehidupan dari mangrove *Sonneratia caseolaris*. Hal ini sesuai dengan pendapat Mahmud, *et al.* (2014) zona vegetasi mangrove selalu tergenang air atau daerah transisi yaitu memiliki kelas tekstur yang didominasi oleh lempung berdebu hingga lempung liat berdebu. Ditinjau dari tekstur tanah, tanah bertekstur lempung mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga mampu menahan air dan menyediakan unsur hara yang tinggi. Komposisi partikel tanah bakau mempengaruhi permeabilitas dan menentukan pula kandungan air dan keadaan nutrien tanah Tekstur lempung mempunyai kemampuan menyimpan nutrisi lebih baik. Lempung di anggap sebagai tanah yang mempunyai bahan organik tinggi dan optimal bagi pertumbuhan pohon, karena kapasitas tanah ini menahan air dan unsur hara lebih baik dibandingkan tanah berpasir, sedangkan drainase dan aerasenya lebih baik dibanding liat. Selain itu, Menurut Choirudin, *et al.* (2014), kemampuan lumpur / endapan debu menyimpan bahan organik lebih besar daripada pasir dikarenakan substrat lumpur memiliki pori-pori yang lebih rapat sehingga bahan organik lebih mudah mengendap dibandingkan substrat pasir yang partikel dan pori-porinya lebih besar yang menyebabkan bahan organik mudah terbawa arus .

# 5. KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.2 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada kawasan mangrove di Muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. a). Konsentrasi Pb di air ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,021±0,006 ppm yang berada dalam kisaran diatas baku mutu berdasarkan Kepmen LH No.51 Tahun 2004 untuk biota laut; b) Konsentrasi Pb di sedimen ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,344±0,119 ppm yang masih memenuhi baku mutu yang ditentukan NOAA tahun 2005; c) konsentrasi Pb di daun *Sonneratia caseolaris* rata-rata sebesar 0,049±0,014 ppm, dan konsentrasi Pb di akar *Sonneratia caseolaris* rata-rata sebesar 0,123± 0,041 ppm.
2. a) Mangrove *Sonneratia caseolaris* tergolong tumbuhan akumulator sedang terhadap Pb karena nilai BCF berada dikisaran 0,1-1; b) *Sonneratia caseolaris* tergolong tumbuhan non hiperakumulator terhadap logam Pb karena memiliki nilai TF<1; dan c) *Sonneratia caseolaris* stasiun 1(C), 2(A) dan 3(C) diduga dapat digunakan untuk tujuan fitoremidiasi khususnya fitostabilisasi karena memiliki FTD bernilai positif.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada kawasan mangrove di Muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Tumbuhan mangrove *Sonneratia caseolaris* dapat digunakan sebagai fitoremediasi khususnya fitostabilisasi.karena memiliki kemampuan sebagai bioakumulator.
2. Perlu upaya untuk menjaga kondisis lingkungan perairan dan mempertahankan keseimbangan potensi sumberdaya perairan yaitu dengan

melestarikan ekosistem mangrove melalui kegiatan konservasi dan pengawasan serta pengendalian terhadap pencemaran logam berat khususnya Pb pada kawasan mangrove muara Sungai Porong, Jabon, Sidoarjo

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis Pb pada organ mangrove *Sonneratia caseolaris* yang lain seperti batang dan buah dengan mengumpulkan lebih banyak sampel selama periode waktu yang panjang (temporal). Hubungan akumulasi logam berat secara temporal bisa memberikan wawasan ke dalam konservasi ekosistem mangrove.

## DAFTAR PUSTAKA


Ahmed R, Moushumi SJ, Ahmed H, Ali M, Haq WM, Jahan R, Rahmatullah M. 2010. Serum Glucose and Lipid Profiles in Rats Following Administration of *Sonneratia caseolaris* (L.) Engl. (Sonneratiaceae) leaf powder in diet. *Journal Advances in Natural and Applied Sciences*. 4(2):171-173.

Amalia, L. 2014. Biomonitoring Logam Berat Pb di Perairan Kep. Spermonde Makassar Menggunakan Bioindikator Bintang laut (*Echinodermata, Protoreaster nodosus sp*). *Skripsi*. FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar

Andika, B., A. Seviana, F. S. Ramadhani dan F. R. Ningsih. 2009. Studi Penyerapan Pb Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) Pada Air Permukaan Sungai Cisadane Kota Tangerang. Karya Ilmiah. Pandeglang.

Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb, dan Cr Pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (Perna viridis L) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. Skripsi Sarjana Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Aprilia, D. D dan K. I. Purwani. 2013. Pengaruh Pemberian Mikoriza *Glomus fasciculatum* Terhadap Akumulasi Logam Pb Pada Tanaman *Euphorbia milii. Jurnal Sains dan Seni Pomit.2(1):79-83*

Arysandy, K. R., E.Y. Herawati dan E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Pb dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1(1) : 15-25

Awalina. 2011.Bioakumulasi Ion Logam Pb dan Kadmium (Cd) dalam Fitoplankton pada Beberapa Perairan Situ di Sekitar Kabupaten Bogor. (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia

Bangun, J. M. 2005. Kandungan Pb Dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen Dan Organ Tubuh Ikan Sokang (Triacanthus nieuhofi) di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. *Skripsi.* Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor

Barutu,H.L., B. Amin dan Efriyeldi. 2014. Konsentrasi Pb, Cu, dan Zn Pada Avicennia marina Di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Riau.

Bassett, J., R. C. Denney., G. H. Jeffery and J. Mendham. 1991. Buku Ajar Vogel. Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik Edisi 4. Penerbit Buku Kedokteran EGC: London

Brahmana, S.S dan T.F. Achmad. 2007. Dampak buangan lumpur lapundo panas Porong- Sidoarjo terhadap kualitas air Kali Porong. JSDA 3.(4)

Caroline, J. dan G. A. Moa. 2015. Fitoremediasi Logam Pb Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Pada Limbah Industri

Peleburan Tembaga Dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Chakraborty, D., S. Bhar, J. Majumdar dan Santra S.C. 2013. Heavy metal pollution and Phytoremediation potential of *Avicennia officinalis* L. in the southern coast of the Hoogly estuarine system. *International Journal of Environmental Sciences*. 3(6) : 2291-2303

Choirudin, I. R., M. N. Supardjo dan M. R. Muskananfola. 2014. Studi Hubungan Kandungan Bahan Organik Sedimen dengan Kelimpahan Makrozoobenthos di Muara Sungai Wedung Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal Of Maquares.* 3(3) : 168-176

Dagdag, E.E.A., Sukoso, A. Rachmansyah and A.S. Leksono. 2015. Analysis of Heavy Metals in Sediment of Lapindo Mud, Sidoarjo, East Java. *ChemTech*. 8 (11) : 358-363

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

Emilia, I., Suheryanto, dan Z. Hanafiah. 2013. Distribusi Logam Jadmium dalam Air dan Sedimen di Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Penelitian Sains*. 16 (2C) : 59-64

Faizal, A., J. Jompa, N. Nessa dan C. Rani. 2012. Dinamika Spasio-Temporal Tingkat Kesuburan Perairan di Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan. *Artikel*. FIKP UNHAS Makassar

Favas, P.J.C., Joao Pratas, Mayank Varun, Rohan D'Souza, dan Manoj S. Paul. 2014. *Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora*. Environmental Risk Assessment of Soil Contamination

Fazumi, M.A. 2014. Penenntuan Jenis Sedimen Melalui Uji Tekstur Sedimen serta Pengukuran Konsentrasi Salinitas, Eh dan Ph Sedimen Permukaan Di Muara Sungai Lamong, Surabaya, Jawa Timur. *Praktek Kerja Lapang*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang

Febrianto, A dan Kurniawan. 2014. Pengaruh Logam Berat Pb Limbah Aktivitas Penambangan Timah Terhadap Kualitas Air Laut di Wilayah Penangkapan Cumi-Cumi Kabupaten Bangka Selatan. Akuatik-*Jurnal Sumberdaya Perairan*. 8(2) : 24-33

Fitra, A., Y.S. Rahayu dan Winarsih. 2013. Kemampuan Fitoremediasi *Typha latifolia* dalam Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Tanah yang Tercemar Lumpur Lapindo di Porong Sidoarjo. *Lentera Bio*. 2(3) : 185-189

Fitriyah, K. R. 2007. Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) Dan Pb Pada Air Laut, Sedimen Dan Kerang Bulu (*Anadara antiquata*) di Perairan Pantai Lekok Pasuruan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang

Gusnita, D. 2012. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara Dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal. *Berita Dirgantara*. 13 (3) : 95-101

Hamzah, F dan Y. Pancawati, 2012. Fitoremidiasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Ilmu Kelautan*. 18(4) : 203-212

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

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

Hidayati, N. 2013. Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *J. Tek. Ling*. 14(2) : 75-82

Hasan, M. I. 2002. *Pokok-Pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya*. Jakarta : Penerbit Ghalia Indonesia

Hendrasarie, N. 2007. Kajian Efektifitas Tanaman dalam Menjerap Kandungan Pb di Udara. Jurnal Rekayasa Perencanaan. 3 (2) : 1-15

Herawati, N. 2007. Analisis Risiko Lingkungan Aliran Air Lumpur Lapindo Ke Badan Air. *Tesis*. Progam Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Heriyanto, N.M dan E. Subiandono. 2011. Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb Dan Cu) Oleh Jenis-Jenis Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8 (2) : 177-188

Hutagalung, H. P. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. *Oseana*. 9 (1) : 11-20

Irawanto, R., R. Hendrian dan S. Mangkoedihardjo. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik Acanthus ilicifolius (Jeruju). Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam. Hal. 147-155

Isa, I., M. Jahja dan M. Sakakibara. 2014. Potensi Tanaman Genjer (*Lamncharis Flava*) sebagai Akumulator Logam Pb dan Cu. *Laporan Penelitian.* Fakultas Matematika dan IPA. Universitas Negeri Gorontalo

Istikhomah. 2015. Efek Hepatoprotektor Ekstrak Buah Pedada (*Sonneratia caseolaris*) pada Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). *Skripsi.* Jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang

Jainuri, M. 2014. Aplikasi Komputer (SPSS) : Analisis Data Komparatif (T-Test). Pertemuan ke 10.

Jumhana, N. 2010.Modul 5: Berbagai Fungsi Pada Tumbuhan. Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia

Juniawan, A., B. Rumhayati dan B. Ismuyanto. 2013. Karakteristik Lumpur Lapindo dan Fluktuasi Pb Dan Cu Pada Sungai Porong Dan Aloo. *Sains dan Terapan Kimia*. 7(1) : 50-59

Kaewtubtim, P., W. Meeinkuirt, S. Seepom dan J. Pichtel. 2016. Heavy Metal Phytoremediation Potential of Plant Species In A Mangrove Ecosystem In Pattani Bay, Thailand. *Applied Ecology And Environmental Research.* 14(1): 367-382.

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

Kholidiyah, N. 2010. Respon Biologis Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Solms) Sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) Pada Sungai Pembuangan Lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Kusmana, C. 2009. *Pengelolaan Sistem Mangrove Secara Terpadu*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Laboratorium Kimia Dasar MIPA UB. 2015. Housemethods. Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya

Malayeri, B. E., A. Chehregani, N. Yousefi and B. Lorestani. 2008. Identification of the Hyper Accumulator Plants in Copper an Iron Mine in Iran. Pakistan *Journal of Biological Sciences*. 11 (3) : 490-492

Mahmud, Wardah dan B. Toknok. 2014. Sifat Fisik Tanah di Bawah Tegakan Mangrove di Desa Tumpapa Kecamatan Balinggi Kabupaten Parigi Moutong. *Warta Rimba*. 3(1) : 129-135

Maslukah, L. 2006. Konsentrasi Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Maslukah. L. 2013. Hubungan antara Konsentrasi Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. Buletin Oseanografi Marina. Vol 2 : 55-62

Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremidiasi sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. 1 (2) : 115-123

Mulyadi, E., R. Laksmono dan D. Aprianti. 2011. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. Jurnal Ilmiah Teknil Lingkungan. Vol. 1 Edisis Khusus : 33-39

Musriadi. 2014. Akumulasi Logam Tembaga (Cu) Dan Pb Pada Karang *Acropora formosa* dan *Acropora hyacinthus* Di Pulau Samalona, Barranglompo Dan Bonebatang, Kota Makassar. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin : Makassar

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2005. Baku Mutu Kualitas Sedimen. Departement of Commerce USA.

Nazli, M.F dan N.R. Hashim. 2010. Heavy Metal Concentrations in an Important Mangrove Species, *Sonneratia caseolaris*, in Peninsular Malaysia. *Environment Asia*. 3(1) : 50-55

Ningrum, P. Y. 2006. Kandungan Pb serta struktur mikroanatomi *branchia, hepar*, dan *musculus* ikan belanak (*Mugil cephalus*) di perairan Cilacap. *Skripsi*. Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Ningsih, I. S. R., W. Lestari dan Y. Azis. 2014. Fitoremediasi Zn dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Karet dengan Pemanfaatan *Pistia stratiotes* L. *JOM FMIPA*. 1 (2) : 1-9

Nisa, C., U. Irawati dan Sunardi. 2013. Model Adsorpsi Timbal (Pb) dan Seng (Zn) dalam Sistem Air Sedimen di Waduk Riam Kalimantan Selatan. *Konversi.* 2(1) : 7-13

Nur, F. 2013. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis*. 1(1) : 74 – 83

Nurry, A dan I. M. Anjasmara. 2014. Kajian Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Brantas Bagian Hilir Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal (Studi Kasus: Kali Porong, Kabupaten Sidoarjo). *GEOID*. 10(1) : 70-74

Onrizal. 2005. Restorasi Lahan Terkontaminasi Logam Berat. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara

Onrizal, Rugayah dan Suhardjono. 2005. Flora Mangrove Berhabitus Pohon di Hutan Lindung Angke-Kapuk. *Biodiversitas.* 6(1) : 34-39

Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta : Jakarta.

Panjaitan, G. Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon Avicennia marina di Hutan Mangrove. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Medan

Parawita, D., Insafitri dan W.A. Nugraha. 2009. Analisis Konsentrasi Timbal (Pb) di Muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan*. 2(2) : 117-124

Pemkab Sidoarjo. 2016. Profil Kecamatan Jabon. Online. Jabon@sidoarjo.go.id. Diakses pada tanggal 11 Maret 2016

Purnomo, T dan Muchyiddin. 2007. Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forsk*.) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus*. 14 (1) : 68-77

Purwiyanto, A. I. S. 2015. Distribusi dan Adsorpsi Logam Timbal (Pb) di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Ilmu Kelautan.* 20(3) : 153-162

Puspita, F. 2012. Evaluasi Kadar Cemaran Pb dan Cd dalam Air pada Pantai dan Daerah Perikanan di Sekitar Kawasan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Makalah Publikasi*. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Puspita, A. D., A. Santoso dan B. Yulianto. 2013. Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. 3(1) : 44-53

Rachmawati, D., I. Setyobudiandi dan E. Hilmi. 2014. Potensi Estimasi Karbon Tersimpan pada Vegetasi Mangrove di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Omni-Akuatika*. 13(19) : 85-91

Ratmini, N.A. 2009. Kandungan Timbal (Pb), Mercuri (Hg) Dan Cadmium (Cd) pada Daging Ikan Sapu-Sapu (*Hyposarcus pardalis*) Di Sungai Ciliwung Stasiun Srengseng, Condet dan Manggarai. *Vis Vitalis*. 2(1) : 1-7

Rina, M., S. Purwanto, Sutisna, Istanto dan Sumardjo. 2007. Analisis Unsur dalam Lumpur Panas Sidoarjo dengan Analisis Aktivasi Neutron. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir. PTNBR-BATAN Bandung Hal. 321-328

Ruhimat, M dan B. Waluyo. 2008. Aplikasi Praktis SPSS For Windows dalam Statistika. Buku Panduan Praktek. Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Pendidikan Indonesia.

Saleha, A., Alimuddin dan R. Gunawan. 2013. Distribusi Logam Timbal (Pb) Pada Tanaman Wedelia (*Wedelia trilobata* (L.) Hitch) Akibat Emisi Kendaraan Bermotor Di Beberapa Jalan Kota Samarinda. Jurnal Kimia Mulawarman. 10(2) : 80-84

Saputro, G. B., S. Hartini, S. Sukardjo, A. Susanto, dan A. Poniman. 2009. Peta *Mangrove Indonesia*. Pusat Survey Sumberdaya Alam Laut : BAKOSURTANAL.

Satriono, A. 2007. Profil Mangrove Taman Nasional Baluran : Praktikum Biologi Laut. Progam Strudi Biologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kelautan*. 7(1) : 12-24

Setyawan, A. D., Indrowuryatno, Wiryanto, K. Winarno dan A. Susilowati. 2005. Tumbuhan Mangrove di Pesisir Jawa Tengah: 1. Keanekaragaman Jenis. *Biodiversitas*. 6 (2) : 90-94

Shepard, F.P. 1954. Nomenclature Based On Sand – Silt – Clay Rations. *Journal Sedimentary Petrology.* 24: 151-158

Shindu, S. F. 2005. Kandungan Logam Berat Cu, Zn, dan Pb dalam Air, Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dalam Keramba Jaring Apung, Waduk Saguling. Skripsi. IPB Bogor.SNI. 2004.

Siahaan, M. T. A., Ambariyanto dan B. Yulianto. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) dengan Konsentrasi Berbeda terhadap Klorofil, Kandungan Timbal pada Akar dan Daun, serta Struktur Histologi Jaringan Anakan Mangrove Rhizophora mucronata. *Journal Of Marine Research*. 2 (2) :111-119

SNI. 2004. Air dan Limbah – Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter (SNI 06-6989.11-2004). Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta

Sudarwin. 2008. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Jatibarang Semarang. *Tesis.* Universitas Diponegoro Semarang

Sumarmi. 2011. Pengaruh Inhibitor Logam Pb, Rhodamin B, Natrium Siklamat dan Kodein Terhadap Aktivitas Enzim Papain. *Skripsi.* Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta

Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Penerbit Grasindo. Jakarta

Susanti, E. 2010. Karakterisitik Transfer Logam Berat Pb pada Perairan Lotik. *Laporan Akhir*. Pusat Penelitian Llmnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Susmalinda, T. 2013. Keunikan *Sonneratia* sp. Si Apel Mangrove. *Artikel.* WANAMINA (Wahana Berita Mangrove Indonesia).

Suwandewi, I. A., I. E. Suprihatin dan M. Manurung. 2013. Akumulasi Logam Kromium (Cr) dalam Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Avicennia marina* di Muara Sungai Badung. *Jurnal Kimia*. 7 (2) : 181-185

Suwondo,. 2005. Struktur Komunitas Gastropoda Pada Hutan Mangrove di Pulau Sipora Kabupaten Kepulauan Mentawai Sumatra Barat. Laboratorium Biologi Jurusan PMIPA FKIP Universitas Riau Pekanbaru. Jurnal Biogenesis, Vol. 2. hal. 25-29.

Suyitno, Al. 2006. Modul : Penyerapan Zat & Transportasi Pada Tumbuhan. Jurdik Biologi. FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.

Taqwa, A. 2010. Analisis Produktivitas Primer Fitoplankton dan Struktur Komunitas Fauna Makrobenthos Berdasarkan Kerapatan Mangrove Di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan Kota Tarakan, Kalimantan Timur. *Tesis*. Progam Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang

Tarigan, Z., Edward dan A. Rozak. 2003. Kandungan logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni Dalam Air Laut dan Sedimen Di Muara Sungai Membramo, Papua dalam Kaitannya Dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. Makara Sains. 7 (3) : 119 – 127

Triani, N. S. 2012. Akumulasi Timbal (Pb) pada Daun Bambu Pagar *Bambusa multiplex* (Lour) Raeusch. Ex Schult. & Schult. f. di Kota Makassar. *Skripsi*. FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar.



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Trisnawaty, F. N., Emiyarti dan L.O. A. Afu. 2013. Hubungan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) pada Sedimen dengan Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Sungai Tahi Ite Kecamatan Rarowatu Kabupaten Bombana. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 3 (1) : 68-80

UNDAC. 2006. Environmental Assesment Hot Mud Flow East Java, Indonesia. UNEP/OCHA Environment Unit : Switzerland

UNICEF. 2008. *Field Guide to : Maldivian Mangrove. Developed for Educational* Development Centre, Ministry of Education. Live & Learn Enviromental Education

Usman, S. 2013. Distribusi Kuantitatif Logam Berat Pb Dalam Air, Sedimen Dan Ikan Merah (Lutjanus erythropterus) di Sekitar Perairan Pelabuhan Parepare. Skripsi. FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar

Wardani, D. A. K., N. K. Dewi dan N. R. Utami. 2014. Akumulasi Timbal (Pb) pada Daging Kerang Hijau (Perna viridis) di Muara Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. Unnes J Life Sci. 3(1) : 1-8

Wulan, S. P., Thamrin, dan B. Amin. 2013. Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr Dan Zn Pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak Sekitar Dermaga Pt. Indah Kiat Pulp And Paper Perawang – Propinsi Riau. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau.

Yuniar, D. W., T.W. Suharso dan G. Prayitno. 2010. Arahan Pemanfaatan Ruang Pesisir Terkait Pencemaran Kali Porong. Jurnal Tata Kota dan Daerah. 2(2) : 63-73

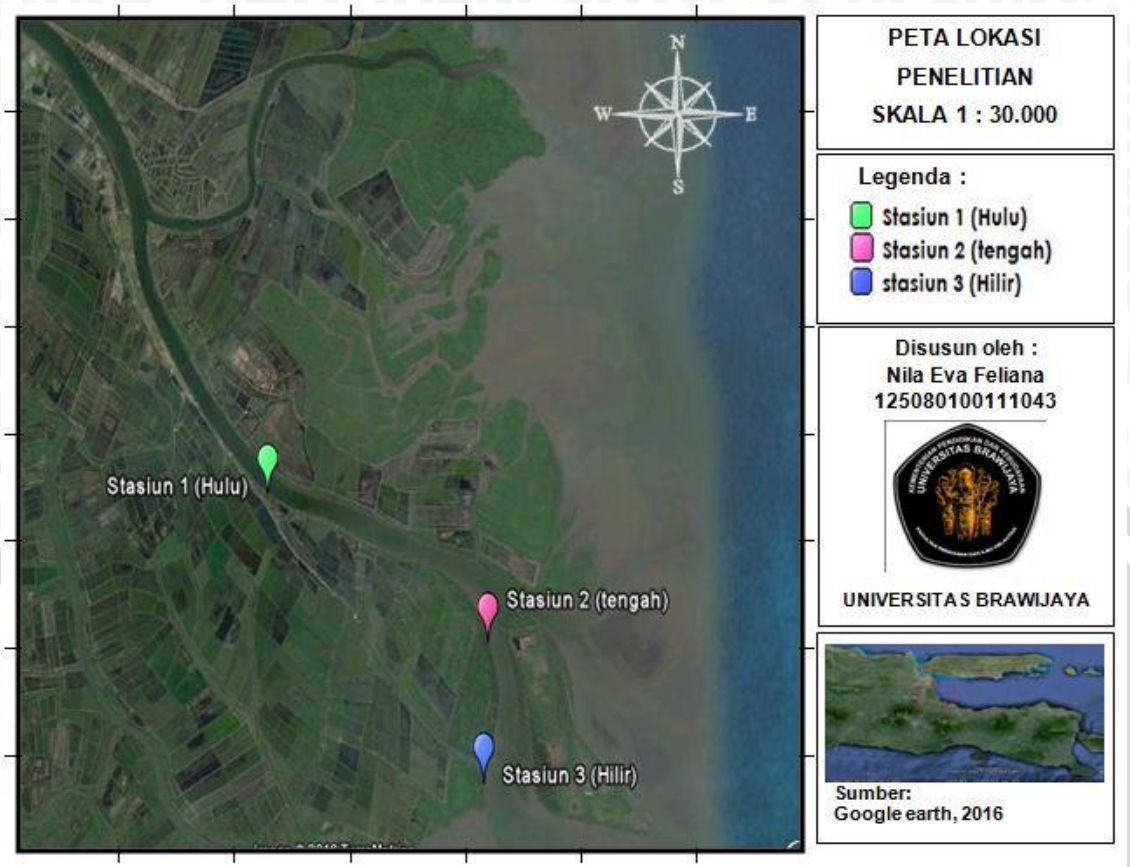
Yudana, T. 2008. Studi Pertumbuhan Propagul Mangrove Menggunakan Media Lumpur Sidoardjo Di Kawasan Muara Sungai Porong, Sidoardjo. *Tesis*. Magister Ilmu Kelautan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Yuliati. 2010. Akumulasi Logam Pb di Perairan Sungai Sail dengan Menggunakan Bioakumulator Eceng Gondok. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 15 (1) : 39-49

Yulianto, B., R. Ario dan A. Triono. 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp) Terhadap Tembaga(Cu) sebagai Biofilter. Ilmu Kelautan. Volume 11(2): 72-78.

Zamhar, K.N dan N. K. Dewi. 2015. Fitoremediasi Kadmium (Cd) Pada Leachate Menggunakan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk.) (Studi Kasus Tpa Jatibarang). *Jurnal MIPA*. 38(1) : 13-18

**Lampiran 1.** Peta Lokasi Penelitian



**Lampiran 2.** Hasil Uji Laboratorium Kadar Timbal (Pb) di Air, Sungai, Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris*

| Stasiun | Titik | Hasil Timbal (Pb) (mg/l) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Air** | **Sedimen** | ***Sonneratia caseolaris*** | |
| | | | | **Akar** | **Daun** |
| **1 (Hulu)** | A | 0,015 | 0,226 | 0,088 | 0,036 |
| | B | | | 0,074 | 0,047 |
| | C | | | 0,110 | 0,028 |
| **Rata-rata** | | | | **0,091**±0,018 | **0,037**±0,0095 |
| **2 (Tengah)** | A | 0,027 | 0,464 | 0,174 | 0,063 |
| | B | | | 0,157 | 0,074 |
| | C | | | 0,187 | 0,055 |
| **Rata-rata** | | | | **0,173**±0,015 | **0,064**±0,0095 |
| **3 (Hilir)** | A | 0,021 | 0,342 | 0,102 | 0,050 |
| | B | | | 0,083 | 0,036 |
| | C | | | 0,132 | 0,055 |
| **Rata-rata** | | | | **0,106**±0,025 | **0,047**±0,0098 |
| **Baku Mutu** | | 0,008* | < 30,24** | | |

Keterangan :

* Baku mutu Kepmen LH No.51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut (Lampiran 3)

** NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), US Departement of Commerce



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Lampiran 3.** Hasil Uji Laboratorium Tekstur Sedimen

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

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

Nomor : 0 2 /UN10.4/PG/2016 Malang, 8 Maret 2016
Lampiran : ( ) lembar
Hal : *Data Hasil Analisis*

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

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

a.n. Wadek,
Ketua Jurusan Tanah,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

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

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

HASIL ANALISA TANAH

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

| No | Kode | | Kadar air pF | | Porositas | KHJ | Pasir | Debu | liat | Klas tekstur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 2.5 | 4.2 | | | % | | | |
| | | | $g\ g^{-1}$ | | % | $cm\ jam^{-1}$ | | | | |
| 1 | Titik | 1 | - | - | - | - | 3 | 85 | 12 | Silty Loam |
| 2 | Titik | 2 | - | - | - | - | 0 | 68 | 32 | Silty Loam |
| 3 | Titik | 3 | - | - | - | - | 1 | 83 | 16 | Silty Loam |

Ketua lab. Fisika

Ir. Widianto, MSc.
NIP 19530212 197903 1004

**Lampiran 4.** Baku Mutu Timbal (Pb) di Air

**- Baku Mutu Timbal (Pb) pada Air (KepMenLH, 2004)**

**Lampiran III: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup**
**Nomor : 51 Tahun 2004**
**Tanggal : 8 April 2004**

**BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK BIOTA LAUT**

| No. | Parameter | Satuan | Baku mutu |
|---|---|---|---|
| | **FISIKA** | | |
| 1. | Kecerahan[a] | m | coral: >5<br>mangrove: -<br>lamun: >3 |
| 2. | Kebauan | - | alami[3] |
| 3. | Kekeruhan[a] | NTU | <5 |
| 4. | Padatan tersuspensi total[b] | mg/l | coral: 20<br>mangrove: 80<br>lamun: 20 |
| 5. | Sampah | - | nihil [1(4)] |
| 6. | Suhu[c] | °C | alami[3(c)]<br>coral: 28-30[(c)]<br>mangrove: 28-32 [(c)]<br>lamun: 28-30[(c)] |
| 7. | Lapisan minyak [5] | - | nihil [1(5)] |
| | **KIMIA** | | |
| 1. | pH[d] | - | 7 - 8,5[(d)] |
| 2. | Salinitas[e] | ‰ | alami[3(e)]<br>coral: 33-34[(e)]<br>mangrove: s/d 34 [(e)]<br>lamun: 33-34[(e)] |
| 3. | Oksigen terlarut (DO) | mg/l | >5 |
| 4. | BOD5 | mg/l | 20 |
| 5 | Ammonia total ($NH_3$-N) | mg/l | 0,3 |
| 6. | Fosfat ($PO_4$-P) | mg/l | 0,015 |
| 7. | Nitrat ($NO_3$-N) | mg/l | 0,008 |
| 8. | Sianida ($CN^-$) | mg/l | 0,5 |
| 9. | Sulfida ($H_2S$) | mg/l | 0,01 |
| 10. | PAH (Poliaromatik hidrokarbon) | mg/l | 0,003 |
| 11. | Senyawa Fenol total | mg/l | 0,002 |
| 12. | PCB total (poliklor bifenil) | µg/l | 0,01 |
| 13. | Surfaktan (deterjen) | mg/l MBAS | 1 |
| 14 | Minyak & lemak | mg/l | 1 |
| 15. | Pestisida[f] | µg/l | 0,01 |
| 16. | TBT (tributil tin)[7] | µg/l | 0,01 |
| | **Logam terlarut:** | | |
| 17. | Raksa (Hg) | mg/l | 0,001 |
| 18. | Kromium heksavalen (Cr(VI)) | mg/l | 0,005 |
| 19. | Arsen (As) | mg/l | 0,012 |
| 20. | Kadmium (Cd) | mg/l | 0,001 |
| 21. | Tembaga (Cu) | mg/l | 0,008 |
| 22. | Timbal (Pb) | mg/l | 0,008 |
| 23. | Seng (Zn) | mg/l | 0,05 |
| 24. | Nikel (Ni) | mg/l | 0,05 |
| | **BIOLOGI** | | |
| 1. | Coliform (total)[g] | MPN/100 ml | 1000[/(g)] |
| 2. | Patogen | sel/100 ml | nihil[1] |
| 3. | Plankton | sel/100 ml | tidak *bloom*[9] |
| | **RADIO NUKLIDA** | | |
| 1. | Komposisi yang tidak diketahui | Bq/l | 4 |

**Lampiran 5.** Perhitungan BCF, TF dan FTD

- **Stasiun 1 (Hulu)**

Sampel (A) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$= \frac{0,088}{0,226}$

$= 0,389$

$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$

$= \frac{0,036}{0,088}$

$= 0,409$

$FTD = BCF - TF = 0,389 - 0,409 = (-0,020)$

Sampel (B) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$= \frac{0,074}{0,226}$

$= 0,327$

$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$

$= \frac{0,047}{0,074}$

$= 0,635$

$FTD = BCF - TF = 0,327 - 0,635 = (-0,308)$

Sampel (C) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$= \frac{0,110}{0,226}$

$= 0,487$

$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$

$= \frac{0,028}{0,110}$

$= 0,255$

$FTD = BCF - TF = 0,487 - 0,255 = 0,232$

- **Stasiun 2 (Tengah)**

Sampel (A) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$= \frac{0,174}{0,464}$

$= 0,375$



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Lampiran 5.** Lanjutan

$$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$$

$$= \frac{0{,}063}{0{,}174}$$

$$= 0{,}362$$

$$FTD = BCF - TF = 0{,}375 - 0{,}362 = 0{,}013$$

Sampel (B) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$$= \frac{0{,}157}{0{,}464}$$

$$= 0{,}338$$

$$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$$

$$= \frac{0{,}074}{0{,}157}$$

$$= 0{,}471$$

$$FTD = BCF - TF = 0{,}338 - 0{,}471 = (-0{,}113)$$

Sampel (C) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$$= \frac{0{,}187}{0{,}464}$$

$$= 0{,}403$$

$$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$$

$$= \frac{0{,}055}{0{,}187}$$

$$= 0{,}294$$

$$FTD = BCF - TF = 0{,}403 - 0{,}294 = 0{,}109$$

- **Stasiun 3 (Hilir)**

Sampel (A) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$$= \frac{0{,}102}{0{,}342}$$

$$= 0{,}298$$

$$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$$

$$= \frac{0{,}050}{0{,}102}$$

$$= 0{,}490$$

$$FTD = BCF - TF = 0{,}298 - 0{,}490 = (-0{,}192)$$



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Lampiran 5.** Lanjutan

Sampel (B) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$= \frac{0,083}{0,342}$

$= 0,243$

$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$

$= \frac{0,036}{0,083}$

$= 0,434$

$FTD = BCF - TF = 0,243 - 0,434 = (-0,191)$

Sampel (C) $BCF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Sedimen}$

$= \frac{0,132}{0,342}$

$= 0,386$

$TF\ Pb = \frac{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Daun}{Logam\ berat\ Pb\ pada\ Akar}$

$= \frac{0,055}{0,132}$

$= 0,417$

$FTD = BCF - TF = 0,386 - 0,417 = (-0,031)$

**Lampiran 6.** Output Analisis Perbandingan Kadar Timbal (Pb) pada Akar dan Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris* Tiap Stasiun

- **Output Perbandingan Kadar Timbal (Pb) Pada Akar Tiap Stasiun**

**Descriptives**

Pb_Akar

| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| Stasiun1 (Hulu) | 3 | .09067 | .018148 | .010477 | .04559 | .13575 | .074 | .110 |
| Stasiun 2 (Tengah) | 3 | .17267 | .015044 | .008686 | .13529 | .21004 | .157 | .187 |
| Stasiun 3 (Hilir) | 3 | .10567 | .024705 | .014263 | .04430 | .16704 | .083 | .132 |
| Total | 9 | .12300 | .041488 | .013829 | .09111 | .15489 | .074 | .187 |

**ANOVA**

Pb_Akar

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | .011 | 2 | .006 | 14.714 | .005 |
| Within Groups | .002 | 6 | .000 | | |
| Total | .014 | 8 | | | |

- **Output Perbandingan Kadar Timbal (Pb) Pada Daun Tiap Stasiun**

**Descriptives**

Pb_Daun

| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| Stasiun1 (Hulu) | 3 | .03700 | .009539 | .005508 | .01330 | .06070 | .028 | .047 |
| Stasiun 2 (Tengah) | 3 | .06400 | .009539 | .005508 | .04030 | .08770 | .055 | .074 |
| Stasiun 3 (Hilir) | 3 | .04700 | .009849 | .005686 | .02253 | .07147 | .036 | .055 |
| Total | 9 | .04933 | .014474 | .004825 | .03821 | .06046 | .028 | .074 |

**ANOVA**

Pb_Daun

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | .001 | 2 | .001 | 6.011 | .037 |
| Within Groups | .001 | 6 | .000 | | |
| Total | .002 | 8 | | | |



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Lampiran 7.** Output Analisis Perbandingan Kadar Timbal (Pb) pada Akar dengan Kadar Pb pada Daun Mangrove *Sonneratia caseolaris*

**Group Statistics**

| | Mangrove | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean |
|---|---|---|---|---|---|
| Kadar_Pb | Akar | 9 | .12300 | .041488 | .013829 |
| | Daun | 9 | .04933 | .014474 | .004825 |

**Independent Samples Test**

| Kadar_Pb | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | | | | | | | Lower | Upper |
| Equal variances assumed | 12.781 | .003 | 5.030 | 16 | .000 | .073667 | .014647 | .042617 | .104716 |
| Equal variances not assumed | | | 5.030 | 9.919 | .001 | .073667 | .014647 | .040995 | .106338 |



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Lampiran 8.** Dokumentasi Lapang

**Gambar 1.** Pengukuran Diameter Batang Mangrove Sonneratia caseolaris

**Gambar 2**. Pengambilan sampel akar dan daun

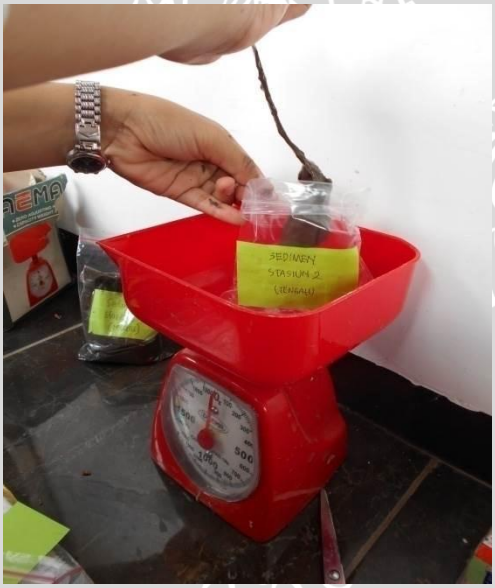
**Gambar 3**. Pengambilan Sampel sedimen secara Komposit



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Lampiran 8**. Lanjutan

**Gambar 4.** Pengukuran Salinitas dan pH air



**Gambar 5.** Penimbangan Sampel Sedimen

**Gambar 6**. Pengawetan Sampel



repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA