

KANDUNGAN LOGAM BERAT Zn PADA SEDIMEN DAN AKAR *Avicennia alba* DENGAN KEDALAMAN YANG BERBEDA DI MUARA SUNGAI PORONG SIDOARJO

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

Oleh:

PUTU WINNY RATU PRILIYANTHI

NIM. 115080601111020



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

**KANDUNGAN LOGAM BERAT Zn PADA SEDIMEN DAN AKAR *Avicennia
alba* DENGAN KEDALAMAN YANG BERBEDA DI MUARA SUNGAI PORONG
SIDOARJO**

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

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh:

PUTU WINNY RATU PRILIYANTHI

NIM. 115080601111020



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

SKRIPSI

KANDUNGAN LOGAM BERAT Zn PADA SEDIMEN DAN AKAR
Avicennia alba DENGAN KEDALAMAN YANG BERBEDA DI MUARA
SUNGAI PORONG-SIDOARJO

Oleh :

PUTU WINNY RATU PRILIYANTHI

NIM. 115080601111020

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 06 Juli 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Nurin Hidayati, S.T., M.Sc)
NIP. 1978402 200502 2 001

Tanggal:

Dosen Penguji II

(Dwi Candra Pratiwi, S.Pi., M.Sc., MP)
NIK. 86011508120318

Tanggal:

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

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

Tanggal:

Dosen Pembimbing II

(Syarifah Hikmah J.S, S.Pi., M.Sc)
NIP. 19840720 201404 2 002

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Jurusan PSPK

(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)
NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam laporan SKRIPSI yang saya tulis ini benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis pada laporan berupa literatur serta dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan SKRIPSI ini hasil dari menjiplak (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Malang, 6 Juli 2015

Mahasiswa

Putu Winny Ratu Priliyanthi

NIM. 115080601111020

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Fenny Iranawati S.Pi, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing I yang sudah bersedia membimbing, memberi masukan dan saran dengan sabar selama proses pengerjaan SKRIPSI ini berlangsung.
2. Ibu Syarifah Hikmah J.S, S.Pi. M.Sc selaku dosen pembimbing II yang dalam kesibukannya senantiasa meluangkan waktu dan perhatian untuk memberikan bimbingan, nasehat dan saran yang berharga sejak awal penelitian hingga akhir penulisan laporan SKRIPSI ini.
3. Bapak Dr. Ir. Daduk Setyobudi, Mp selaku ketua jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan
4. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi untuk kelancaran SKRIPSI ini.
5. Ucapan terimakasih secara khusus buat marine octa diantaranya Fanny, Nur, Laela, Inta, Dessi, Titus, Arik, dan Salmana yang selalu menemani dalam keadaan apapun.
6. Mangelhaens 2011 yang selalu kompak
7. Anak-anak kost yang selalu mengingatkan agar tidak bermalas-malasan dan segera menyelesaikan kewajiban, terimakasih banyak.

Malang, 6 Juli 2015

Penulis

RINGKASAN

PUTU WINNY RATU PRILIYANTHI. Kandungan Logam Berat Zn Pada Sedimen Dan Akar *Avicennia alba* Dengan Kedalaman Berbeda di Muara Sungai Porong, Sidoarjo. (dibawah bimbingan **Feni Iranawat, S.Pi, M.Si, Ph.D** dan **Syarifah Hikmah J.S, S.Pi, M.Sc**)

Muara Sungai Porong termasuk dalam ekosistem pesisir yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai jenis kegiatan ekonomi seperti kegiatan industri, pemukiman, pertanian, dan tambak. Ditambah lagi dengan adanya aktivitas buangan lumpur lapindo yang diduga menyumbang limbah logam berat Zn pada Perairan Sungai Porong. Buangan limbah dari Sungai Porong akan mengalami pengendapan pada sedimen dan kemudian akan terserap oleh mangrove yang ada di sepanjang Muara Sungai Porong. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbedaan konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar mangrove *A. alba* yang diperoleh dari kedalaman yang berbeda, mengetahui pengaruh kedalaman sedimen dan akar *A. alba* terhadap akumulasi logam berat Zn, mengetahui korelasi logam berat di akar mangrove *A. alba* dan di sedimen dengan kedalaman yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan pada 3 stasiun yang dapat mewakili hilir sungai, muara sungai, dan laut. Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah parameter kualitas air meliputi suhu, salinitas, DO, pH yang diukur secara *insitu*, parameter sedimen meliputi pH sedimen, Eh dan fraksi sedimen yang diukur secara *eksitu*, dan pengukuran konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar diukur secara *eksitu*. Analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif dan analisis statistik (ANOVA dan Korelasi). ANOVA *One way* digunakan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar dengan kedalaman berbeda sedangkan analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dengan kedalaman yang berbeda mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman, sementara itu konsentrasi logam berat Zn pada akar dengan kedalaman yang berbeda mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Konsentrasi logam berat Zn pada akar lebih tinggi daripada konsentrasi logam berat Zn pada sedimen. Hal ini menunjukkan bahwa akar mampu mengakumulasi logam berat lebih tinggi daripada sedimen. Hasil korelasi antara sedimen dan akar didapat nilai yang tidak signifikan. Hal ini disebabkan karena kurangnya jumlah data yang diambil.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa atas anugrah yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan Laporan SKRIPSI yang berjudul Kandungan Logam Berat Zn Pada Sedimen dan Akar *Avicennia alba* Dengan Kedalaman yang Berbeda di Muara Sungai Porong Sidoarjo. Dengan selesainya laporan SKRIPSI ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan ini, baik dari materi maupun penyajiannya, mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.



Malang, 6 Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------------------------|
| HALAMAN SAMPUL | Error! Bookmark not defined. |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| PERNYATAAN ORISINALITAS | iv |
| UCAPAN TERIMAKASIH | v |
| RINGKASAN | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan | 4 |
| 1.4 Manfaat | 5 |
| 1.5 Waktu dan Tempat | 5 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Logam Berat | 6 |
| 2.2 Pencemaran Logam Berat Zn | 7 |
| 2.3 Ekosistem Mangrove | 8 |
| 2.3.1 Adaptasi Tanaman Mangrove | 9 |
| 2.4 <i>Avicennia alba</i> | 11 |
| 2.4.1 Morfologi <i>A. alba</i> | 11 |
| 2.4.2 Akar Mangrove <i>A. alba</i> | 12 |
| 2.4.3 <i>Avicennia alba</i> sebagai Biomonitoring Pencemaran dan Penyerapan Logam Berat | 13 |
| 2.5 Kemampuan <i>Avicennia alba</i> dalam Mengurangi Kadar Logam Berat pada Tubuhnya | 14 |
| 2.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove | 15 |
| 2.7 Parameter yang Mempengaruhi Akumulasi Zn pada Akar Mangrove | 16 |
| 2.7.1 Suhu | 16 |
| 2.7.2 Salinitas | 17 |
| 2.7.3 pH | 18 |
| 2.7.4 DO | 19 |



| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2.7.5 | Eh..... | 20 |
| 3. | METODOLOGI | 22 |
| 3.1 | Waktu dan Lokasi Penelitian | 22 |
| 3.2 | Penentuan Stasiun Penelitian | 22 |
| 3.2.1 | Stasiun 1..... | 23 |
| 3.2.2 | Stasiun 2..... | 24 |
| 3.2.3 | Stasiun 3..... | 25 |
| 3.3 | Skema Penelitian | 25 |
| 3.4 | Alat dan Bahan | 27 |
| 3.4.1 | Alat..... | 27 |
| 3.4.2 | Bahan..... | 28 |
| 3.5 | Pengambilan Sampel Sedimen | 28 |
| 3.6 | Pengambilan sampel akar <i>A. alba</i> | 30 |
| 3.7 | Pengukuran Parameter | 30 |
| 3.7.1 | Pengukuran Kualitas Air | 30 |
| 3.7.2 | Pengukuran Sedimen | 31 |
| 3.7.3 | Pengukuran Logam Berat..... | 32 |
| 3.9 | Analisis Data | 33 |
| 3.9.1 | Analisis Deskriptif | 33 |
| 3.9.2 | Analisis Statistik..... | 33 |
| 4. | PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA | 34 |
| 4.1 | Kondisi Umum Lokasi Penelitian | 34 |
| 4.2 | Parameter Lingkungan..... | 35 |
| 4.2.1 | Suhu..... | 35 |
| 4.2.2 | DO (Dissolve Oxygen)..... | 36 |
| 4.2.3 | Salinitas..... | 38 |
| 4.2.4 | pH..... | 40 |
| 4.2.5 | Eh (Potensi Redoks)..... | 43 |
| 4.2.6 | Fraksi Sedimen..... | 45 |
| 4.3 | Konsentrasi Zn pada Sedimen dan Akar Berdasarkan Kedalaman | 47 |
| 4.3.1 | Logam Berat Zn pada Sedimen | 47 |
| 4.3.2 | Logam Berat Zn pada Akar..... | 50 |
| 4.4 | Perbedaan Konsentrasi Logam Berat Zn pada Sedimen dan Akar <i>Avicennia alba</i> | 52 |
| 4.5 | Korelasi Sedimen dengan Akar | 56 |
| 5. | PENUTUP | 59 |
| 5.1 | Kesimpulan | 59 |

| | | |
|-----|----------------------------|-----------|
| 5.2 | Saran | 59 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 60 |
| | LAMPIRAN..... | 66 |



DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian..... | 22 |
| Gambar 2. Peta Stasiun Penelitian..... | 23 |
| Gambar 3. Stasiun 1..... | 24 |
| Gambar 4. Stasiun 2..... | 24 |
| Gambar 5. Stasiun 3..... | 25 |
| Gambar 6. Skema Penelitian..... | 26 |
| Gambar 7. Pengambilan Sampel Sedimen dan Akar Avicennia alba..... | 29 |
| Gambar 8. Hasil Pengukuran Suhu di Muara Sungai Porong..... | 35 |
| Gambar 9. Hasil Pengukuran DO di Muara Sungai Porong..... | 37 |
| Gambar 10. Hasil Pengukuran Salinitas di Muara Sungai Porong..... | 39 |
| Gambar 11. Hasil Pengukuran pH di Muara Sungai Porong..... | 40 |
| Gambar 12. Hasil Pengukuran pH Sedimen di Muara Sungai Porong..... | 42 |
| Gambar 13. Hasil Pengukuran Eh di Muara Sungai Porong..... | 44 |
| Gambar 14. Hasil Fraksi Sedimen..... | 46 |
| Gambar 15. Hasil Pengukuran Zn pada Sedimen dengan Kedalaman Berbeda..... | 48 |
| Gambar 16. Hasil Pengukuran Zn pada Akar dengan Kedalaman Berbeda..... | 51 |



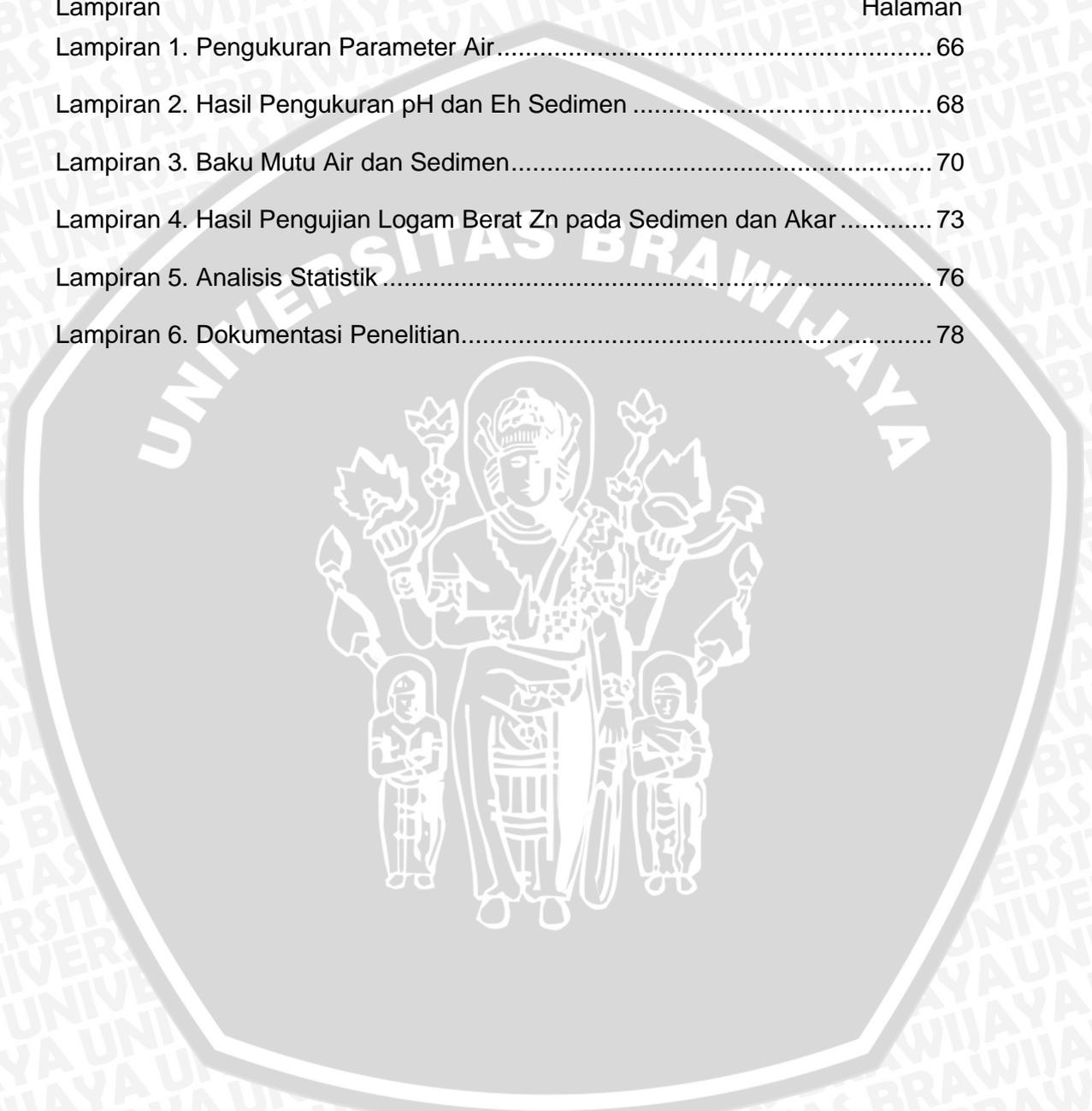
DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 1. Stasiun Penelitian | 23 |
| Tabel 2. Alat dan Fungsinya | 27 |
| Tabel 3. Bahan dan Fungsinya | 28 |
| Tabel 4. Metode Pengukuran Kualitas Air | 31 |
| Tabel 5. Metode Pengukuran Eh dan pH tanah | 31 |
| Tabel 6. Konsentrasi Zn pada Sedimen dan Akar <i>A. alba</i> dengan Kedalaman Berbeda | 52 |
| Tabel 7. Hasil Uji ANOVA Konsentrasi Zn pada Sedimen dengan Kedalaman Berbeda | 54 |
| Tabel 8. Hasil Uji ANOVA Konsentrasi Zn pada Akar dengan Kedalaman Berbeda | 55 |
| Tabel 9. Uji Korelasi Konsentrasi Zn pada Sedimen dan Akar dengan Kedalaman Berbeda | 56 |
| Tabel 10. Korelasi Sedimen dan Akar | 58 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Pengukuran Parameter Air..... | 66 |
| Lampiran 2. Hasil Pengukuran pH dan Eh Sedimen | 68 |
| Lampiran 3. Baku Mutu Air dan Sedimen..... | 70 |
| Lampiran 4. Hasil Pengujian Logam Berat Zn pada Sedimen dan Akar | 73 |
| Lampiran 5. Analisis Statistik | 76 |
| Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian..... | 78 |



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan pesisir merupakan salah satu wilayah yang perlu diperhatikan karena kawasan ini merupakan wilayah yang menjadi pintu masuk dan keluarnya berbagai macam bahan pencemar yang berasal baik dari laut maupun dari darat. Kondisi suatu wilayah pesisir erat kaitannya dengan sistem suatu sungai yang bermuara di wilayah itu. Oleh karena itu, wilayah pesisir secara alami merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari aliran sungai. Pesisir Sidoarjo secara umum dialiri sejumlah sungai seperti salah satunya adalah Sungai Porong.

Muara Sungai Porong merupakan perairan yang sangat dipengaruhi oleh adanya aktivitas manusia. Muara Sungai Porong termasuk dalam ekosistem pesisir yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai jenis kegiatan ekonomi seperti kegiatan industri, pemukiman, pertanian, dan tambak (Putri dkk, 2014). Adanya aktivitas manusia tersebut dapat meningkatkan masukan limbah salah satunya limbah logam berat yang ikut terbawa melalui aliran sungai. Limbah logam berat yang terbawa oleh aliran sungai akan mengendap di sedimen dalam jangka waktu yang lama dan menyebabkan logam berat tersebut terakumulasi di dalam sedimen dan dalam tubuh mahluk hidup melalui beberapa jalan yaitu melalui saluran pernafasan, saluran makanan, dan melalui kulit (Palar, 2004).

Salah satu logam berat yang membahayakan ekosistem perairan jika jumlahnya melebihi ambang batas adalah Zn. Pada konsentrasi yang tinggi logam berat Zn dapat bersifat racun bagi mikroorganisme. Kadar Zn sebesar 0,015 ppm dapat menurunkan aktivitas fotosintesa tumbuhan perairan dan konsentrasi 0,02 ppm dapat menurunkan proses pertumbuhan fitoplankton (Clark, 1986 dalam Amien, 2007). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Dianto

(2014), Zn ditemukan pada sedimen di Muara Sungai Porong sebanyak 5-11 mg/l. Kandungan logam berat Zn pada sedimen di Muara Sungai Porong lebih tinggi daripada kandungan logam berat lainnya.

Menurut Amien (2007) sumber logam berat Zn terbagi dua yaitu: (1) secara alami dapat berasal dari batu dan lumpur lahar, (2) berasal dari aktivitas manusia seperti: proses produksi elektroda, baterai kimia, dan juga dalam air buangan penambangan logam berat serta industri baja besi. Adanya sisa buangan lumpur dari PT. Lapindo di sekitar Sungai Porong diduga mengandung logam berat Zn. Menurut Badan Geologi (2012) Lumpur Lapindo memiliki kandungan unsur-unsur utama yaitu SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, TiO₂, P₂O₅, SO₃, MnO, H₂O, NaO, K₂O dan HD. Selain unsur utama tersebut, lumpur lapindo juga mengandung beberapa logam diantaranya Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Cd, Cr, Hg, As, Sb, Se. Sisa buangan lumpur lapindo yang dibuang melalui Sungai Porong akan terbawa sampai ke muara sungai dan mengendap pada sedimen. Adanya pengendapan logam berat pada sedimen dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan akumulasi dan kemudian akan terserap oleh mangrove melalui akarnya.

Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat berfungsi untuk menyerap bahan-bahan organik dan non organik sehingga dapat dijadikan bioindikator adanya pencemaran logam berat. Melalui akarnya, mangrove dapat menyerap logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air (Makmur dkk, 2013). Menurut Kartikasari (2002) tumbuhan mangrove mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat di bagian akar karena akar menyerap nutrien langsung dari sedimen. Perbedaan jenis akar pada tanaman mangrove diduga akan mempengaruhi daya akumulasinya. Hal ini diperkuat dari hasil penelitian yang dilakukan Handayani (2006) yang menyatakan bahwa kandungan Zn pada akar mangrove jenis *Avicennia* (api-api) lebih tinggi daripada

kandungan Zn pada akar mangrove jenis *Rhizophora*. Dimana kandungan Zn pada akar nafas mangrove jenis *avicennia* ditemukan sebanyak 21,143 ppm, sementara kandungan Zn pada mangrove *Rhizophora* yang memiliki jenis akar tunjang ditemukan sebanyak 19,546 ppm.

Salah satu spesies yang memiliki akar nafas adalah *Avicennia alba* (Nirmal *et al.*, 2011). Dimana akar nafas merupakan cabang-cabang akar yang tumbuh tegak lurus ke atas hingga muncul dari permukaan sedimen atau tanah. Akar nafas memiliki banyak celah untuk masuknya udara saat bernafas. Biasanya tumbuhan yang memiliki akar nafas hidup di tempat yang kekurangan oksigen. Menurut Kamaruzzaman (2011) akumulasi logam berat pada akar nafas diperkirakan masuk melalui translokasi udara yang diserap melalui lentisel pada bagian akar di bawah tanah. Diduga, kemungkinan daya mengakumulasi logam berat pada akar nafas lebih tinggi dibandingkan dengan jenis akar yang lain.

Selain jenis akar, sedimen juga mempengaruhi daya akumulasi logam berat. Sedimen permukaan akan banyak mengakumulasi logam berat dibandingkan dengan sedimen di dasar (Siaka, 2008). Sedimen dan akar mangrove dengan kedalaman 10, 20, dan 30 cm diduga memiliki daya akumulasi yang berbeda juga. Pemilihan kedalaman 10, 20, dan 30 cm dapat diasumsikan kedalaman 10 cm sebagai sedimen permukaan, kedalaman 20 cm sebagai sedimen pada lapisan tengah, dan sedimen pada kedalaman 30 cm sebagai sedimen pada lapisan bawah (dasar). Penelitian ini fokus pada akumulasi Zn pada sedimen dan akar *A. alba*. Penelitian ini dilakukan, mengingat minimnya informasi mengenai korelasi antara konsentrasi Zn di sedimen dan akar mangrove *A. alba* dengan kedalaman yang berbeda khususnya di Muara Sungai Porong.

1.2 Rumusan Masalah

Muara Sungai Porong merupakan perairan yang masih terkena pengaruh aktivitas manusia. Adanya sisa buangan lumpur dari PT. Lapindo di sekitar Sungai Porong diduga mengandung logam berat Zn. Sisa buangan lumpur Lapindo akan terbawa sampai ke muara sungai dan mengendap di sedimen. Menurut Nirmal (2011) logam berat yang mengendap pada sedimen dalam jangka waktu yang lama akan terakumulasi dan kemudian akan terserap oleh akar mangrove. Jenis spesies mangrove yang mendominasi di sekitar muara Sungai Porong adalah mangrove jenis *Avicennia* (Hiralal, 2008). Selain mendominasi di sekitar Muara Sungai Porong, *Avicennia alba* juga memiliki akar nafas, dimana menurut Kamaruzzaman (2011) akar nafas memiliki daya serap yang tinggi dalam mengakumulasi logam berat. Sedimen dan akar mangrove dengan kedalaman yang berbeda diduga memiliki daya akumulasi yang berbeda juga. Dari uraian diatas, didapat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Adakah perbedaan konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar mangrove *A. alba* yang diperoleh dari kedalaman yang berbeda?
2. Apakah terdapat pengaruh kedalaman sedimen dan akar *A. alba* terhadap akumulasi logam berat Zn?
3. Bagaimana korelasi logam berat di akar mangrove *A. alba* dan di sedimen dengan kedalaman yang berbeda?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui perbedaan konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar mangrove *A. alba* yang diperoleh dari kedalaman yang berbeda

2. Mengetahui pengaruh kedalaman sedimen dan akar *A. alba* terhadap akumulasi logam berat Zn
3. Mengetahui korelasi logam berat di akar mangrove *A. alba* dan di sedimen dengan kedalaman yang berbeda

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah

1. Memberikan informasi mengenai konsentrasi logam berat pada sedimen di muara Sungai Porong akibat aktivitas manusia.
2. Sebagai bahan informasi mengenai tingkat pencemaran logam berat di sekitar muara Sungai Porong.
3. Sebagai bahan masukan bagi pihak yang berkepentingan di muara Sungai Porong, terutama untuk memantau, memelihara, serta memanfaatkan mangrove sebagai alternatif untuk mengurangi limbah Zn.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2015 di Muara Sungai Porong Kecamatan Jabon Kabupaten Sidoarjo. Pengujian sampel dilaksanakan di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Menurut Palar (2004) Pencemaran logam berat dapat merusak lingkungan perairan dalam hal stabilitas, keanekaragaman, dan kedewasaan ekosistem. Dari aspek ekologis, kerusakan ekosistem perairan akibat pencemaran logam berat dapat ditentukan oleh faktor kadar dan kesinambungan zat pencemar yang masuk dalam perairan, sifat toksisitas, dan bioakumulasi. Pencemaran logam berat akan menyebabkan terjadinya perubahan struktur komunitas perairan, rantai makanan, efek fisiologi, genetik, dan resistensi. Pada limbah industri seringkali terdapat bahan pencemar yang sangat membahayakan seperti logam berat. Air limbah industri umumnya mengandung unsur logam berat beracun seperti Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, dan Ni. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mencemari perairan. Selain mencemari perairan, logam berat juga akan mengendap pada sedimen yang mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun dan logam berat juga akan terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan yaitu; melalui saluran pernafasan, saluran makanan, dan melalui kulit.

Setiap spesies organisme perairan mempunyai daya toleransi yang berbeda-beda terhadap kondisi perubahan lingkungan. Tinggi rendahnya kadar pencemaran logam berat akan mengakibatkan terjadinya perubahan struktur komunitas organisme suatu perairan dan logam berat yang terkandung dalam sedimen akan diserap oleh makrozoobentos, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, makrozoobentos menyerap logam berat lewat tubuhnya dan secara tidak langsung, makrozoobentos menyerap logam melalui

makanan yang terakumulasi logam berat. Logam berat termasuk sebagai zat pencemar karena sifatnya tidak dapat diuraikan secara biologis, sehingga dapat tersebar jauh dari tempatnya bersumber dan kadar logam berat akan mengalami pengenceran, apabila semakin jauh terbawa oleh aliran air, sehingga konsentrasi logam berat semakin jauh dari limbah pembuangannya akan semakin rendah kadar logam beratnya (Darmono, 2001).

2.2 Pencemaran Logam Berat Zn

Seng (Zn) termasuk dalam kelompok logam berat. Seng (Zn) mempunyai nomor atom 30, berat atom 65,37 dan seng memiliki valensi +2. Titik cair Zn berada pada suhu 419,6°C dan titik leburnya pada suhu 906°C. Logam berat Zn merupakan suatu logam berat putih keperakan dan dapat larut dalam air. Sumber logam berat Zn terbagi dua yaitu: (1) secara alamiah dapat berasal dari batu dan lumpur lahar, (2) berasal dari aktivitas manusia seperti: proses produksi elektroda, baterai kimia, dan juga dalam air buangan penambangan logam berat serta industri baja besi. Logam berat seng dimanfaatkan dalam produksi cat, bahan keramik, gelas, lampu dan pestisida (Sanusi, 2006)

Menurut Hardjojo dan Djokosetiyanto (2005) Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri alloy, keramik, kosmetik, pigmen dan karet. Pada dasarnya Zn bukanlah unsur radioaktif sehingga unsur tersebut pada konsentrasi rendah memiliki fungsi secara biologis. Zn dibutuhkan untuk proses metabolisme dalam tubuh, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Bagi mikroorganisme termasuk mikroalga, Zn berfungsi sebagai penstabil struktur dari protein, reaksi redoks dan hidrolisis serta menjadi pemicu suatu rangkaian proses. Pada konsentrasi yang tinggi logam berat Zn dapat bersifat racun bagi mikroorganisme. Kadar Zn sebesar 0,015 ppm dapat menurunkan aktivitas

fotosintesa tumbuhan perairan dan konsentrasi 0,02 ppm dapat menurunkan proses pertumbuhan fitoplankton.

2.3 Ekosistem Mangrove

Menurut Hiraral (2008) ekosistem mangrove merupakan suatu ekosistem yang terdiri dari lingkungan biotik dan lingkungan abiotik yang saling berinteraksi. Mangrove merupakan hutan atau kumpulan tanaman yang meliputi pohon jenis tropik, semak atau palem dimana tanaman tersebut berada di darat dekat pantai. Menurut Handayani (2006) tumbuhan mangrove secara umum merupakan tumbuhan yang hidup pada lingkungan muara dan tepi pantai, karena muara sungai dan tepi pantai merupakan tempat penumpukan sedimen yang berasal dari sungai. Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terbawa di dalam sedimen sebagai sumber hara yang dibutuhkan untuk melakukan proses-proses metabolisme.

Tumbuhan mangrove mempunyai kecenderungan untuk mengakumulasi logam-logam berat yang terdapat dalam ekosistem tempat mangrove tersebut hidup. Kemampuan akumulasi logam berat tersebut berbeda untuk setiap spesies. Spesies tanaman yang berbeda mempunyai kapasitas akumulasi yang berbeda juga. Selain kemampuan untuk mengakumulasi logam berat berbeda untuk setiap spesies, konsentrasi logam berat antar organ tumbuhan seperti akar, batang, dan daun juga berbeda dalam satu spesies. Perbedaan konsentrasi logam berat pada organ tumbuhan tertentu berkaitan dengan proses fisiologi tumbuhan tersebut (Kartikasari, 2002)



2.3.1 Adaptasi Tanaman Mangrove

Agar dapat hidup pada daerah yang ekstrim, tanaman mangrove memiliki cara adaptasi terhadap sifat-sifat lingkungannya. Milantara (2006) menjelaskan bahwa tumbuhan mangrove memiliki beberapa perbedaan bagian tubuh dibandingkan dengan tumbuhan lainnya. Berikut cara adaptasi mangrove terhadap lingkungannya :

a. Adaptasi Mangrove Terhadap Kadar Oksigen yang Rendah

Marga *Rhizophora* mengatasi kebutuhan oksigen melalui pengembangan akar tunjang (*stilt root*) yang berkembang mulai dari atas tanah, tidak jarang dari ketinggian sampai lebih dari dua meter. Akar ini mempunyai banyak pori-pori atau lentisel yang berfungsi sebagai pintu-pintu pertukaran gas. Selain itu akar tunjang juga dilapisi sel lilin yang dapat dilewati oksigen tapi tidak tembus air. Untuk mangrove jenis *Avicennia* dan *Sonneratia* mengatasi kekurangan oksigen dengan memiliki bentuk akar nafas yang berpangkal dari bagian akar kabel dibawah tanah dan tumbuh mencuat sampai 20-30 cm di atas substrat (Murdiyanto, 2004). Mangrove jenis ini, memiliki struktur anatomi yang khusus pada akar, yaitu memiliki jaringan aerenkim pada akar yang berada dibawah permukaan air (bagian akar yang terendam lumpur) (Rodtassana dan Pongparn 2012)

Milantara (2006) juga menjelaskan, bahwa sistem perakaran berupa akar nafas, mempunyai pneumatofora dan lentisel. Selain itu dengan bentuk akar yang sangat ekstensif dan membentuk jaringan horizontal yang lebar dapat membuat tumbuhan-tumbuhan mangrove bertahan pada tanah yang labil. Sedangkan mangrove jenis *Bruguiera* memiliki bentuk akar lutut dan *Xylocarpus* dilengkapi dengan akar papan yang juga berfungsi sebagai pertukaran gas bagi jaringan akar bawah.

b. Adaptasi Mangrove Terhadap Kadar Garam

Selain lingkungan yang anaerob, tanaman mangrove juga memiliki kemampuan dalam beradaptasi terhadap kondisi perairan dengan kadar garam yang tinggi. Murdiyanto (2004) menerangkan bahwa tumbuhan mangrove dalam mengatasi masalah tingginya kadar garam di laut ada 2 cara. Pada mangrove jenis *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Sonneratia* kandungan garam mulai disaring sebelum memasuki jaringan tumbuhan yang bersangkutan. Maka cairan batangnya mempunyai kadar garam yang relatif rendah yaitu 1/1000 dari konsentrasi air laut. Meskipun demikian, kadar garam cairan mangrove diatas masih 10 kali lebih pekat dari cairan tumbuhan non-mangrove. Berbeda halnya dengan *Avicennia* yang mampu mengeluarkan garam melalui alat khusus yang disebut kelenjar gama (*salt gland*). Alat-alat ini terdapat di permukaan daun, kemudian terlepas dari daun. Cairan batang tumbuhan mangrove tipe ini mengandung kadar garam relatif tinggi yaitu 10% dari kadar garam air laut. Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan Milantara (2006), bahwa daun mangrove memiliki kelenjar garam karena dalam daun tersebut terdapat sel-sel khusus yang berfungsi untuk menyimpan garam. Daun yang cukup tebal serta kuat banyak mengandung air untuk keseimbangan garam. Daun tumbuhan mangrove juga memiliki stomata khusus untuk mengurangi penguapan.

Dalam penjelasan Bengen dan Dutton (2004), adaptasi tanaman mangrove terhadap kadar garam yang tinggi mempunyai tiga cara yaitu :

1. Sekresi garam (*salt extrusion_salt sekresion*). Mangrove menyerap air dengan kadar garam tinggi, kemudian mengekskresikan garam dengan kelenjar garam yang terdapat pada daun. Mekanisme ini biasanya dilakukan oleh *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora* (melalui unsur-unsur gabus pada daun)

2. Mencegah masuknya garam (Salt exclusion). Mangrove menyerap air tetapi mencegah masuknya garam melalui saringan/ultrafilter yang terdapat pada akar. Mekanisme ini dilakukan oleh *Rhizophora*, *Avicennia*, *Sonneratia*, dan *Bruguiera*.

3. Akumulasi garam (*salt accumulation*). Mangrove sering menyimpan natrium dan florida pada bagian kulit kayu, akar, dan daun yang sudah tua. Daun menyimpan garam umumnya sukulen dan pengguguran daun sukulen ini diperkirakan merupakan mekanisme pengeluaran kelebihan garam yang dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan buah. Mekanisme ini dilakukan oleh *Avicennia*, *Sonneratia*, dan *Rhizophora*

2.4 *Avicennia alba*

2.4.1 Morfologi *A.alba*

Avicennia alba merupakan tumbuhan pioner yang biasanya mendominasi di daerah terbuka seperti tepi sungai atau daerah berlumpur. Dimana daerah tersebut merupakan daerah yang sangat mendukung bagi pertumbuhan tanaman mangrove, sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi hubungan geomorfologi dengan erosi pantai. *Avicennia alba* telah dimasukkan kedalam suku tersendiri yaitu *Avicenniaceae* setelah sebelumnya dimasukkan kedalam suku *Verbenaceae* lainnya (Mulyadi *et all.*, 2009). *Avicennia sp* memiliki sistem perakaran yang unik dan berfungsi sebagai habitat organisme yang hidup di daerah mangrove. Selain itu akar *Avicennia* juga berfungsi sebagai *nursery ground* untuk juvenile-juvenil ikan dan uang. Oleh karena itu, *Avicennia alba* mempunyai peran penting baik secara langsung maupun tidak langsung dari segi sosial ekonomi. *Avicennia alba* juga dapat dijadikan mitigasi erosi dan stabilisasi untuk bentang alam pesisir yang berdekatan.



Selain memiliki fungsi sebagai *nursery ground*, secara umum, hasil penelitian menunjukkan bahwa mangrove jenis *Avicennia* mempunyai kemampuan tertinggi dalam mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya dibandingkan dengan jenis *Sonneratia* dan *Rhizophora*. Mangrove jenis *Avicennia* mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan mangrove jenis *Sonneratia* dan *Rhizophora*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh letak atau posisi tempat tumbuh *Avicennia* yang berada pada zona yang terdepan sehingga merupakan jenis mangrove yang mendapat masukan zat pencemar yang pertama secara langsung, baik yang berasal dari sedimen maupun kolom air. Hal tersebut mengakibatkan *Avicennia* terlebih dahulu mengakumulasi logam berat yang diterima oleh mangrove di perairan. *Rhizophora* yang zona tumbuhnya terletak di belakang *Avicennia* mendapat masukan logam berat hasil dari penyaringan *Avicennia* sehingga konsentrasi logam berat pada sedimen dan kolom airnya telah berkurang. Demikian juga dengan *Sonneratia* yang posisi tumbuhnya di belakang *Rhizophora* akan mendapatkan masukan logam berat yang paling kecil karena telah disaring oleh jenis *Avicennia* dan *Rhizophora* (Hamzah, 2010).

2.4.2 Akar Mangrove *A.alba*

Distribusi unsur-unsur hara dan garam-garam mineral tidak sama di setiap bagian tumbuhan. Tumbuhan mangrove mampu mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat di bagian akar. Namun, demikian faktor lain seperti mobilitas dan kelarutan logam juga berpengaruh terhadap akumulasi logam berat dalam tumbuhan (Kartikasari, 2002).

Menurut Hardiani (2009) selain menyerap logam berat pada sedimen, jaringan akar mangrove juga menyerap zat pencemar lain yang terdapat pada

kolom air. Hal ini disebabkan karena jaringan akar mangrove selalu terendam air pada saat air pasang. Secara umum tumbuhan melakukan penyerapan oleh jaringan akar, baik yang berasal dari sedimen maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu.

Secara keseluruhan, akumulasi logam berat pada jaringan tumbuhan mangrove yang terbesar pada jaringan akar karena jaringan akar merupakan bagian tumbuhan yang mengalami kontak langsung dengan sedimen yang tercemar, kemudian ditranslokasikan ke bagian lain. Kandungan suatu logam berat di dalam sedimen sangat berpengaruh terhadap kandungan logam berat tersebut di dalam tubuh tumbuhan (Kusumastuti, 2009).

2.4.3 Avicennia alba sebagai Biomonitoring Pencemaran dan Penyerapan Logam Berat

Selain dapat berfungsi secara ekologis dan ekonomis, mangrove juga dapat berfungsi sebagai biomonitoring lingkungan (air dan sedimen) yang terakumulasi oleh zat kimia sehingga dapat diketahui status polusi logam berat di lingkungan tersebut (Gupta dan Singh, 2010). Pengertian biomonitoring itu sendiri berasal dari *Biological Monitoring* yaitu upaya melakukan pemantauan kualitas lingkungan dengan menggunakan organisme yang hidup di dalam ekosistem itu sebagai indikator. Organisme yang hidup di dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator dalam menentukan kesehatan ekosistem perairan, karena setiap ancaman terhadap ekosistem perairan, secara tidak langsung akan mempengaruhi organisme yang hidup di dalam ekosistem itu sendiri khususnya *A.alba* (Hedianto *et al.*, 2003).

Fungsi lain dari tumbuhan mangrove dalam mengurangi pencemaran adalah kapasitasnya sebagai pendukung kehidupan mikroorganisme pengurai limbah. Banyaknya organisme mikro yang hidup dalam lahan basah akan meningkatkan degradasi limbah (terutama limbah organik) secara menyeluruh, dikarenakan organisme mikro tersebut mampu mencerna bahan pencemar untuk memperoleh energi (Kusumastuti *et al.*, 2011). Apabila ada suatu bahan buangan tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme, maka buangan tersebut akan dapat mengalami biomagnifikasi melalui organisme yang ada di alam ini. Biomagnifikasi mengacu pada peningkatan konsentrasi polutan ketika mereka bergerak dari satu tingkat trofik ke tingkat trofik berikutnya. Contoh dari biomagnifikasi adalah ketika ikan kecil memakan organisme mikroskopis yang terkontaminasi, dan ikan besar memakan ikan kecil. Jadi, pertama, polutan ditransfer dari organisme mikroskopis ke ikan kecil yang memakannya, dan kemudian ke ikan besar yang memakan ikan-ikan kecil.

Arisandi (1996) dalam Mulyadi *et al.* (2009) melaporkan bahwa ekosistem mangrove di Pantai Timur Surabaya berpotensi sebagai bioakumulator logam berat. Hal ini didukung penelitian Sari *et al.* (2013) yang mendapatkan bahwa *Avicennia alba* mampu menyerap logam berat Pb, dengan konsentrasi logam di bagian akar yaitu sebesar 8 kali lebih besar daripada di daun. Adanya kontak langsung antara sedimen dan akar mangrove menyebabkan bagian akar lebih banyak mengakumulasi logam berat daripada bagian tubuh mangrove lainnya.

2.5 Kemampuan *Avicennia alba* dalam Mengurangi Kadar Logam Berat pada Tubuhnya

Menurut Mukhtasar (2007) mangrove api-api (*Avicennia alba*) dapat digunakan sebagai monitoring biologis lingkungan yang tercemar logam berat

terutama logam berat Cu, Pb, dan Zn melalui monitoring berkala. Mekanisme yang terjadi pada *Avicennia alba* untuk mengurangi toksisitas logam berat dengan menyimpan banyak air, sehingga dapat mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya.

Berdasarkan penelitian Mulyadi *et al.* (2009) diduga pohon api-api (*Avicennia alba*) memiliki upaya penanggulangan toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran atau dilusi. Dengan melakukan dilusi, *A. alba* akan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam berat tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (suksesi).

2.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove

Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami berbagai proses sebagai respon tumbuhan untuk menanggulangi materi toksis di dalam tubuhnya. Mekanisme penanggulangan yang mungkin terjadi adalah lokalisasi ekskresi, dilusi untuk melemahkan efek toksik logam berat melalui pengenceran dan inaktivasi secara kimia (Handayani, 2006). Proses absorpsi racun, termasuk unsur logam berat menurut Soemirat (2003) dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan yaitu : (1) akar, terutama untuk zat organik dan zat hidrofilik; (2) daun bagi zat yang lipofilik; dan (3) stomata untuk memasukkan gas. Adapun proses absorpsinya sendiri terjadi juga pada hewan dengan berbagai mekanisme difusi, hanya saja istilah yang digunakan berbeda yaitu translokasi. Transport ini terjadi dari sel-sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tumbuhan. Difusi katalis terjadi dengan ikatan benang sitoplasma yang disebut

plasmadesmata. Misalnya transport zat hara dari akar ke daun, dan sebaliknya transport makanan dari daun ke akar. Namun pada tanaman menunjukkan beberapa pola penyerapan dalam merespon logam berat (Nazli dan Hasmin, 2014).

Mangrove secara aktif menghindari masukan logam berat yang berlebihan dan berfungsi sebagai penyaring secara alami melalui organ akar (Kammaruzaman *et al.*, 2011). Kemudian dibawa ke jaringan lainnya dan pada proses ini bisa membatasi masuknya udara kedalam jaringan tersebut. Jika logam berat memasuki jaringan tersebut, terdapat mekanisme pelepasan senyawa kelat, yang disebut Fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan suatu protein dan glukosida yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun, dan bagian lainnya. Sedangkan ekskresinya terjadi melalui transpirasi (Arief, 2003).

2.7 Parameter yang Mempengaruhi Akumulasi Zn pada Akar Mangrove

2.7.1 Suhu

Suhu air laut merupakan parameter yang sering diukur mengingat kegunaannya dalam mempelajari proses fisika, kimia dan biologi laut. Selain itu juga suhu dimanfaatkan dalam mempelajari polutan yang masuk ke lingkungan laut (Effendi, 2003). Namminga *et al.* (1977) dalam Siaka (2008) menemukan bahwa konsentrasi logam berat dalam sedimen pada umumnya lebih besar pada musim panas daripada musim dingin. Temperatur yang tinggi pada musim panas mungkin menghasilkan peningkatan pada aktivitas mikrobial dalam sedimen yang nantinya akan menghasilkan peningkatan akumulasi terhadap logam berat.

Suhu merupakan parameter penting yang berpengaruh dalam proses fisiologi seperti proses fotosintesis dan proses respirasi. Pertumbuhan mangrove

yang baik memerlukan suhu rata-rata minimal lebih besar dari 20°C dan perbedaan suhu musiman tidak melebihi 5°C kecuali di Afrika Timur dimana perbedaan suhu musiman bisa mencapai 10°C. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan beberapa jenis tumbuhan mangrove seperti *Avicennia marina* yang tumbuh dengan baik pada suhu 18-20°C, *Rhizophora stylosa*, *Ceriops spp*, *Excoecaria agallocha* dan *Lumnitsera racemosa* dapat tumbuh dengan baik pada suhu (26-28°C), suhu optimum *Bruguiera spp* untuk dapat tumbuh dengan baik pada suhu 27°C, *Xylocarpus spp* dapat tumbuh dengan baik pada suhu (21°C-26°C) dan spesies *Xgranatum* tumbuh dengan baik pada suhu 28°C (Irawan *et al.*, 2009).

2.7.2 Salinitas

Menurut Irawan *et al.* (2009), salinitas diartikan sebagai ukuran yang menggambarkan tingkat keasinan (NaCl) dari suatu perairan. Satuan salinitas dapat dinyatakan dalam bentuk promil (‰) atau satu per seribu. Misalnya 35 gr dalam 1 L air (1000 ml) maka salinitasnya adalah 35 ‰ atau dalam istilah lainnya disebut *Partical Salinity Unit*. Nilai salinitas untuk air tawar adalah 0‰, air payau (1‰-30‰), air laut diatas 30‰.

Menurut (Yani, 2003) semakin jauh dari daratan, maka salinitas air laut akan semakin meningkat. Tidak semua biota laut memiliki toleransi terhadap perubahan salinitas. Salah satu ekosistem yang tahan terhadap perubahan salinitas adalah mangrove. Peningkatan salinitas di perairan akan menyebabkan peningkatan toksisitas logam berat. Begitu juga sebaliknya.

2.7.3 pH

2.7.3.1 pH Air

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat akan meningkat jika nilai pH rendah, begitu juga sebaliknya toksisitas logam berat menurun jika nilai pH tinggi. Pada pH tinggi logam akan mengalami pengendapan. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada pH <5, alkalinitasnya dapat mencapai nol. Nilai pH tinggi nilai alkalinitasnya juga tinggi dan nilai karbondioksida bebasnya rendah. Biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH. Biasanya biota akuatik menyukai pH 7-8,5. pH berpengaruh terhadap biokimia suatu perairan (Effendi, 2003).

Pada umumnya air laut mempunyai nilai pH lebih besar dari 7 yang cenderung bersifat basa, namun dalam kondisi tertentu nilainya dapat menjadi lebih rendah dari 7 sehingga menjadi bersifat asam. Derajat keasaman suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan. Nilai pH yang rendah dan tergolong asam akan memberi dampak bagi biota laut. Efek yang ditimbulkan jika pH air laut tergolong asam antara lain penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos, bertambahnya jenis algae hijau yang berfilamen, proses nitrifikasi terhambat, dan penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos. Perairan yang bersifat asam tergolong tidak sehat. Perairan yang menerima limbah organik dalam jumlah yang besar berpotensi memiliki tingkat keasaman yang tinggi (Irawan *et al.* 2009).

2.7.3.2 pH Tanah

Menurut Arief (2003) Keberadaan dan transport nutrien di kawasan mangrove dapat dipengaruhi oleh pH atau derajat keasaman tanah. Nilai pH di kawasan mangrove berbeda-beda, tergantung pada tingkat kerapatan vegetasi

yang tumbuh di kawasan mangrove tersebut. Jika kerapatan vegetasi rendah, nilai pH pada tanah akan menjadi tinggi. Menurut Ciyo, (2008) faktor fisik sedimen juga mempengaruhi nilai pH dimana semakin kecil ukuran butir sedimen, pH cenderung menjadi lebih rendah (asam), demikian juga sebaliknya. Menurut Juniawan (2012), sedimen di Muara Sungai Porong didominasi oleh *silt* (debu) and *clay* (liat), dimana *silt and clay* jika difraksinasi tidak dapat dipisahkan karena *silt and clay* memiliki ukuran partikel yang sangat kecil yaitu ukuran partikel debu adalah 0,0039-0,0625 dan ukuran partikel liat <0,0039.

Menurut Siaka (2008), pada umumnya, logam berat yang terdekomposisi pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup di perairan, akan tetapi oleh adanya pengaruh kondisi akuatik yang bersifat dinamis seperti perubahan pH, akan menyebabkan logam yang terendap dalam sedimen terionisasi ke perairan. Toksisitas logam berat akan meningkat jika nilai pH rendah, dan toksisitas logam berat menurun jika pH tinggi.

2.7.4 DO

Menurut Arief (2003), oksigen terlarut diperlukan dalam proses respirasi, fotosintesis, dan proses dekomposisi serasah daun mangrove. Oksigen terlarut memiliki konsentrasi yang bervariasi selama 24 jam. Biasanya, oksigen terlarut rendah ketika malam hari dan akan tinggi di siang hari. Kadar oksigen terlarut dipengaruhi oleh waktu, musim, kekayaan tumbuhan dan organisme akuatik mangrove.

Oksigen merupakan gas terlarut dalam perairan. Kadar oksigen terlarut dalam perairan bervariasi tergantung suhu, salinitas, turbulensi, dan tekanan atmosfer. Sebagian besar dipengaruhi oleh suhu dan ketinggian, sebagian kecil dipengaruhi oleh tekanan atmosfer. Sumber oksigen terlarut berasal dari difusi

oksigen yang terdapat di atmosfer. (sekitar 35 %) dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan dan fitoplankton. Difusi oksigen kedalam badan air dapat terjadi langsung pada kondisi air diam (Effendi, 2003)

Oksigen terlarut berbanding lurus dengan nilai pH suatu perairan. Rendahnya kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan akan menyebabkan pH perairan menjadi rendah. Begitu juga sebaliknya. Rendahnya DO dapat meningkatkan kadar toksisitas logam berat. Kandungan oksigen terlarut (DO) untuk biota dalam suatu perairan minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (*toksik*) (Salmin, 2005).

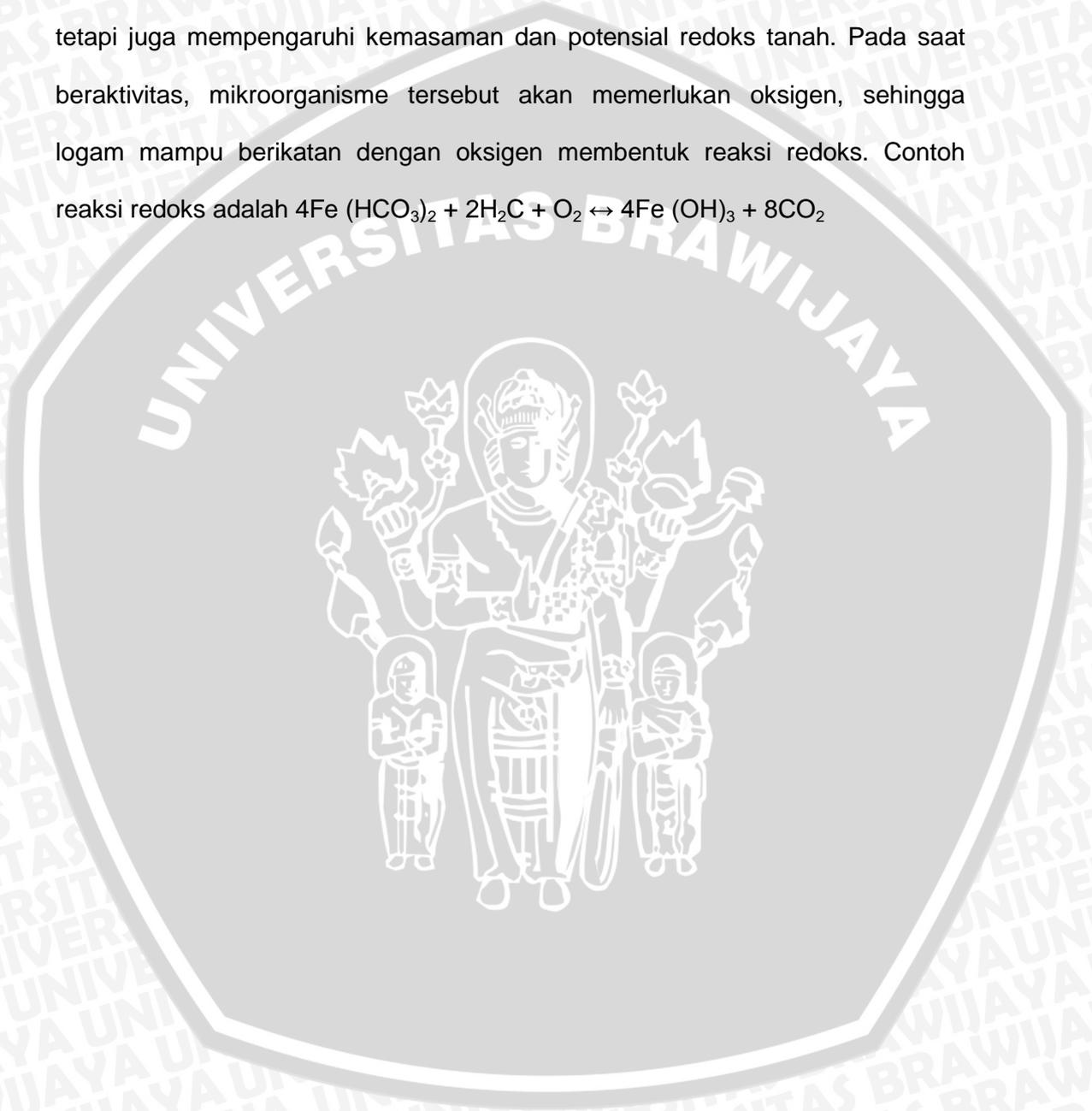
2.7.5 Eh

Tanah pada area mangrove yang tergenang akan mendorong perubahan elektrokimia yang mempengaruhi penyediaan dan pengambilan unsur hara. Perubahan sifat-sifat kimia dimaksud antara lain terjadinya perubahan potensial redoks (Eh) dan keasaman tanah (pH) tanah yang merupakan dua faktor utama yang saling berkaitan dalam mempengaruhi kelarutan dan ketersediaan hara dan transformasinya di dalam tanah (Cyio, 2008)

Kondisi reduksi dari suatu logam berat dalam tanah merupakan suatu parameter yang penting untuk diukur, karena secara drastis kondisi ini dapat mempengaruhi toksisitas, serapan, dan pergerakan logam berat. Kondisi reduksi-oksidasi dari logam berat tergantung juga pada ada tidaknya oksigen. Perubahan dalam potensial redoks (Eh) dibawah kondisi tereduksi menghasilkan endapan logam (Gupta dan Singh, 2010).

Oksidasi-reduksi merupakan reaksi pemindahan elektron dari donor elektron kepada aseptor elektron. Donor elektron akan teroksidasi karena pelepasan elektron, sedangkan aseptor elektron akan tereduksi karena

penambahan elektron. Proses ini berlangsung secara simultan, sehingga sering disebut sebagai reaksi redoks (Kyuma, 2004). Potensial redoks juga dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme tidak hanya mempengaruhi proses transformasi senyawa-senyawa organik dan anorganik, tetapi juga mempengaruhi kemasaman dan potensial redoks tanah. Pada saat beraktivitas, mikroorganisme tersebut akan memerlukan oksigen, sehingga logam mampu berikatan dengan oksigen membentuk reaksi redoks. Contoh reaksi redoks adalah $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{C} + \text{O}_2 \leftrightarrow 4\text{Fe}(\text{OH})_3 + 8\text{CO}_2$



3. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

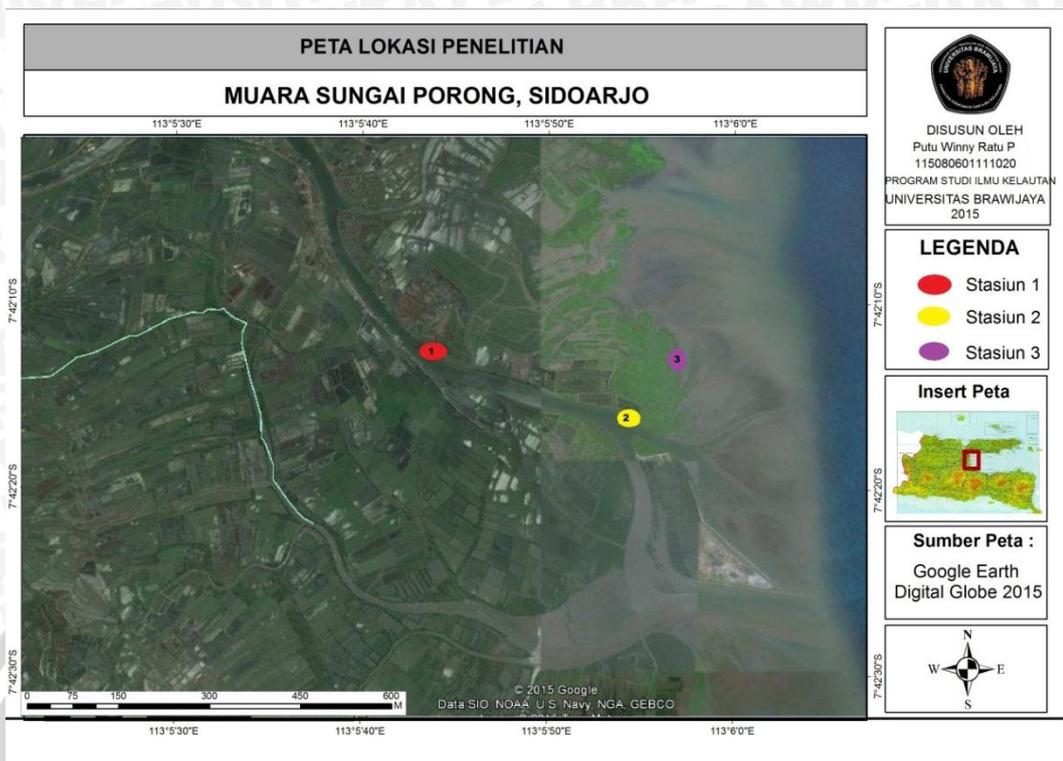
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan bulan Juli 2015. Penelitian ini dilaksanakan di Muara Sungai Porong, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Sampel yang diambil di Muara Sungai Porong, kemudian di analisis di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Penentuan Stasiun Penelitian

Stasiun penelitian ditentukan secara *purposive sampling*. Pada penelitian ini diambil 3 titik stasiun. Dimana dari ketiga titik stasiun penelitian yang diambil diharapkan dapat mewakili daerah hilir Sungai Porong, Muara Sungai Porong dan laut. Peta stasiun penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk titik koordinat dari masing-masing stasiun penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Peta Stasiun Penelitian

Tabel 1. Stasiun Penelitian

| No | Stasiun | Lokasi | Koordinat |
|----|-----------|---------------------|------------------------------------|
| 1 | Stasiun 1 | Hilir Sungai Porong | 7°33'36.46" LS 112°51'17.62" BT |
| 2 | Stasiun 2 | Muara Sungai Porong | 7°33'48.45" LS 112°52'09.87" BT |
| 3 | Stasiun 3 | Dekat Laut | 7°33'51.87" LS 112°52'41.35" BT |

3.2.1 Stasiun 1

Stasiun 1 merupakan hilir Sungai Porong yang membawa aliran air dari Sungai Porong menuju ke laut. Stasiun 1 memiliki titik koordinat 7°33'36.46" LS 112°51'17.62" BT. Stasiun ini dipilih untuk mewakili hilir Sungai Porong yang masih terkena pengaruh buangan limbah yang terbawa dari sungai. Keadaan

repository.ub.ac.id

stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 3. Pada stasiun ini, jenis mangrove yang mendominasi adalah *Avicennia alba*.



Gambar 3. Stasiun 1

3.2.2 Stasiun 2

Stasiun 2 terletak dekat dengan Pulau Sarina. Stasiun 2 memiliki titik koordinat $7^{\circ}33'48.45''$ LS $112^{\circ}52'09.87''$ BT. Stasiun ini dipilih untuk mewakili Muara Sungai Porong. Keadaan stasiun 2 dapat dilihat pada Gambar 4. Pada stasiun ini, jenis mangrove yang mendominasi adalah *Avicennia alba*.



Gambar 4. Stasiun 2

3.2.3 Stasiun 3

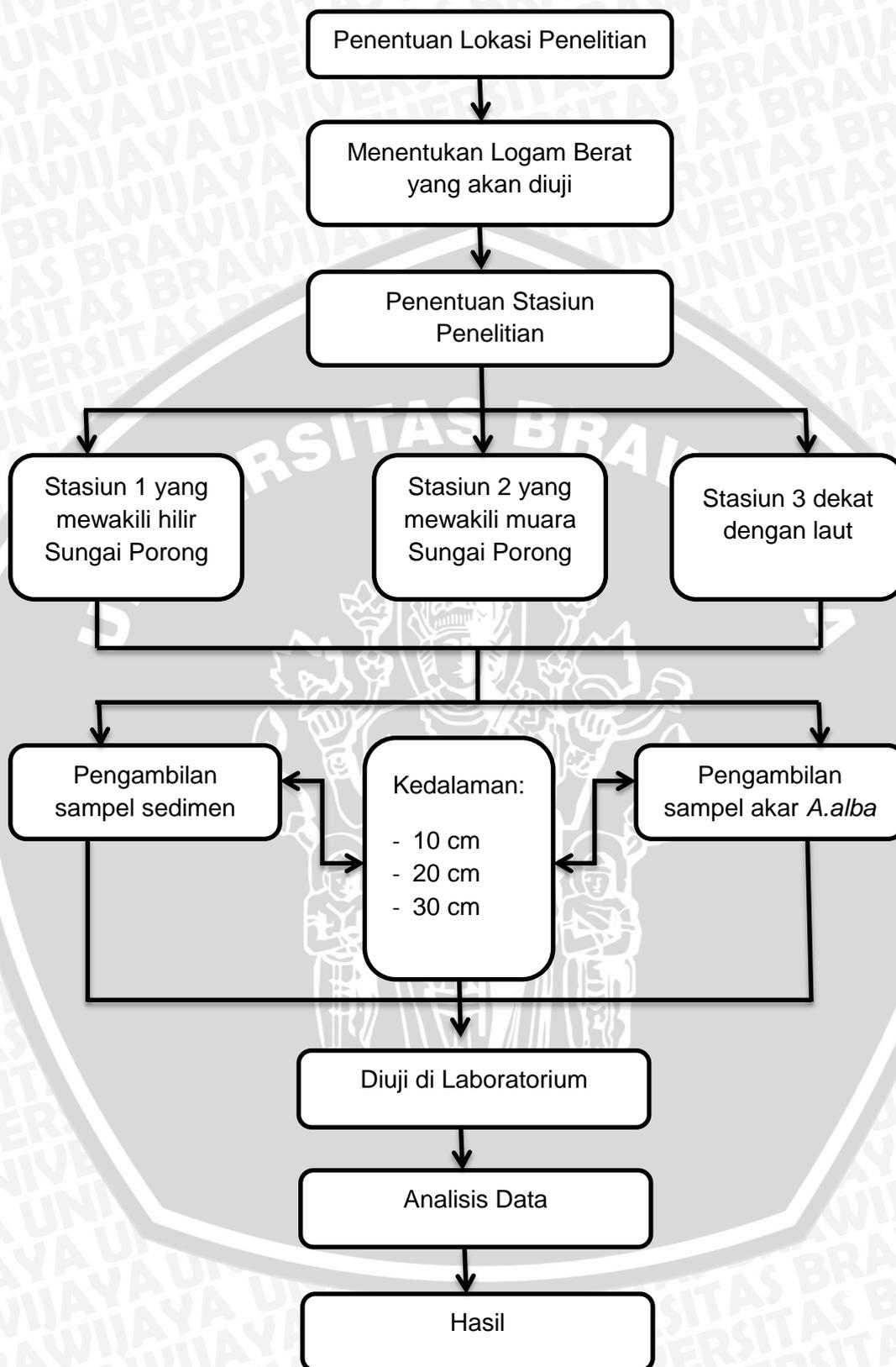
Stasiun 3 terletak sangat dekat dengan Laut. Stasiun 3 memiliki titik koordinat $7^{\circ}33'51.87''$ LS $112^{\circ}52'41.35''$ BT. Stasiun ini dipilih untuk dapat mewakili area yang mengarah ke laut lepas. Keadaan stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 5. Pada stasiun ini, jenis mangrove yang mendominasi adalah *Avicennia alba*.



Gambar 5. Stasiun 3

3.3 Skema Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan menentukan lokasi penelitian, kemudian menentukan logam berat yang akan diteliti, lalu menentukan stasiun penelitian, setelah itu turun lapang untuk mengambil sampel sedimen dan akar mangrove, dan segera diuji kadar logam berat pada masing-masing sedimen dan akar mangrove dengan kedalaman yang berbeda di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Adapun skema kerja dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Penelitian

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Pengukuran kualitas air dan pengambilan sampel sedimen dan akar mangrove spesies *A. alba* dengan kedalaman 10 cm, 20 cm, dan 30 cm digunakan alat seperti pada Tabel 2. Penggunaan alat yang sama pada stasiun yang berbeda, alat harus dibilas dengan aquades untuk meminimalisir kontaminasi. Pada penelitian ini, cangkul yang digunakan merupakan cangkul baru dan gunting berbahan *stainless steel* yang berbahan anti karat.

Tabel 2. Alat dan Fungsinya

| No | Nama Alat | Fungsi |
|----|-------------------------------|---|
| 1 | Cangkul | Menggali tanah untuk mempermudah mengambil pipa paralon saat ditancapkan kedalam sedimen. |
| 2 | Gunting | Memotong akar |
| 3 | Gergaji Paralon | Memotong pipa paralon |
| 4 | Penggaris | Mengukur kedalaman akar <i>A. alba</i> |
| 5 | Termometer (Dekko Lutron) | Mengukur suhu |
| 6 | pH meter (Atago Pocket) | Mengukur pH |
| 7 | Salinometer (Atago Pocket) | Mengukur salinitas |
| 8 | DO meter (YSI 550 A) | Mengukur DO |

3.4.2 Bahan

Pada pengukuran kualitas air dan pengambilan sampel sedimen dan akar mangrove spesies *Avicennia alba* dengan kedalaman 10 cm, 20 cm, dan 30 cm digunakan beberapa bahan. Bahan yang digunakan beserta fungsinya dapat dilihat pada Tabel 3.

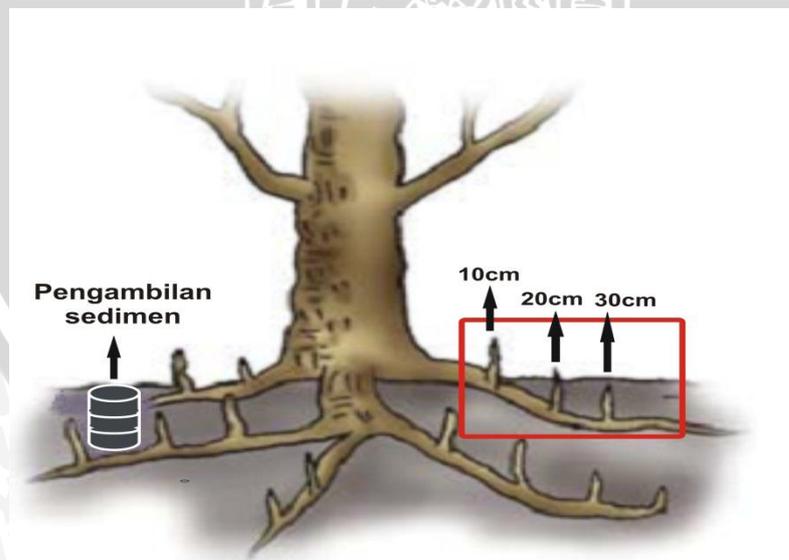
Tabel 3. Bahan dan Fungsinya

| No | Nama Bahan | Fungsi |
|----|--------------------|---|
| 1 | Kertas label | Menandai sampel |
| 2 | Plastik klip | Wadah Sampel |
| 3 | Pipa paralon 30 cm | Mengambil sampel sedimen pada kedalaman 30 cm |
| 4 | Sarung tangan | Melindungi tangan saat mengambil sampel |
| 5 | Spidol | Menandai paralon pada kedalaman 10, 20, dan 30 cm |
| 6 | Washing Bottle | Wadah aquades |
| 7 | Aquades | Mengkalibrasi alat yang digunakan |
| 8 | <i>Cool box</i> | Wadah penyimpanan sampel |
| 9 | Es Batu | Menjaga suhu sampel agar tetap dingin |
| 10 | <i>Tissue</i> | Mengeringkan alat |

3.5 Pengambilan Sampel Sedimen

Pada penelitian ini, pengambilan sampel sedimen pada kedalaman 10 cm, 20 cm, dan 30 cm mengacu pada penelitian Siaka (2008). Pengambilan sampel sedimen dengan menggunakan pipa paralon sepanjang 30 cm. Pengambilan sampel sedimen dilakukan sebanyak 2 kali sebagai ulangan. Pipa

paralon ditandai terlebih dahulu dengan kedalaman 10, 20 dan 30 cm dengan menggunakan sepidol. Pipa paralon yang sudah ditandai kemudian ditancapkan pada sedimen yang dekat dengan spesies mangrove *A. alba*. Setelah pipa paralon menceap sampai kedalaman 30 cm, kemudian sedimen disekitar paralon diambil dengan menggunakan cangkul untuk mempermudah mengambil pipa paralon. Setelah itu pipa paralon ditandai dengan kertas label dan kemudian dibawa ke dermaga untuk kemudian dipotong dengan menggunakan gergaji paralon. Setelah itu, paralon yang sudah dipotong, dipisahkan berdasarkan kedalamannya kemudian dimasukkan kedalam plastik klip dan diberi tanda menggunakan kertas label. Sampel yang sudah diambil segera diuji di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Pengambilan sampel sedimen dan akar *Avicennia alba* dapat dilihat pada Gambar 7. Pengujian logam berat pada sampel sedimen menggunakan metode pengukuran berat kering dimana sampel sedimen dikeringkan dengan oven sebelum diuji menggunakan AAS (Juniawan, 2012).



Gambar 7. Pengambilan Sampel Sedimen dan Akar *Avicennia alba*

3.6 Pengambilan sampel akar *A. alba*

Pada penelitian ini, syarat sampel mangrove yang diambil menurut Hamzah (2010) adalah mangrove yang memiliki tinggi 3-5 m, memiliki diameter batang 15-30 cm, memiliki diameter akar sebesar diameter pensil. Mangrove dengan ciri-ciri tersebut diduga sudah hidup selama lebih dari 2 tahun, sehingga mampu mengakumulasi logam berat lebih banyak. Sampel akar mangrove dengan spesies *A. alba* diambil dengan cara memilih akar mangrove yang berdekatan dengan sedimen yang diambil. Akar mangrove yang diambil sesuai dengan kedalaman menancapnya yaitu pada kedalaman 10, 20, 30 cm. Kemudian, akar diambil dengan menggunakan bantuan gunting. Pengambilan sampel akar dilakukan sebanyak 2 kali. Sampel yang diambil kedua kali digunakan sebagai sampel ulangan. Sampel akar yang sudah diambil segera dimasukkan kedalam plastik klip dan diberi kertas label. Kemudian, sampel akar yang sudah diambil segera diuji di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.7 Pengukuran Parameter

3.7.1 Pengukuran Kualitas Air

Pada penelitian ini, pengukuran kualitas air dilakukan secara *in situ* yaitu dengan cara melakukan pengukuran secara langsung di lapang. Pengukuran kualitas air dilakukan pada stasiun penelitian yang sudah ditentukan. Adapun beberapa parameter yang diukur adalah suhu, salinitas, pH dan DO. Metode pengukuran kualitas air dapat dilihat pada Tabel 4. Prosedur pengukuran masing-masing parameter dilampirkan.

Tabel 4. Metode Pengukuran Kualitas Air

| No | Parameter | Satuan | Metode | Keterangan |
|----|-----------|--------|---------------------|----------------|
| 1 | Suhu | °C | Pemuaian | <i>In situ</i> |
| 2 | Salinitas | mg/L | Daya hantar listrik | <i>In situ</i> |
| 3 | pH | - | Potensiometri | <i>In situ</i> |
| 4 | DO | mg/L | Elektrokimia | <i>In situ</i> |

Sumber. Horas P. Hutagalung dan Abdul Rozak, 1997.

3.7.2 Pengukuran Sedimen

Pada penelitian ini, pengukuran Fraksi sedimen, Eh (potensi redoks) dan pH sedimen dilakukan secara *eksitu* yaitu sampel diuji di laboratorium Kimia Tanah, Universitas Brawijaya. Pengukuran fraksi, Eh dan pH sedimen dilakukan secara *eksitu* karena pada pengukuran Eh dan pH sedimen memerlukan larutan kimia untuk menghasilkan reaksi kimia seperti reaksi reduksi-oksidasi sehingga didapat nilai Eh dan pH tanah. Pengukuran Eh dan pH tanah dilakukan pada sampel permukaan yaitu pada kedalaman 10 cm. Metode pengukuran Eh dan pH tanah menurut Cyio (2008) dapat dilihat pada Tabel 5. Prosedur pengukuran pH tanah dan Eh dilampirkan.

Tabel 5. Metode Pengukuran Eh dan pH tanah

| No | Parameter | Satuan | Metode | Keterangan |
|----|-----------|--------|---------------|---------------|
| 1 | Eh | mV | Potensiometri | <i>Eksitu</i> |
| 2 | pH tanah | - | Potensiometri | <i>Eksitu</i> |

3.7.2.1 Fraksinasi Sedimen

Pengukuran fraksi sedimen dilakukan secara *eksitu*. Adapun beberapa tahapan yang dilakukan dalam proses fraksinasi sedimen adalah pengayakan bertingkat, kalibrasi picnometer, hydrometer, dan pengukuran berat jenis. Sebelum diayak menggunakan ayakan bertingkat, sampel sedimen dikeringkan dulu di dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu 100 °C. Setelah dikeringkan

selama ± 24 jam, sampel sedimen kemudian diayak menggunakan *sieve shaker*. Setelah sampel selesai diayak, selanjutnya sampel sedimen yang tertahan pada saringan no 200 dengan diameter 0,075 cm ditimbang dan diambil sebanyak 70 gr. 50 gr dari sampel yang sudah ditimbang tadi, selanjutnya direndam dengan larutan sodium hexametaphosphas sebanyak 200 ml selama ± 24 jam dengan tujuan untuk memisahkan sedimen sesuai berat jenisnya.

Langkah selanjutnya adalah dilakukan perhitungan kalibrasi picno. Sampel sebanyak 20 gr dimasukkan ke dalam *beaker glass* berukuran 1 L dan direndam dengan air hingga penuh, kemudian dipanaskan, selanjutnya diukur suhunya dan dihitung beratnya. Pengukuran kalibrasi picno bertujuan untuk melengkapi data yang digunakan saat menghitung berat jenis. Setelah perhitungan kalibrasi picno, selanjutnya dilakukan perhitungan hydrometer menggunakan sampel yang direndam selama 24 jam tadi. Dari pengukuran hydrometer didapat endapan sedimen yang kemudian ditimbang beratnya. Selanjutnya dilakukan perhitungan berat jenis dengan memasukkan hasil perhitungan picno dan hydrometer kedalam persamaan $y = ax + b$.

3.7.3 Pengukuran Logam Berat

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran logam berat pada sedimen dan akar mangrove dengan kedalaman 10, 20, dan 30 cm. Sampel sedimen dan akar diuji menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectroscopi*). Menurut Hamzah dan Setiawan (2010) sebelum diuji dengan menggunakan metode AAS, sedimen dan akar harus dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C untuk menghilangkan kadar air. Setelah itu, sampel ditimbang dan diendapkan dengan larutan HNO_3 selama ± 24 jam. Setelah itu, sampel yang sudah

diendapkan disaring, dan dianalisis menggunakan AAS. Prosedur penggunaan AAS dilampirkan.

3.9 Analisis Data

3.9.1 Analisis Deskriptif

Pada penelitian ini, data yang diperoleh baik dari pengukuran secara *in situ* maupun *eksitu* selanjutnya akan dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil yang didapat dengan baku mutu air laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Untuk sedimen, Indonesia belum menetapkan baku mutu logam berat pada sedimen ataupun lumpur sehingga baku mutu yang digunakan adalah ANZECC (*Australian and New Zealand Environment and Conservation Council*) tahun 2000.

3.9.2 Analisis Statistik

Data yang sudah didapat kemudian dianalisa menggunakan statistik. Analisa data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisa korelasi regresi. Dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara kedalaman sedimen dengan konsentrasi logam berat Zn dan kedalaman akar mangrove dengan konsentrasi logam berat Zn. Dimana rumus korelasi adalah $y = a + bx$

Keterangan :

y : Variabel terikat (Logam berat Zn)

a : Intercept

b : Slope

x : Variabel bebas (Kedalaman sedimen dan akar mangrove)

4. PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Muara Sungai Porong, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Wilayah Kabupaten Sidoarjo berada di dataran rendah. Selain padat penduduk, Kabupaten Sidoarjo juga padat kegiatan industri. Padatnya perindustrian di Kabupaten Sidoarjo diduga akan berdampak pada pencemaran lingkungan baik itu di darat, laut maupun udara. Burchett (2002), menyatakan sumber kontaminasi logam cenderung berhubungan dengan kegiatan perkotaan seperti contohnya pabrik pengolahan limbah baik itu limbah industri, limbah operasi pertambangan, kegiatan pelayaran, limbah rumah tangga, dan limbah pertanian. Sidoarjo dikenal dengan sebutan Kota Delta, karena berada di antara dua sungai besar pecahan Kali Brantas, yakni Kali Mas dan Kali Porong.

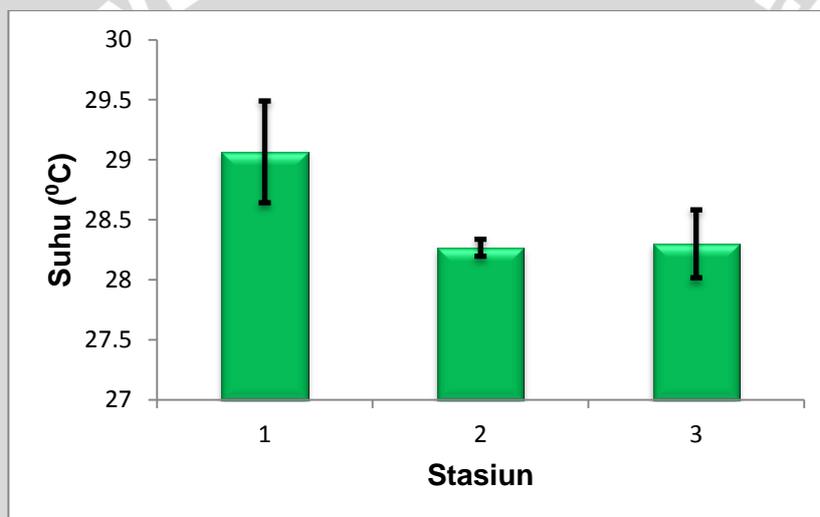
Kali Porong atau yang biasa disebut dengan Sungai Porong merupakan anak Sungai Brantas yang berhulu di Kota Mojokerto, yang membawa aliran air ke arah timur hingga akhirnya bermuara di Selat Madura. Pada bagian Muara Sungai Porong, terdapat pulau buatan hasil pengerukan dari buangan lumpur Lapindo yang tersedimentasi dan membentuk pulau yang dikenal dengan nama Pulau Sarinah (Dewi, 2012).

Penanaman mangrove di Pulau Sarinah mulai menampilkan hasilnya, sehingga pulau ini mulai dilirik sebagai area penelitian dan wisata terutama oleh masyarakat sekitar. Hal ini nampak dari hamparan hutan mangrove dari berbagai macam spesies yang dapat dijumpai di sepanjang jalan dari dermaga Tlocor menuju ke Pulau Sarinah ini.

4.2 Parameter Lingkungan

4.2.1 Suhu

Suhu air laut merupakan parameter yang sering diukur mengingat kegunaannya dalam mempelajari proses fisika, kimia dan biologi laut. Selain itu juga suhu dimanfaatkan dalam mempelajari polutan yang masuk ke lingkungan laut. Peningkatan suhu pada suatu perairan akan mempengaruhi aktivitas organisme yang ada dalam perairan, bahkan dapat meningkatkan toksisitas logam berat dalam perairan tersebut Hutagalung (1984). Hasil pengukuran suhu di Muara Sungai Porong dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Suhu di Muara Sungai Porong

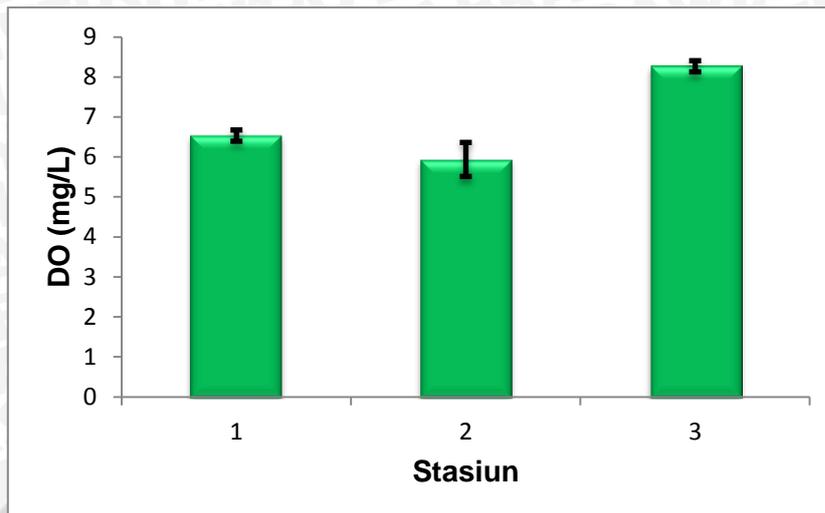
Nilai suhu pada stasiun 1, stasiun 2 dan stasiun 3 secara berturut-turut adalah 29,06 °C, 28,26 °C, 28,30 °C. Rata-rata suhu di Muara Sungai Porong adalah 28,54 °C. Kisaran suhu ini masih dalam batasan toleransi kehidupan mangrove. Suhu yang baik untuk mangrove minimal 20 °C (Ulqodry *et al.*, 2010). Suhu merupakan salah satu parameter fisika yang paling mudah untuk diteliti dan ditentukan. Aktivitas metabolisme serta penyebaran organisme air banyak dipengaruhi oleh suhu air. Pada umumnya suhu permukaan perairan adalah berkisar antara 28 °C -31 °C (Nontji, 2005).

Nilai suhu tertinggi pada penelitian ini terdapat pada stasiun 1. Ini dikarenakan pengukuran suhu pada stasiun tersebut dilakukan pada siang hari. Suhu air laut di suatu perairan dipengaruhi oleh letak ketinggian dari permukaan laut (altituted), intensitas cahaya matahari yang diterima, musim, cuaca, kedalaman laut, sirkulasi udara, dan penutupan awan (Hutabarat dan Evans, 1986). Hasil pengukuran suhu pada stasiun 2 dan stasiun 3 tidak berbeda jauh. Hal ini disebabkan karena rentan waktu pengukuran yang berdekatan.

Menurut baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, nilai suhu yang diijinkan yaitu berkisar antara 28-32 °C. Jika dibandingkan dengan baku mutu, nilai suhu di Muara Sungai Porong masih sesuai baku mutu.

4.2.2 DO (Dissolve Oxygen)

Oksigen dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan adalah berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut. Kecepatan difusi oksigen dari udara, tergantung dari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas, pergerakan massa air dan udara seperti arus, gelombang dan pasang surut. Hogarth *et al.* (2007) menyatakan bahwa kadar oksigen dalam air laut akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan berkurang dengan semakin tingginya salinitas. Hasil pengukuran DO di Muara Sungai Porong dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengukuran DO di Muara Sungai Porong

Pada Gambar 9, didapat hasil bahwa rata-rata nilai DO pada stasiun 1 adalah 6,53 mg/L, rata-rata nilai DO pada stasiun 2 adalah 5,93 mg/L, dan rata-rata nilai DO pada stasiun 3 adalah 8,26 mg/L. Nilai DO tertinggi pada penelitian ini terdapat pada stasiun 3. Sementara nilai DO terendah terdapat pada stasiun 2. Rendahnya nilai DO pada stasiun 2 dikarenakan diduga adanya pengaruh proses penguraian serasah mangrove (dekomposisi) yang dilakukan oleh mikroorganisme yang membutuhkan oksigen. Selain untuk bernafas, oksigen juga dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam menguraikan senyawa kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Menurut Lekatompessy dan Tutuhatunewa (2010) beberapa faktor yang dapat menyebabkan kandungan DO di perairan menurun antara lain naiknya suhu perairan, proses dekomposisi, mekanisme respirasi (terutama pada malam hari) dan adanya lapisan minyak diatas permukaan air. Menurut Salmin (2005) kandungan oksigen terlarut yang rendah pada suatu perairan akan menyebabkan peningkatan toksisitas logam berat.

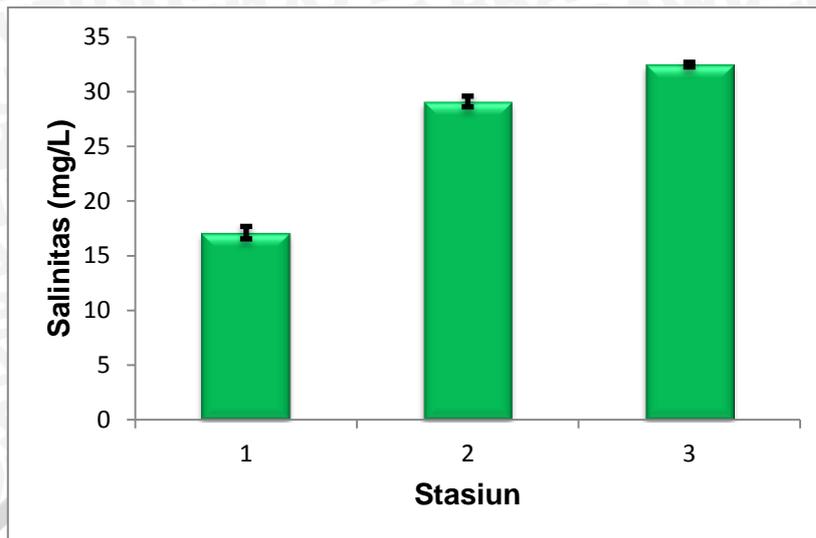
Tingginya kadar oksigen terlarut pada stasiun 3 dikarenakan rendahnya nilai suhu di stasiun 3. Menurut Effendi (2003) kelarutan oksigen pada suatu

perairan dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu, maka kandungan oksigennya akan semakin rendah. Pada suhu yang tinggi aktivitas metabolisme suatu organisme perairan akan meningkat. Peningkatan aktivitas metabolisme membutuhkan banyak oksigen sehingga kadar oksigennya menjadi berkurang/rendah. Nontji (2005) bahwa kadar oksigen terlarut pada suatu perairan juga dapat berfluktuasi secara harian dan musiman bergantung pada pencampuran masa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang ada di perairan. Kadar oksigen terlarut di Muara Sungai Porong berkisar antara 6,53-8,26 mg/L.

Berdasarkan standart Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, nilai DO yang disarankan adalah > 5 mg/L. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai DO di Muara Sungai Porong berada di atas baku mutu dan tergolong baik.

4.2.3 Salinitas

Salinitas adalah banyaknya kadar garam yang terdapat dalam setiap 1 kg air laut. Rata-rata hasil pengukuran salinitas pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Pengukuran Salinitas di Muara Sungai Porong

Rata-rata salinitas pada stasiun 1 adalah 17,1 ‰, pada stasiun 2 rata-rata nilai salinitasnya adalah 29,1 ‰, dan pada stasiun 3 nilai salinitasnya adalah 32,46 ‰. Nilai salinitas dari stasiun 1 sampai stasiun 3 menunjukkan nilai yang semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena stasiun 1 paling jauh dari laut dan stasiun 3 paling dekat dengan laut. Menurut Yani (2003) semakin jauh dari daratan, maka salinitas air laut akan semakin meningkat.

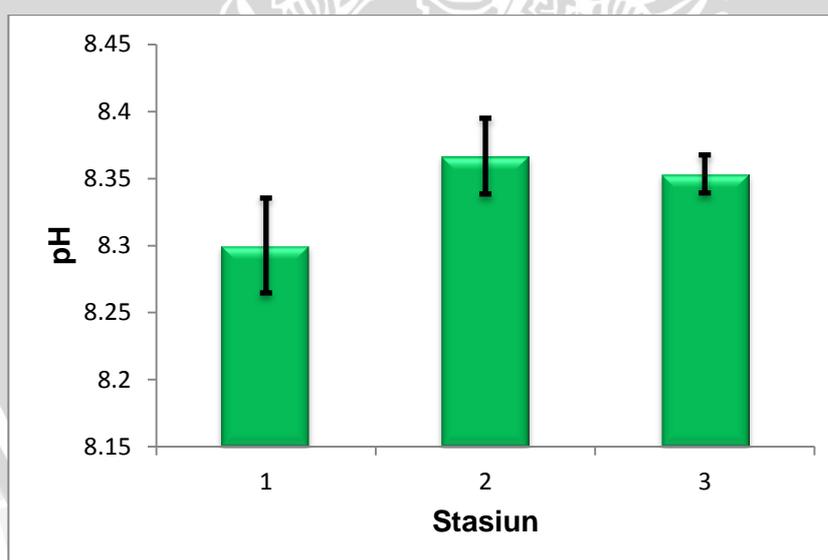
Menurut Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut, nilai salinitas adalah alami yaitu berkisar antar 33-34 ‰. Berdasarkan hal ini, nilai salinitas di Muara Sungai Porong masih dibawah standart baku mutu, akan tetapi nilai tersebut masih sesuai untuk menyokong kehidupan mangrove. Hal ini sesuai dengan pendapat Bengen (2004) yang menyatakan bahwa mangrove dapat hidup pada daerah payau dengan kadar salinitas (2-22 ‰) hingga asin dengan kadar salinitas 38 ‰. Rendahnya nilai salinitas di Muara Sungai Porong disebabkan oleh adanya aliran sungai yang masih terkena pengaruh daratan. Menurut Patty (2013), suatu perairan yang masih terkena pengaruh dari daratan seperti pencampuran dengan air tawar yang terbawa aliran sungai akan menyebabkan nilai salinitas perairan

tersebut rendah. Nazli (2014) menambahkan bahwa toksisitas logam berat akan meningkat seiring dengan peningkatan salinitas.

4.2.4 pH

4.2.4.1 pH Air

Derajat keasaman atau pH merupakan suatu indeks kadar ion hidrogen (H^+) yang mencirikan keseimbangan asam dan basa. Derajat keasaman suatu perairan, baik tumbuhan maupun hewan sehingga sering dipakai sebagai petunjuk untuk menyatakan baik atau buruknya suatu perairan (Wardhana, 2004). Menurut Yan *et al.* (2010) penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat pada suatu perairan meningkat akibat biota aquatik sensitif terhadap perubahan pH yang sangat mempengaruhi proses biokomawi perairan. Hasil pengukuran pH di Muara Sungai Porong dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Pengukuran pH di Muara Sungai Porong

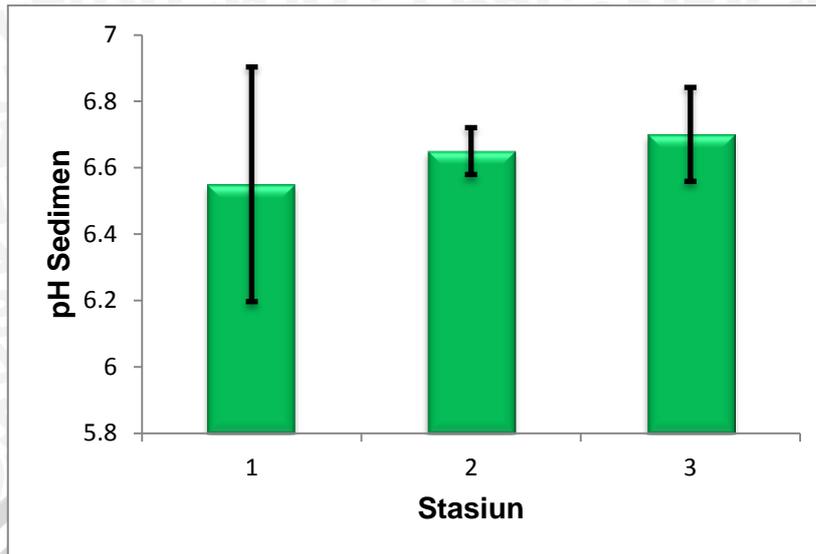
Derajat keasaman (pH) di Muara Sungai Porong berkisar antara 8,3-8,35. Bila dibandingkan diantara ketiga stasiun penelitian (sungai, muara dan laut) maka kisaran pH yang diperoleh tidak terlalu jauh berbeda. Dimana rata-rata nilai

pH pada stasiun 1 sebesar 8,3, pada stasiun 2 rata-rata nilai pHnya 8,36 dan pada stasiun 3 rata-rata nilai pHnya sebesar 8,35. Menurut Ulqodry *et al.* (2010) nilai pH yang tidak terlalu berbeda jauh dikarenakan adanya kesetimbangan antara proses penguraian serasah mangrove yang cenderung menghasilkan kondisi asam dengan pengaruh kapasitas penyangga (buffer) oleh garam-garam karbonat dan bikarbonat pada air laut yang lebih bersuasana basa.

Menurut baku mutu yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut untuk biota laut yaitu baku mutu pH air laut yang baik untuk biota laut adalah berkisar antara 7-8,5. Berdasarkan hal tersebut, nilai pH di Muara Sungai Porong masih berada pada kisaran baku mutu yang sudah ditetapkan. Menurut Irawan *et al.* (2009) Suatu perairan dengan nilai pH yang tergolong basa tidak berpotensi meningkatkan toksisitas logam berat pada perairan tersebut. Toksisitas logam berat akan meningkat pada keadaan asam yaitu dengan nilai pH dibawah 7.

4.2.4.2 pH Sedimen

Pengukuran pH sedimen dilakukan secara *eksitu* artinya pengukurannya tidak dilakukan langsung di lapang. Hasil pengukuran pH sedimen dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengukuran pH Sedimen di Muara Sungai Porong

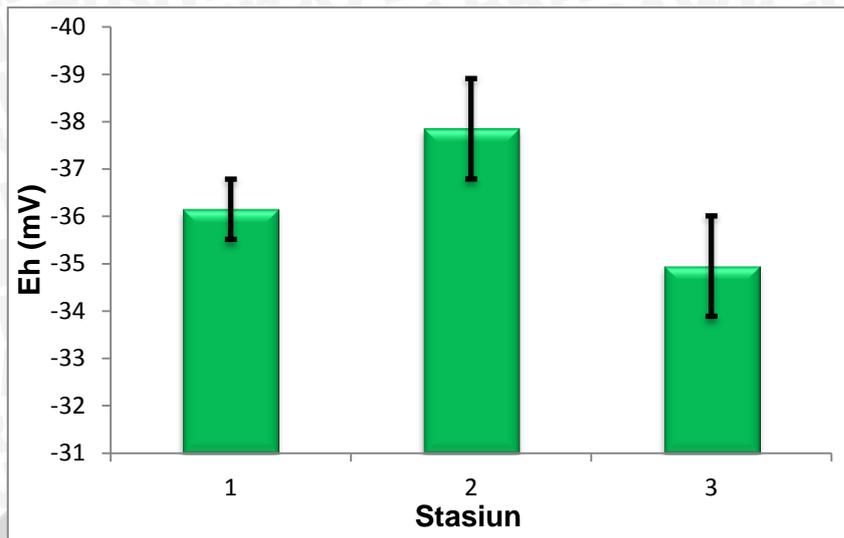
Dari pengukuran pH sedimen yang dilakukan di lokasi penelitian didapat hasil rata-rata pH sedimen di Muara Sungai Porong adalah 6,63. Dimana nilai pH mengalami peningkatan dari stasiun 1 sampai stasiun 3. Rata-rata nilai pH pada stasiun 1 adalah 6,55, nilai pH pada stasiun 2 adalah 6,65 dan nilai pH pada stasiun 3 adalah 6,7. Secara umum terlihat bahwa pada setiap stasiun pengamatan memiliki karakteristik sedimen yang sama dan kisaran nilai pH yang tidak terlalu jauh berbeda antar setiap stasiun. Hal ini sesuai dengan pendapat Lekatompessy & Tutuhatunewa (2010) yang menyatakan bahwa kebanyakan sedimen mangrove memiliki pH sedimen yang stabil atau bersifat buffer dengan pH berkisar antara 6 atau 7. Menurut Makmur *et al.* (2013) nilai pH yang tidak berbeda jauh dipengaruhi oleh tingginya sedimentasi yang membawa banyak lumpur yang secara umum diketahui memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Odum (2000), yang menyatakan bahwa pH sedimen sangat erat kaitannya dengan bahan organik, tipe substrat dan kandungan oksigen. Bahan organik yang terdekomposisi oleh

mikroorganisme kedalam bentuk asam organik akan menyebabkan keasaman pada sedimen. Tingginya produksi daun dan serasah menyebabkan tingginya kandungan bahan organik serta cepatnya laju penguraian detritus menyebabkan hutan mangrove memiliki pH sedimen yang tergolong sedikit asam.

Kumar (2011) menjelaskan, bahwa derajat keasaman atau yang sering kita kenal dengan sebutan pH sering digunakan sebagai indikator tingkat keasaman atau basa suatu perairan atau sedimen. pH sedimen di Muara Sungai Porong tergolong asam karena nilainya <7 . pH dapat dikatakan netral ketika nilainya 7, jika nilai $\text{pH} > 7$ disebut basa, sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ maka tergolong asam (Cyio, 2008). Menurut Siaka (2008) toksisitas logam berat akan meningkat jika nilai pH rendah atau tergolong asam, dan toksisitas logam berat akan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan pH.

4.2.5 Eh (Potensi Redoks)

Karakteristik sedimen merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh secara langsung terhadap struktur ekosistem mangrove. Pengukuran Eh pada sedimen dilakukan bertujuan untuk memperkirakan potensi masuknya bahan-bahan organik ke dalam perairan dan mengendap di permukaan sedimen (Pearson *dalam* Lekatompessy, 2010). Menurut Lekatompessy & Tutuhatunewa (2010) aktivitas penguraian yang dilakukan oleh mikroorganisme terjadi melalui proses reduksi dan oksidasi (redoks). Hasil pengukuran Eh pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Pengukuran Eh di Muara Sungai Porong

Dari hasil pengukuran nilai potensi redoks pada sedimen di lokasi penelitian, dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai Eh di Muara Sungai Porong berkisar antara -34,95 hingga -37,85 mV. Nilai Eh dari ketiga stasiun semuanya berada dibawah 0. Menurut Rahayuningsih (2007) konsentrasi Eh sedimen permukaan dibagi dalam tiga zona, yaitu zona oksidasi jika konsentrasi Eh > 200mV, zona transisi konsentrasi Eh 0-200mV dan zona reduksi dengan konsentrasi Eh < 0mV, dimana pada zona reduksi umumnya terdapat lapisan sedimen berwarna hitam. Nilai potensial redoks (Eh) dibawah kondisi tereduksi akan menghasilkan endapan logam (Yoon, 2006).

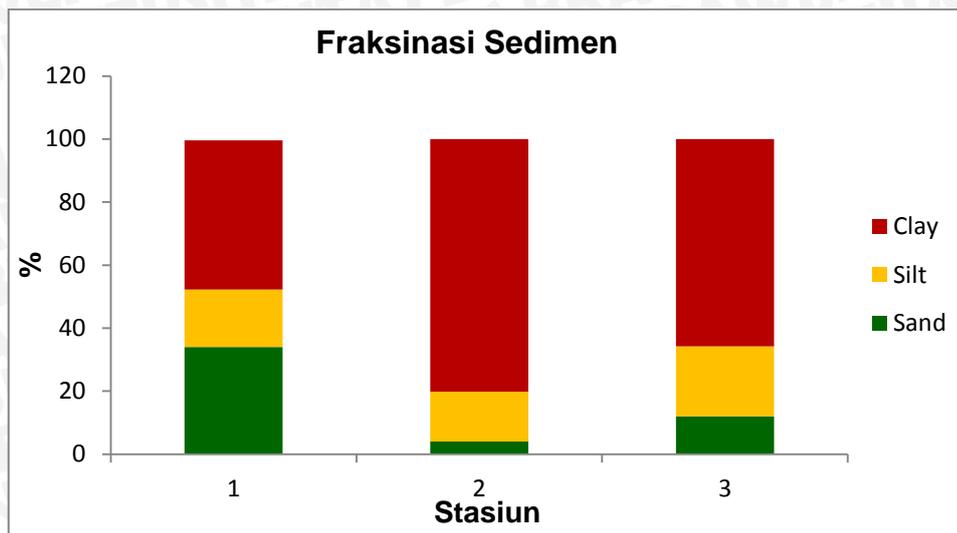
Rata-rata konsentrasi Eh sedimen di Muara Sungai Porong adalah -36,31 dimana nilai ini tergolong zona reduksi karena nilainya < 0 mV. Menurut Odum (2000) sedimen dengan jenis lumpur memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan biasanya merupakan zona reduksi. Hal ini disebabkan karena sedimen lumpur memiliki ukuran pori-pori yang kecil, dimana semakin kecil ukuran partikel maka kandungan bahan organiknya akan semakin tinggi dan semakin besar ukuran partikel suatu sedimen maka kandungan bahan organiknya akan semakin

rendah. Substrat di Muara Sungai Porong didominasi oleh lumpur (Juniawan, 2012). Dengan kondisi substrat tersebut dan disertai dengan nilai Eh yang dibawah nol terdapat kemungkinan yang besar bahwa endapan logam berat di Muara Sungai Porong akan banyak dijumpai dengan konsentrasi yang tinggi.

4.2.6 Fraksi Sedimen

Pengukuran fraksinasi sedimen dilakukan secara eksitu dengan tujuan memisahkan komponen penyusun sedimen berdasarkan ukuran butirnya pada setiap stasiun tanpa memperhatikan kedalaman. Menurut Wentworth (1922) dalam Setiawan (2013) untuk mendapatkan fraksi penyusun sedimen dilakukan pengayakan kering dengan menggunakan ayakan bertingkat dengan ukuran saringan yang berkisar dari diameter 4,750 mm sampai dengan diameter 0,075 mm.

Sedimen dengan ukuran diameter > 200 mm diklasifikasikan sebagai kerikil (*gravel*), ukuran diameter 200-0,06 mm diklasifikasikan sebagai pasir (*sand*), ukuran diameter 0,06-0,002 mm diklasifikasikan sebagai lanau (*silt*), dan ukuran diameter $< 0,002$ mm diklasifikasikan sebagai lempung (*clay*). Hasil perhitungan fraksi sedimen pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil Fraksi Sedimen

Dari hasil fraksinasi sedimen yang dilakukan didapat hasil bahwa jenis sedimen yang mendominasi dari ketiga stasiun penelitian adalah *silt and clay*. Substrat pada lokasi penelitian adalah lumpur dimana lumpur merupakan gabungan dari tipe substrat *silt and clay* (Rahayuningsih, 2007). Pada stasiun 1 didapat fraksi *silt* sebanyak 18,29 %, fraksi *clay* sebanyak 47,27 %, fraksi *sand* sebanyak 34 %. Pada stasiun 2 didapat fraksi *silt* sebanyak 15,87 %, fraksi *clay* sebanyak 80,13 %, fraksi *sand* sebanyak 4 %. Pada stasiun 3 didapat fraksi *silt* sebanyak 22,18 %, fraksi *clay* sebanyak 65,82 %, fraksi *sand* sebanyak 12 %.

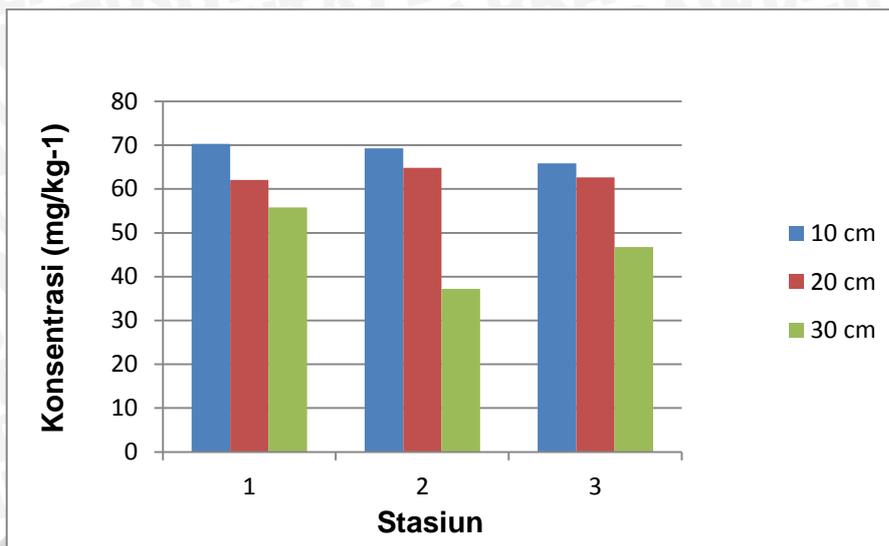
Korzeniewski dan Neugabieuer (1991) dalam Amin (2002) menyatakan bahwa kandungan logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen. Kandungan logam berat dalam lumpur (*silt and clay*) lebih tinggi daripada kandungan logam berat pada lumpur berpasir. Kandungan logam berat pada substrat berpasir (*sand*) akan lebih rendah daripada kandungan logam pada substrat (*silt and clay*) dan lumpur berpasir. Menurut (Sanusi, 2006) permukaan partikel yang halus/kecil (*silt and clay*) akan memiliki luas permukaan yang besar sehingga mengakibatkan semakin efektifnya proses penyerapan logam berat

oleh sedimen. Lumpur (*silt and clay*) mempunyai ukuran sedimen yang halus sehingga mempunyai kemampuan yang baik dalam mengikat logam dalam sedimen. Persentase kandungan *silt and clay* yang tinggi di sedimen Sungai Porong maka ada kecenderungan bahwa sedimen akan mengandung logam yang tinggi, terutama pada stasiun 2 dan 3.

4.3 Konsentrasi Zn pada Sedimen dan Akar Berdasarkan Kedalaman

4.3.1 Logam Berat Zn pada Sedimen

Ditinjau dari tekstur sedimen, Muara Sungai Porong didominasi dengan *silt and clay*. Tanah bertekstur liat mempunyai kemampuan mengikat logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan tanah bertekstur pasir. Menurut Wilson (1998) dalam Arisandi (2001) logam berat yang terlarut dalam air akar berpindah ke dalam sedimen dan langsung diserap melalui partikel permukaan sedimen. Kapasitas penyerapan logam berat sangat berhubungan dengan ukuran partikel dan luas permukaan partikel, sehingga konsentrasi logam berat pada sedimen biasanya dipengaruhi ukuran partikel dalam sedimen. Semakin kecil ukuran partikel, maka akan semakin besar kandungan logam beratnya. Hasil pengukuran Zn pada sedimen dengan kedalaman berbeda dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Pengukuran Zn pada Sedimen dengan Kedalaman Berbeda

Pada Gambar 15 didapat hasil konsentrasi Zn di sedimen pada kedalaman 10 cm pada stasiun 1 sebesar 70,315 mg/L, konsentrasi Zn di sedimen pada stasiun 2 sebesar 69,305 mg/L, dan konsentrasi Zn di sedimen pada stasiun 3 sebesar 65,845 mg/L. Dari ketiga stasiun penelitian, konsentrasi Zn tertinggi terdapat pada stasiun 1, diduga hal ini disebabkan karena stasiun 1 berada paling dekat dengan sumber bahan pencemar. Stasiun ini merupakan bagian hilir sungai yang paling dekat dengan sumber buangan limbah, sedangkan konsentrasi Zn terendah terdapat pada stasiun 3. Stasiun 3 merupakan stasiun yang letaknya berdekatan dengan laut. Menurut Heriyanto (2009) semakin dekat dengan sumber pencemar maka konsentrasi logam beratnya akan semakin tinggi dan begitu juga sebaliknya, semakin jauh dari sumber pencemar, maka konsentrasi logam berat pada sedimen akan semakin rendah.

Konsentrasi Zn pada sedimen dengan kedalaman 20 cm secara berturut-turut sebesar 62,075 mg/L, 64,845 mg/L, 62,675 mg/L. Rata-rata konsentrasi Zn

pada kedalaman 20 memiliki selisih yang tidak terlalu jauh dengan rata-rata konsentrasi Zn pada kedalaman 10 cm. Hal ini diduga karena Zn yang terakumulasi pada kedalaman 10 cm mengalami perpindahan ke sedimen pada lapisan tengah yaitu sedimen dengan kedalaman 20 cm, sehingga konsentrasinya tidak terlalu berbeda. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Emiyarti (2004) dalam Deri *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa perairan Muara Sungai Porong merupakan perairan dengan tipe semi tertutup yang terlindung oleh Pulau Sarinah. Adanya Pulau Sarinah menyebabkan sirkulasi yang terjadi hanya secara vertikal sehingga logam terdistribusi hampir secara merata diperairan.

Kisaran konsentrasi Zn di sedimen pada kedalaman 30 cm adalah 37,2-55,82 mg/L. Rata-rata konsentrasi Zn pada kedalaman 30 cm lebih kecil dibandingkan dengan rata-rata konsentrasi Zn pada lapisan permukaan yaitu 10 cm dan konsentrasi Zn pada lapisan tengah yaitu 20 cm. Rendahnya konsentrasi Zn pada sedimen dengan kedalaman 30 cm diduga karena substrat sedimen di Muara Sungai Porong yang didominasi *silt and clay*, dimana *silt and clay* memiliki ukuran partikel yang sangat kecil dan halus sehingga tidak terdapat banyak rongga yang menyebabkan logam berat tidak dapat terserap dengan baik pada lapisan ini. Muslukah (2013) menyatakan bahwa ukuran butiran sedimen mempunyai peranan penting dalam pendistribusian logam berat pada sedimen. Sedimen dengan permukaan yang kasar memiliki daya serap yang rendah, namun mampu mendistribusikan logam berat lebih banyak dibandingkan dengan sedimen yang memiliki permukaan halus dan daya serap yang tinggi namun kurang baik dalam mendistribusikan logam berat ke lapisan yang lebih dalam.

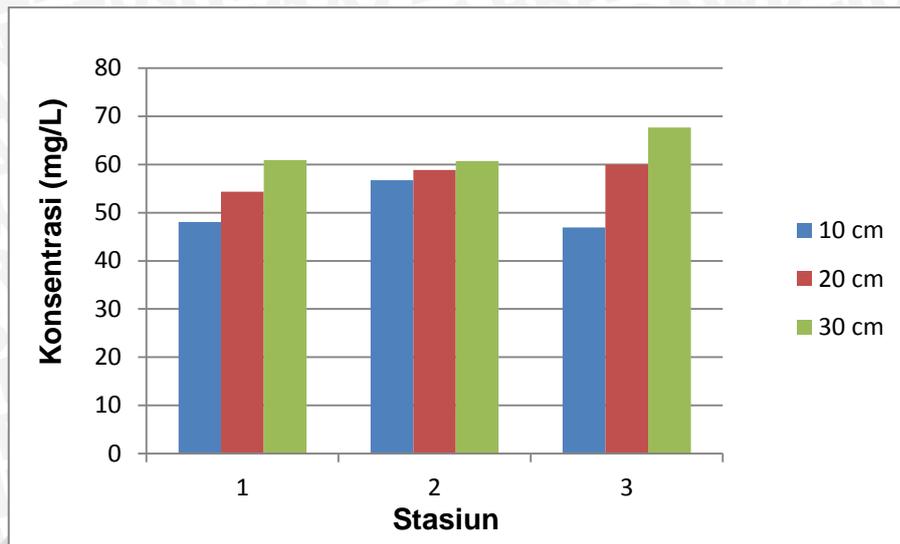
Menurut ANZECC (*Australian and New Zealand Environment and Conservation Council*) Tahun 2000 batas minimal yang dianjurkan untuk logam berat Zn pada sedimen yakni sebesar 200-410 mg/kg⁻¹. Berdasarkan hal

tersebut, kadar logam berat Zn di Muara Sungai Porong masih berada di bawah baku mutu dan menandakan bahwa keadaan Muara Sungai Porong tidak tercemar.

4.3.2 Logam Berat Zn pada Akar

Menurut Mulyadi (2009) limbah yang dihasilkan dari aktivitas perkotaan akan terbawa oleh aliran sungai dan tertampung pada ekosistem mangrove yang tumbuh di ujung sungai besar. Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai akan terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Dalam hal ini, area hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui ambang batas, mangrove secara alami memiliki peran dalam melindungi pantai dari pencemaran dan erosi.

Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi yang kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut (Defew *et al.*, 2004). Bagian tubuh mangrove yang paling memiliki peranan penting dalam mencegah masuknya bahan pencemar terutama pencemaran logam berat ke dalam ekosistem pesisir adalah bagian akarnya (Krupadam *et al.*, 2007). Hasil pengukuran konsentrasi Zn pada akar *Avicennia alba* yang tumbuh pada kedalaman berbeda dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil Pengukuran Zn pada Akar dengan Kedalaman Berbeda

Akar *Avicennia alba* yang tumbuh pada kedalaman 10 cm dari ketiga stasiun penelitian memiliki konsentrasi Zn berturut-turut adalah 48,03 mg/L, 56,73 mg/L, dan 46,92 mg/L. Konsentrasi Zn tertinggi terdapat pada stasiun 2 dikarenakan stasiun 2 yang berlokasi di muara sungai, dimana muara sungai diduga membawa banyak limbah yang akhirnya terakumulasi pada sedimen dan kemudian diserap oleh akar mangrove. Menurut Suwandewi *et al.* (2013) Mangrove yang tumbuh di muara sungai merupakan tempat penampungan limbah-limbah yang terbawa aliran sungai.

Konsentrasi Zn pada kedalaman 20 cm dan 30 cm pada setiap stasiun mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Tingginya konsentrasi Zn pada akar diduga karena adanya penyerapan logam berat dari sedimen yang dilakukan oleh akar mangrove. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Setiawan (2013) yang menyatakan bahwa secara umum penyerapan logam berat Zn dari sedimen menuju ke akar pada spesies *Avicennia alba* tergolong tinggi. Tingginya akumulasi logam berat pada akar *Avicennia alba* disebabkan karena akar *Avicennia alba* memiliki daya serap yang tinggi sehingga

konsentrasi logam berat pada akar lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam berat pada sedimen.

4.4 Perbedaan Konsentrasi Logam Berat Zn pada Sedimen dan Akar *Avicennia alba*

Pada penelitian ini, rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar mangrove dengan jenis spesies *Avicennia alba*. Metode RAL dipilih karena lokasi pengambilan sampel sedimen dan akar mangrove memiliki karakteristik lingkungan yang sama. Dilihat dari jarak antar stasiun yang tidak terlalu jauh, dimana ketiga stasiun penelitian masih dalam satu wilayah atau satu perairan, dan semua stasiun memiliki tipe substrat yang sama yaitu *silt and clay* serta jenis akar yang diambil adalah akar nafas pada *Avicennia alba*. Perbedaan konsentrasi Zn pada sedimen dan akar dengan kedalaman yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 6. Perbedaan kedalaman sedimen dan kedalaman akar mangrove dapat berpengaruh terhadap akumulasi logam berat Zn.

Tabel 6. Konsentrasi Zn pada Sedimen dan Akar *A. alba* dengan Kedalaman Berbeda.

| Stasiun | Sedimen (mg/L) | | | Akar (mg/L) | | |
|---------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 10 cm ± stdev | 20 cm ± stdev | 30 cm ± stdev | 10 cm ± stdev | 20 cm ± stdev | 30 cm ± stdev |
| 1 | 70.315 ± 6.75 | 62.075 ± 11.68 | 55.82 ± 5.72 | 48.035 ± 4.78 | 54.33 ± 4.24 | 56.88 ± 5.65 |
| 2 | 69.305 ± 4.33 | 64.845 ± 4.99 | 37.2 ± 9.89 | 56.735 ± 4.33 | 58.86 ± 6.37 | 60.685 ± 7.54 |
| 3 | 65.845 ± 11.61 | 62.675 ± 12.80 | 46.74 ± 9.51 | 46.925 ± 2.86 | 59.97 ± 6.13 | 67.69 ± 2.92 |

Secara umum hasil pengukuran konsentrasi Zn pada sedimen dan akar *Avicennia alba* dengan kedalaman 10, 20, dan 30 cm didapat hasil bahwa seiring bertambahnya kedalaman, maka konsentrasi Zn pada sedimen semakin berkurang. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Siaka (2008) yang menyatakan bahwa sedimen semakin ke bawah memiliki kandungan logam berat yang semakin kecil. Tingginya konsentrasi Zn pada lapisan dipermukaan disebabkan karena lapisan permukaan menerima masukan logam berat relatif lebih banyak akibat adanya papar langsung, sehingga konsentrasi logam beratnya lebih tinggi dibandingkan dengan sedimen pada lapisan tengah dan bawah.

Sementara konsentrasi logam berat Zn pada akar akan bertambah seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini diduga karena akar yang tumbuh pada kedalaman 30 cm sudah tumbuh lebih lama sehingga lebih banyak mengakumulasi logam berat dari sedimen dibandingkan dengan akar yang tumbuh pada kedalaman 10 dan 20 cm. Menurut Setiawan (2013) adanya kegiatan penyerapan logam berat yang dilakukan oleh akar diduga mampu mengurangi konsentrasi logam berat pada sedimen.

Analisis statistik yang digunakan untuk mengetahui perbedaan konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar mangrove dengan jenis spesies *Avicennia alba* adalah uji ANOVA (*Analysis of Variance*). Syarat utama untuk dapat melakukan uji ANOVA (*Analysis of Variance*) adalah data harus normal dan data harus *homogen*. Dalam uji ANOVA, uji normalitas dan uji *homogenitas* dianggap perlu untuk dilakukan guna mengetahui kesesuaian data yang didapatkan dari lapangan dengan distribusi secara teoritik. Hasil pengolahan data konsentrasi Zn terhadap sedimen dengan kedalaman berbeda menggunakan uji One Way ANOVA dapat dilihat pada Tabel 7 dan hasil pengolahan data konsentrasi Zn terhadap akar dengan kedalaman berbeda

menggunakan uji One Way ANOVA dapat dilihat pada Tabel 8. Hipotesis dari rancangan percobaan ini yaitu

Ho : Konsentrasi Zn pada kedalaman 10 cm = Konsentrasi Zn pada kedalaman 20 cm = Konsentrasi Zn pada kedalaman 30 cm.

H₁ : Konsentrasi Zn pada kedalaman 10 cm ≠ Konsentrasi Zn pada kedalaman 20 cm ≠ Konsentrasi Zn pada kedalaman 30 cm.

Tabel 7. Hasil Uji ANOVA Konsentrasi Zn pada Sedimen dengan Kedalaman Berbeda

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Konsentrasi Zn | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 1567.229 | 2 | 783.615 | 10.461 | .001 |
| Within Groups | 1123.603 | 15 | 74.907 | | |
| Total | 2690.832 | 17 | | | |

Dari hasil uji One Way ANOVA didapat bahwa konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dengan kedalaman yang berbeda hasilnya berbeda signifikan dengan nilai signifikansi 0,001. Hasil uji ANOVA dikatakan signifikan ketika nilai signifikannya dibawah 0,05. Adanya perbedaan signifikan antara konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dengan kedalaman yang berbeda disebabkan karena konsentrasi logam berat Zn pada tiap kedalaman memiliki nilai yang berbeda. Konsentrasi logam berat Zn pada kedalaman 10 cm tidak sama dengan konsentrasi logam berat Zn pada kedalaman 20 cm dan konsentrasi logam berat Zn pada kedalaman 30 cm.

Konsentrasi logam berat Zn berbeda pada setiap kedalaman diduga karena setiap kedalaman menerima masukan logam berat Zn dengan jumlah yang berbeda. Pada lapisan permukaan sedimen, masukan logam berat Zn lebih banyak daripada lapisan tengah dan dasar. Semakin kebawah, maka semakin sulit logam berat berpindah karena tipe substrat Muara Sungai Porong yang

tergolong halus dan memiliki sedikit rongga sehingga Zn sulit terserap pada kedalaman 30 cm. Hal ini didukung oleh pernyataan Muslukah (2013) yang menyatakan bahwa ukuran butiran sedimen mempunyai peranan penting dalam pendistribusian logam berat pada sedimen. Selain itu, penyerapan Zn yang dilakukan oleh akar mangrove bisa menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya konsentrasi Zn pada kedalaman 30 cm. Zn yang terakumulasi pada kedalaman 30 cm sudah diserap oleh akar mangrove sehingga konsentrasinya lebih rendah dibandingkan dengan Zn pada permukaan sedimen. Zn pada permukaan sedimen yaitu kedalaman 10 cm menerima masukan limbah relatif baru dan belum sempat terserap oleh akar mangrove sehingga konsentrasinya tinggi.

Tabel 8. Hasil Uji ANOVA Konsentrasi Zn pada Akar dengan Kedalaman Berbeda

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Konsentrasi Zn | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | 385.180 | 2 | 192.590 | 5.608 | .015 |
| Within Groups | 515.168 | 15 | 34.345 | | |
| Total | 900.348 | 17 | | | |

Dari hasil uji One Way ANOVA didapat bahwa konsentrasi logam berat Zn pada akar dengan kedalaman yang berbeda hasilnya berbeda signifikan dengan nilai signifikansi 0,015. Hasil uji ANOVA dikatakan signifikan ketika nilai signifikannya dibawah 0,05. Adanya perbedaan signifikan antara konsentrasi logam berat Zn pada akar dengan kedalaman yang berbeda disebabkan karena konsentrasi logam berat Zn pada tiap kedalaman akar memiliki nilai yang berbeda. Konsentrasi logam berat Zn pada kedalaman 10 cm tidak sama dengan konsentrasi logam berat Zn pada kedalaman 20 cm dan konsentrasi logam berat Zn pada kedalaman 30 cm.

Konsentrasi Zn pada akar dengan kedalaman berbeda disebabkan karena faktor penyerapan yang dilakukan oleh akar sehingga mampu mengurangi konsentrasi logam berat pada sedimen. Akar yang tumbuh pada kedalaman 30 cm dianggap memiliki umur yang lebih tua dibandingkan dengan akar yang tumbuh pada kedalaman 10 cm, kemungkinan hal tersebut yang menyebabkan konsentrasi Zn pada kedalaman 30 cm lebih tinggi daripada kedalaman 10 dan 20 cm. Kumar (2011) menambahkan bahwa tumbuhan yang hidup di daerah tercemar memiliki mekanisme penyesuaian yang membuat polutan menjadi nonaktif dan disimpan di dalam jaringan tua sehingga tidak membahayakan pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan.

4.5 Korelasi Sedimen dengan Akar

Analisis statistik yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar *Avicennia alba* dengan kedalaman yang berbeda adalah analisis korelasi pearson. Hasil perhitungan analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Uji Korelasi Konsentrasi Zn pada Sedimen dan Akar dengan Kedalaman Berbeda.

| | Kedalaman | Akar | Sedimen |
|-----------------|-----------|--------------------|---------------------|
| Kedalaman | 1 | .646 ^{**} | -.731 ^{**} |
| Sig. (2-tailed) | | .004 | .001 |
| N | 18 | 18 | 18 |

****.** Corelation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

Pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa korelasi antara kedalaman dengan konsentrasi Zn pada akar memiliki hubungan yang positif artinya semakin bertambahnya kedalaman, maka konsentrasi Zn pada akar akan semakin bertambah dengan nilai signifikansinya 0.004. Menurut Yoon *et al.* (2006)

akumulasi logam berat pada organ akar di lapisan bawah tanah memiliki konsentrasi yang tinggi. Korelasi antara kedalaman dengan konsentrasi Zn pada sedimen memiliki hubungan yang negatif artinya semakin bertambahnya kedalaman, maka konsentrasi Zn pada sedimen akan semakin berkurang dengan nilai signifikansinya 0.001.

Berdasarkan Tabel 7 nilai signifikansi dari kedua media (akar dan sedimen) berada dibawah 0,01 dimana menurut Amin (2002) angka signifikansi sebesar 0,01 mempunyai pengertian bahwa tingkat kepercayaan untuk memperoleh kebenaran dalam penelitian ini adalah sebesar 99 %. Kekuatan hubungan antara dua variabel dapat dilihat dari nilai korelasinya. Kriteria kekuatan hubungan antara dua variable dijabarkan sebagai berikut :

0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel

>0 – 0,25: Korelasi sangat lemah

>0,25 – 0,5: Korelasi cukup

>0,5 – 0,75: Korelasi kuat

>0,75 – 0,99: Korelasi sangat kuat

1: Korelasi sempurna.

Dari hasil uji statistik dengan menggunakan analisis korelasi pearson, didapat bahwa korelasi antara kedalaman dengan akar dan sedimen berkorelasi sangat kuat. Korelasi antara kedalaman dan akar memiliki nilai koefisien 0,646 dan korelasi antara kedalaman dan sedimen memiliki nilai koefisien 0,731 yang artinya memiliki hubungan yang sangat kuat. Nilai koefisien yang sangat kuat menandakan kedalaman mampu mempengaruhi konsentrasi logam berat Zn pada sedimen dan akar *Avicennia alba*.

Tabel 10. Korelasi Sedimen dan Akar

| | Akar |
|--------------|-------|
| Sedimen | -.467 |
| . (2-tailed) | .051 |
| N | 18 |

Hasil korelasi antara sedimen dan akar menunjukkan nilai yang tidak signifikan. Hal ini bertentangan dengan pendapat Farlane *et al.* (2003) dalam penelitiannya yang menyatakan, bahwa sebagian besar studi menunjukkan korelasi yang signifikan antara kadar logam dalam sedimen dan logam di jaringan mangrove. Tidak signifikannya korelasi antara sedimen dan akar diduga karena jumlah data yang kurang banyak. Menurut Kariada (2014) nilai yang tidak signifikan antara X dan Y bukan berarti X tidak berpengaruh terhadap Y. Hal ini bisa saja terjadi karena kurangnya data yang dikumpulkan untuk membuktikan keterkaitan X dengan Y.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah

1. Konsentrasi logam berat Zn pada sedimen lebih rendah daripada konsentrasi logam berat Zn pada akar
2. Kedalaman dapat mempengaruhi akumulasi logam berat Zn pada sedimen dan akar mangrove. Seiring bertambahnya kedalaman konsentrasi Zn pada sedimen semakin kecil. Pada akar, seiring bertambahnya kedalaman konsentrasi Zn semakin tinggi.
3. Tidak terdapat hubungan (korelasi) yang signifikan antara sedimen dan akar dengan kedalaman yang berbeda.

5.2 Saran

Pada penelitian ini data yang diambil hanya berdasarkan dua kali pengulangan. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengambil data lebih dari 2 kali pengulangan dari pohon yang berbeda dengan jarak yang agak jauh untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi. Perlu dihitung kerapatan mangrove sehingga bisa diestimasikan berapa Zn yang bisa diserap oleh akar *Avicennia alba* di Sungai Porong.

DAFTAR PUSTAKA

- Amien, M. 2007. *Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Air, Sedimen, Dan Makrozoobentos Di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat*. Institut Pertanian Bogor.
- Amin, B. 2002. *Distribusi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn pada Sedimen di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau*. Jurnal Natur Indonesia 5(1):9-16. Laboratorium Kimia Laut, Faperika, Universitas Riau.
- Arisandi. 2001. *Mangrove Jenis api-api (Avicennia marina) Alternatif Pengendalian Logam Berat Pesisir*. URL:<http://www.terranet.com/>. Diakses pada tanggal 26 mei 2015 pukul 10.47 WIB.
- Arief, A. 2003. *Hutan Mangrove, fungsi, dan manfaatnya*. Kansisius Yogyakarta
- Badan Geologi. 2012. *Penelitian Tindak Lanjut Endapan Lumpur di Daerah Porong Kabupaten Sidoarjo Provinsi Jawa Timur*. Bandung. Pusat Sumberdaya Geologi.
- Bengen, D. G. 2004. *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. PKSPL- IPB, Bogor.
- Bengen, D. G. dan I. M. Dutton 2004. *Interaction mangrove, fisheries dan forestry management in Indonesia*. Hal. 632-653. Dalam Northcote. T.G. dan Hartman (Ed), *Worldwide Watershed Interaction and Management*. Blackwell Science.oxford.UK
- Burchett, M. D. dan G. R. MacFarrlane. 2002. *Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the gey mangrove Avicennia marina (Forsk).*, University of Newcastle, Callaghan, Newcastle, NSW 2308, Australia. School of Biological and Chemical Sciences 2:141-1136.
- Ciyo. M. B. 2008. *Efektivitas Bahan Organik dan Tinggi Genangan Terhadap Perubahan Eh, pH, dan Status Fe, P, Al Terlarut pada Tanah Ultison*. Jurnal Agroland 15 (4) :257-263,.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press. Jakarta.
- Defew, L.H., M. M. James and M. G. Hector. 2004. *An Assessment Of Metal Contamination In Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama*. Marine Pollution Bulletin. 50:547-552
- Deri., E., L. O. A. Afu. 2013. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove Avicennia Marina di Perairan Teluk Kendari*. Jurnal Mina Laut Indonesia 1 (1):38-48.

- Dewi, L. R. 2012. *Studi Tentang Luas dan Kerapatan Hutan Mangrove Menggunakan Landsat-7 ETM+ di Pesisir Jabon Kabupaten Sidoarjo*. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.
- Dianto, A. T. 2014. *Sebaran Kandungan Logam Berat Zn, Hg, dan Fn, Pada Air, Sedimen, Dan Kupang Putih (Corbula Faba H) Sebagai Indikator Pencemaran Di Muara Sungai Porong Sidoarjo Jawa Timur*. SKRIPSI FPIK Universitas Brawijaya.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Farlane, G. R., 2003. *Accumulation And Distribution of Heavy Metal in The Grey Mangrove Avicennia marina*. Marine Pollution Bulletin 39:179-186.
- Gupta, S. K and J. Singh. 2010. *Evaluation of Mollusc as Sensitive Indicator of Heavymetal Pollution in Aquatic System: A Review*. The IIOAB Jurnal Spesial Issue on Environmental Management for Sustainable Development.
- Hamzah, F dan A. Setiawan. 2010. *Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara*. FPIK-IPB: Bogor.
- Handayani, T. 2006. *Bioakumulasi Logam Berat Dalam Mangrove Rhizophora mucronata dan Avicennia marina di Muara Angke Jakarta*. Balai Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Hardiani, H. 2009. *Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. Berita Selulosa 44(1) : 27-40
- Hardjojo, B dan Djokosetyanto. 2005. *Pengukuran dan Analisis Kualitas Air*. Edisi I, Universitas Terbuka. Jakarta.
- Hedianto, Y. E., E. Lisyastuti dan E. Najmiyanti. 2003. *Konsep Biomonitoring dan Ekotoksikologik: Upaya Pelestarian Sumberdaya Alam Secara Swadaya dari dan Untuk Masyarakat*. Prosiding Seminar Teknologi Untuk Negeri 2003, 1:(447-451) HUMAS/ANY. <http://iptek.net.id/ind/?mnu=8&ch=jsti&id=128> Diakses pada tanggal 20 mei 2015 jam 11.09 WIB
- Heriyanto N. M., Endro, Subiandono. 2009. *Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb Dan Cu)Oleh Jenis-Jenis Mangrove*. Jurnal Penelitian hutan dan Konservasi Alam. 8(2):177-188.
- Hiralal, T. 2008. *Responses of Avicennia marina (Forssk) Vierh. To Contamination By Selected Heavy Metals*. School of Biological and Conservation sciences University of Kwazulu-Natal (Westville). 142 pp

- Hogarth, P. J., 2007. *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. Oxford University Press. New York.
- Hutabarat, S. Dan S. M. Evans. 1986. *Pengantar Oseanografi*. Cetakan ke-3. UI Press. Jakarta.
- Hutagalung, H. P. 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut*. *Pewarta Oceana* IX (1):12-19.
- Hutagalung, H. P. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen, dan Biota*. Buku ke-2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Irawan, F., M. J. Geor., S. Murni. 2009. *Faktor – Faktor Penting Dalam Proses Pembesaran Ikan Di Fasilitas Nursery Dan Pembesaran*. Bidang Kosentrasi Aquaculture Program Alih Jenjang Diploma Iv. Itb-Seamolec-Vedca.
- Juniawan, A., B. Rumhayati., B. Ismuyanto., 2012. *Karakteristik Lumpur Lapindo dan Fluktuasi Logam Berat Pb dan Cu pada Sungai Porong dan Aloo*. *Sains dan Terapan* 7(1):50-59
- Kammaruzzaman, B.Y., M.C. Ong., K.C.A., Jalal., S. Shahbudin., dan O.M. Nor. 2011. *Accumulation of Lead and Copper in Rhizophora apiculata from Setiu Mangrove Forest, Terengganu, Malaysia*. *Journal of Environmental Biology*:821-824.
- Kariada N. T. M., A. Irsadi. 2014. *Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 21(2):1-10
- Kartikasari, V., Tndjung, Shalihuddin, Djalal., Sunarto. 2002. *Akumulasi Logam Berat Cr Dan Pb Pada Tumbuhan Mangrove Avicennia marina Di Muara Sungai Babon Perbatasan Kota Semarang Dan Kabupaten Demak Jawa Tengah*. *Jurnal manusia dan lingkungan* IX(3):137-147.
- Kepmen LH. 2004. *Baku Mutu Air Laut Untuk Biota (Lampiran III)*. Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 51.
- Krupadam, R. J., R. Ahuja dan S. R. Wate, 2007. *Heavy Metal Binding Fractions in the Sediments of the Godavari Estuary, East Coast of India*. *Environmental Modeling and Assessment* 12(2):145-155
- Kumar, N. J. I., P. R. Sajish., R. N. Kumar, B. George dan S. Viyol. 2011. *Bioaccumulation of Lead, Zinc and Cadmium in Avicennia marina Mangrove Ecosystem near Narmada Estuary in Vamleshwar, West Coast of Gujarat, India*. *Jurnal International. Environmental Application & Science*, 6(1):8-13
- Kusumastuti, W. 2009. *Evaluasi Lahan Basah Bervegetasi Mangrove Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan (Studi Kasus Di Desa*

Kepetingan Kabupaten Sidoarjo). Tesis. Universitas Diponegoro : Semarang.

Kusumastuti, W., B. Hendriarto, dan D. Sutrisnanto. 2011. *Evaluasi Lahan Basah Buatan Vegetasi Mangrove dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan (Studi Kasus di desa Kepetingan Kabupaten Sidoarjo)*. Jurnal Ilmu Lingkungan 9(2):69-74.

Kyuma, K., 2004. *Paddy Soils Around The World*. In Rice is Life: Scientific Perspective for The 21st Century. Proceedings of The World Rice Research Conference, Tsukuba-Japan.

Lekatompessy, S. T. A., T. Alfredo. 2010. *Kajian Konstruksi Model Perendaman Gelombang Dengan Menggunakan Mangrove Di Pesisir Lateri-Kota Ambon*. Jurnal ARIKA 04(1)

Makmur, R., Emiyarti., L. O. A. Afu. 2013. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen di Kawasan Mangrove Perairan Teluk Kendari*. Jurnal Mina Laut Indonesia 2(6):47-58.

Milantara, N. 2006. *Tumbuhan Mangrove*. Diakses dari web <http://www.freewebs.com/arl-ipb-2006/deskripsi/hidrofita-mangrove.pdf>. Pada tanggal 2 Juni 2015 pukul 15.00 WIB

Mukhtasar. 2007. *Pencemaran Lingkungan dan Alam*. Pradnya Paramita. Jakarta

Mulyadi, E., R. Laksmono., D. Aprianti. 2009. *Fungsi Mangrove sebagai Pengendali. Pencemaran Logam Berat*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. I Edisi khusus. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN "Veteran" Jawa Timur

Murdiyanto, B. 2004. *Mengenal, Memelihara dan Melestarikan Ekosistem Bakau. Proyeek Pembangunan Masyarakat Pantai dan Pengelolaan Sumberdaya Perikanan*. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta:1-40.

Muslukah, L. 2013. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Pola Sebarannya Di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang*. IPB: Bogor

Nazli, M. F. & N. R. Hasim. 2014. *Heavy Metal Concentration in an Important Mangrove Species Sonneratia caseolaris in Peninsular Malaysia*. *Enviroment Asia*. 3:50-55.

Nirmal, K. R. P. Sajish., G. Basil., V. Shailendra., 2011. *An Assessment of the Accumulation Potential of Pb, Zn and Cd by Avicennia marina (Forssk.) Vierh. in Vamleshwar Mangroves, Gujarat, India*. *Notulae Scientia Biologicae*, 3:36-40.

Nonji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta : 1-106.

Odum E. P. 2000. *Dasar-dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Cetakan Kelima. Rineka Cipta. Jakarta.
- Patty, S. I. 2013. *Distribusi Suhu, Salinitas, dan Oksigen Terlarut Di Perairan Kema, Sulawesi Utara*. Jurnal Ilmiah Platax. 1:(3)
- Putri, D. H., M. Yusuf., L. Muslukah. 2014. *Sebaran Kandungan Bahan Organik Total di Perairan Muara Sungai Porong Kabupaten Sidoarjo*. Jurnal Oseanografi 3(4):610-617.
- Rahayuningsih, S. K. 2007. *Pedoman Analisa Sedimen lepas di Laboratorium Geologi Laut, Bidang Dinamika Laut*. Pusat Penelitian Oseanografi. LIPI. Jakarta
- Rodtassana, C. and S. Pongparn. 2012. *Quantitative Analysis of The Root System of Avicenia Alba Based on the Pipe Model Theory*. Science Asia 38(2012):414-418.
- Salmin, 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseanografi LIPI: Jakarta
- Sanusi, H. S. 2006. *Kimia Laut. Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Prartono T, Supriyono E, editor. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor : 188
- Sari, A. E. M., T. Purnomo., Winarsih., 2013. *Kualitas Perairan Estuari Porong Sidoarjo Jawa Timur Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Makrozoobentos*. Universitas Negeri Surabaya.
- Setiawan, I. 2013. *The preliminary study on the sediment size in Laut Tawar Lake, Takengon, Aceh Tengah District, Province of Aceh*.
- Siaka, I M. 2008. *Korelasi Antara Kedalaman Sedimen Di Pelabuhan Tanjung Benoa Dan Konsentrasi Logam berat Pb dan Cu*. Universitas Udayana
- Soemirat, J.2003. *Toksikologi lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Suwandewi, A. A. S. I. A., I. E. Suprihatin., M. Manurung. 2013. *Akumulasi Logam Kromium (Cr) Dalam Sedimen, Akar, Dan Daun Mangrove Avicennia marina Di Muara Sungai Badung*. Universitas Udayana. Jurnal Kimia
- Ulqodry, T. Z., D. G. Bengen., R. F. Kaswadji., 2010. *Karakteristik Perairan Mangrove Tanjung Api-api Sumatera Selatan Berdasarkan Sebaran zparameter Lingkungan Perairan Dengan Menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA)*. IPB. Maspari journal 01:16-21
- Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran lingkungan*. Andi offset. Yogyakarta

repository.ub.ac.id

Yan, Z. Z., L. Key., N. F. Y. Tam. 2010. *Lead Stress in Seedlings of Avicennia marina, a Common Mangrove Species in South China, with and without Cotyledons*. Aquatic Botany, 92:112–118

Yani, A. 2003. *Hubungan Kualitas Air Dengan Kegiatan Penduduk di Sungai Sumber* [Tesis]. Jakarta. Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.

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



LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengukuran Parameter Air

1. Suhu

Suhu

- Disiapkan alat dan bahan
- Kalibrasi sensor termometer dengan aquadest
- Keringkan dengan tisu
- Ukur suhu dengan cara membelakangi matahari selama ± 5 menit
- Dicatat hasilnya
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali

Hasil

2. DO (Oksigen Terlarut)

Skema kerjanya adalah

DO

- Disiapkan alat dan bahan
- Kalibrasi sensor DO meter dengan aquadest
- Keringkan dengan tisu
- Masukkan sensor DO meter ke dalam permukaan perairan
- Dicatat hasilnya
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali

Hasil

3. Salinitas

Salinitas

- Disiapkan alat dan bahan
- Dikalibrasi sensor salinometer menggunakan aquades
- Ditekan tombol on
- Dimasukkan sensor salinometer ke dalam kolom permukaan
- Ditunggu hingga nilainya stabil
- Dicatat nilai salinitasnya
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali

Hasil

4. pH air

pH

- Disiapkan alat dan bahan
- Dikalibrasi sensor pH meter menggunakan aquades
- Ditekan tombol on
- Dimasukkan sensor pH meter hingga terendam air laut
- Ditunggu hingga nilai pH stabil
- Dicatat nilai pH
- Dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali

Hasil

Lampiran 2. Hasil Pengukuran pH dan Eh Sedimen

Hasil Pengukuran pH dan Eh Sedimen (Pengulangan 1)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
Jalan Veteran Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 566290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : soilub@ub.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

Nomor : 175 / UN.10.4 / T / PG - KT / 2015

HASIL ANALISIS CONTOH TANAH

a.n. : 1.Putu Winny
2.Fanny Aprilia Ekawati

Alamat : FPIK - UB

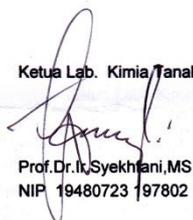
Lokasi Tanah : Mangrove Porong

Terhadap kering oven 105°C

| No.Lab | Kode | pH 1:1 | | Redoks(EH) mV |
|---------|----------------|------------------|--------|------------------|
| | | H ₂ O | KCl 1N | |
| TNH 339 | STASIUN 1 10Cm | 7,2 | 6,8 | -35,7 |
| TNH 340 | STASIUN 2 10Cm | 7,1 | 6,7 | -38,6 |
| TNH 341 | STASIUN 3 10Cm | 6,9 | 6,6 | -24,6 |



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



Ketua Lab. Kimia Tanah

Prof. Dr. Ir. Syekhmani, MS
NIP 19480723 197802 1 001

C:Dokumen/hasil analisis/Apr.15/175.xls

Didukung Laboratorium, Analisa lengkap dan khusus untuk kepentingan Mahasiswa, Dosen dan Masyarakat **LAB. KIMIA TANAH** : Analisa Kimia Tanah / Tanaman, dan Rekomendasi Pemupukan **LAB. FISIKA TANAH** : Analisa Fisik Tanah, Perancangan Konservasi Tanah dan Air, serta Rekomendasi Irigasi **LAB. PEDOLOGI DAN SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA LAHAN**, Penginderaan Jauh dan Pemetaan : Interpretasi Foto Udara, Pembuatan Peta, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan, Sistem Informasi Geografi **LAB. BIOLOGI TANAH** : Analisa Kualitas Bahan Organik dan Pengelolaan Kesuburan Tanah Secara Biologi, UPT Kompos.

Hasil Pengukuran pH dan Eh Sedimen (Pengulangan 2)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
Jalan Veteran Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 566290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : soilub@ub.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

Nomor : 175 / UN.10.4 / T / PG - KT / 2015

HASIL ANALISIS CONTOH TANAH

a.n. : 1. Putu Winny
2. Fanny Aprilia Ekawati
Alamat : FPIK - UB
Lokasi Tanah : Mangrove Porong

Terhadap kering oven 105°C

| No.Lab | Kode | pH 1:1 | | Redoks(EH) |
|---------|----------------|------------------|--------|-------------|
| | | H ₂ O | KCl 1N | |
| TNH 339 | STASIUN 1 10Cm | 6,9 | 6,3 | mV -36,6 |
| TNH 340 | STASIUN 2 10Cm | 7,2 | 6,6 | -37,1 |
| TNH 341 | STASIUN 3 10Cm | 7,3 | 6,8 | -25,4 |



Mengetahui,
Ketua Jurusan,
Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
NIP. 19540501 198103 1 006

Ketua Lab. Kimia Tanah

Prof. Dr. Iq. Syekhiani, MS
NIP. 19480723 197802 1 001

C:Dokumen/hasil analisis/Apr.15/175.xls

Didukung Laboratorium, Analisa lengkap dan khusus untuk kepentingan Mahasiswa, Dosen dan Masyarakat LAB. KIMIA TANAH : Analisa Kimia Tanah / Tanaman, dan Rekomendasi Pemupukan LAB. FISIKA TANAH : Analisa Fisik Tanah, Perancangan Konservasi Tanah dan Air, serta Rekomendasi Irigasi LAB. PEDOLOGI DAN SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA LAHAN, Penginderaan Jauh dan Pemetaan : Interpretasi Foto Udara, Pembuatan Peta, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan, Sistem Informasi Geografi LAB. BIOLOGI TANAH : Analisa Kualitas Bahan Organik dan Pengelolaan Kesuburan Tanah Secara Biologi, UPT Kompos.

Lampiran 3. Baku Mutu Air dan Sedimen

Baku Mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup RI Tahun 2004 No.51

□

BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK BIOTA LAUT

Lampiran III.
Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup
Nomor: Tahun 2004

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

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

Catatan:

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

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd

Nabiel Makarim, MPA, MSM.

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

Hoetomo, MPA.

Baku Mutu ANZECC untuk sedimen

| Contaminant | ISQG-Low (Trigger value) | ISQG-High |
|--|-----------------------------|-----------|
| METALS (mg/kg dry wt) | | |
| Antimony | 2 | 25 |
| Cadmium | 1.5 | 10 |
| Chromium | 80 | 370 |
| Copper | 65 | 270 |
| Lead | 50 | 220 |
| Mercury | 0.15 | 1 |
| Nickel | 21 | 52 |
| Silver | 1 | 3.7 |
| Zinc | 200 | 410 |
| METALLOIDS (mg/kg dry wt) | | |
| Arsenic | 20 | 70 |
| ORGANOMETALLICS | | |
| Tributyltin ($\mu\text{g Sn/kg dry wt.}$) | 5 | 70 |
| ORGANICS ($\mu\text{g/kg dry wt}$)^b | | |
| Acenaphthene | 16 | 500 |
| Acenaphthalene | 44 | 640 |
| Anthracene | 85 | 1100 |
| Fluorene | 19 | 540 |
| Naphthalene | 160 | 2100 |
| Phenanthrene | 240 | 1500 |
| Low Molecular Weight PAHs ^c | 552 | 3160 |
| Benzo(a)anthracene | 261 | 1600 |
| Benzo(a)pyrene | 430 | 1600 |
| Dibenzo(a,h)anthracene | 63 | 260 |
| Chrysene | 384 | 2800 |
| Fluoranthene | 600 | 5100 |
| Pyrene | 665 | 2600 |
| High Molecular Weight PAHs ^c | 1700 | 9600 |
| Total PAHs | 4000 | 45000 |
| Total DDT | 1.6 | 46 |
| p,p'-DDE | 2.2 | 27 |
| o,p'- + p,p'-DDD | 2 | 20 |
| Chlordane | 0.5 | 6 |
| Dieldrin | 0.02 | 8 |
| Endrin | 0.02 | 8 |
| Lindane | 0.32 | 1 |
| Total PCBs | 23 | – |

a Primarily adapted from Long et al. (1995);

b Normalised to 1% organic carbon;

c Low molecular weight PAHs are the sum of concentrations of acenaphthene, acenaphthalene, anthracene, fluorene, 2-methylnaphthalene, naphthalene and phenanthrene; high molecular weight PAHs are the sum of concentrations of benzo(a)anthracene, benzo(a)pyrene, chrysene, dibenzo(a,h)anthracene, fluoranthene and pyrene.

Lampiran 4. Hasil Pengujian Logam Berat Zn pada Sedimen dan Akar
Pengukuran Logam Berat Zn pada Akar (Pengulangan 1)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
Jalan Veteran Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 566290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : soilub@ub.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

Nomor : 175 / UN.10.4 / T / PG - KT / 2015

HASIL ANALISIS CONTOH AKAR

a.n. : 1.Putu Winny
2.Fanny Aprilia Ekawati
Alamat : FPIK - UB

Terhadap kering oven 105°C

| No.Lab | Kode | Zn.total |
|--------|----------------|--------------------------------------|
| | | HNO ₃ + HClO ₄ |
| | | ppm |
| TNM 51 | STASIUN 1 10Cm | 51,76 |
| TNM 52 | STASIUN 1 20Cm | 43,90 |
| TNM 53 | STASIUN 1 30Cm | 53,18 |
| TNM 54 | STASIUN 2 10Cm | 53,61 |
| TNM 55 | STASIUN 2 20Cm | 54,88 |
| TNM 56 | STASIUN 2 30Cm | 54,40 |
| TNM 57 | STASIUN 3 10Cm | 45,20 |
| TNM 58 | STASIUN 3 20Cm | 66,27 |
| TNM 59 | STASIUN 3 30Cm | 56,85 |

11 MAY 2015
Mengetahui
Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Zaenah Kusuma, MS
NIP. 19540501 198103 1 006

Ketua Lab. Kimia Tanah

Prof. Dr. Ir. Syekhfanjani MS
NIP. 19480723 197802 1 001

C:Dokumen/hasil analisis/Apr.15/175.xls

Didukung Laboratorium, Analisa lengkap dan khusus untuk kepentingan Mahasiswa, Dosen dan Masyarakat LAB. KIMIA TANAH : Analisa Kimia Tanah / Tanaman, dan Rekomendasi Pemupukan LAB. FISIKA TANAH : Analisa Fisik Tanah, Perancangan Konservasi Tanah dan Air, serta Rekomendasi Irigasi LAB. PEDOLOGI DAN SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA LAHAN, Penginderaan Jauh dan Pemetaan : Interpretasi Foto Udara, Pembuatan Peta, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan, Sistem Informasi Geografi LAB. BIOLOGI TANAH : Analisa Kualitas Bahan Organik dan Pengelolaan Kesuburan Tanah Secara Biologi, UPT Kompos.

Pengukuran Logam Berat Zn pada Akar (Pengulangan 2)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
Jalan Veteran Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 566290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : soilub@ub.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

Nomor : 175 / UN.10.4 / T / PG - KT / 2015

HASIL ANALISIS CONTOH AKAR

a.n. : 1.Putu Winny
2.Fanny Aprilia Ekawati
Alamat : FPIK - UB

Terhadap kering oven 105°C

| No.Lab | Kode | Zn.total |
|--------|----------------|--------------------------------------|
| | | HNO ₃ + HClO ₄ |
| | | ppm |
| TNM 51 | STASIUN 1 10Cm | 51,42 |
| TNM 52 | STASIUN 1 20Cm | 57,33 |
| TNM 53 | STASIUN 1 30Cm | 60,88 |
| TNM 54 | STASIUN 2 10Cm | 59,80 |
| TNM 55 | STASIUN 2 20Cm | 63,37 |
| TNM 56 | STASIUN 2 30Cm | 66,02 |
| TNM 57 | STASIUN 3 10Cm | 48,95 |
| TNM 58 | STASIUN 3 20Cm | 64,31 |
| TNM 59 | STASIUN 3 30Cm | 69,76 |

11 MAY 2015
Mengetahui
Ketua Jurusan

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

Ketua Lab. Kimia Tanah

Prof. Dr. Ir. Syekh Fani, MS
NIP. 194807231978021001

C:Dokumen/hasil analisis/Apr.15/175.xls

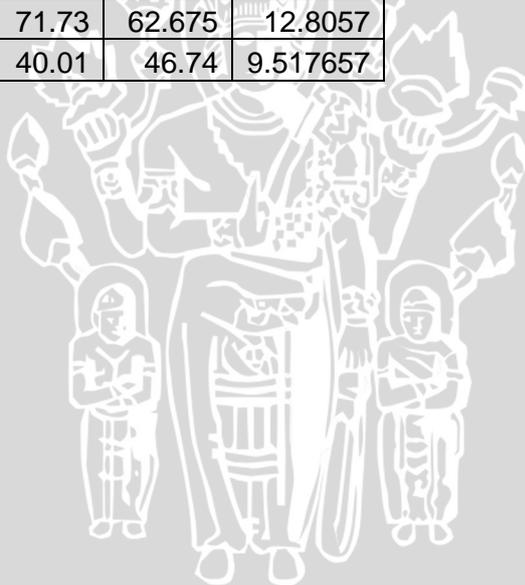
Didukung Laboratorium, Analisa lengkap dan khusus untuk kepentingan Mahasiswa, Dosen dan Masyarakat **LAB. KIMIA TANAH** : Analisa Kimia Tanah / Tanaman, dan Rekomendasi Pemupukan **LAB. FISIKA TANAH** : Analisa Fisik Tanah, Perancangan Konservasi Tanah dan Air, serta Rekomendasi Irigasi **LAB. PEDOLOGI DAN SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA LAHAN**, Penginderaan Jauh dan Pemetaan : Interpretasi Foto Udara, Pembuatan Peta, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan, Sistem Informasi Geografi **LAB. BIOLOGI TANAH** : Analisa Kualitas Bahan Organik dan Pengelolaan Kesuburan Tanah Secara Biologi, UPT Kompos.

Pengukuran Logam Berat Zn pada Sedimen (Pengulangan 1 dan Pengulangan 2)

| Sedimen | Stasiun 1 | | Rata2 | Stdev |
|---------|-----------|-------|--------|----------|
| 10 cm | 65.54 | 75.09 | 70.315 | 6.75287 |
| 20 cm | 70.34 | 53.81 | 62.075 | 11.68848 |
| 30 cm | 51.77 | 59.87 | 55.82 | 5.727565 |

| Sedimen | Stasiun 2 | | Rata2 | Stdev |
|---------|-----------|-------|--------|----------|
| 10 cm | 66.24 | 72.37 | 69.305 | 4.334565 |
| 20 cm | 68.38 | 61.31 | 64.845 | 4.999245 |
| 30 cm | 44.2 | 30.2 | 37.2 | 9.899495 |

| Sedimen | Stasiun 3 | | Rata2 | Stdev |
|---------|-----------|-------|--------|----------|
| 10 cm | 57.63 | 74.06 | 65.845 | 11.61776 |
| 20 cm | 53.62 | 71.73 | 62.675 | 12.8057 |
| 30 cm | 53.47 | 40.01 | 46.74 | 9.517657 |



Lampiran 5. Analisis Statistik

Uji Normalitas dan homogenitas sedimen

| Tests of Normality | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------|------|------|-------------------|------|------|------|
| Kedalaman | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. | |
| Sedimen | 10cm | .220 | 6 | .200 [*] | .906 | 6 | .409 |
| | 20cm | .237 | 6 | .200 [*] | .856 | 6 | .175 |
| | 30cm | .187 | 6 | .200 [*] | .974 | 6 | .918 |

a. Lilliefors Significance Correction
*. This is a lower bound of the true significance.

Test of Homogeneity of Variance

| | | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|---------|--------------------------------------|------------------|-----|--------|------|
| Sedimen | Based on Mean | .926 | 2 | 15 | .418 |
| | Based on Median | .814 | 2 | 15 | .462 |
| | Based on Median and with adjusted df | .814 | 2 | 11.955 | .466 |
| | Based on trimmed mean | .924 | 2 | 15 | .419 |

Uji Normalitas dan homogenitas akar *Avicennia alba*

| Tests of Normality | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------|------|------|-------------------|------|------|------|
| Kedalaman | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. | |
| Akar | 10cm | .171 | 6 | .200 [*] | .933 | 6 | .604 |
| | 20cm | .198 | 6 | .200 [*] | .921 | 6 | .512 |
| | 30cm | .221 | 6 | .200 [*] | .935 | 6 | .617 |

a. Lilliefors Significance Correction
*. This is a lower bound of the true significance.

Test of Homogeneity of Variance

| | | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------|--------------------------------------|------------------|-----|--------|------|
| Akar | Based on Mean | .330 | 2 | 15 | .724 |
| | Based on Median | .311 | 2 | 15 | .737 |
| | Based on Median and with adjusted df | .311 | 2 | 14.904 | .737 |
| | Based on trimmed mean | .331 | 2 | 15 | .724 |

Uji ANOVA One Way Untuk Sedimen

ANOVA

Konsentrasi Zn

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| Between Groups | 1567.229 | 2 | 783.615 | 10.461 | .001 |
| Within Groups | 1123.603 | 15 | 74.907 | | |
| Total | 2690.832 | 17 | | | |

Uji ANOVA One Way Untuk Akar

ANOVA

Konsentrasi Zn

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Between Groups | 385.180 | 2 | 192.590 | 5.608 | .015 |
| Within Groups | 515.168 | 15 | 34.345 | | |
| Total | 900.348 | 17 | | | |

Uji Korelasi Antara Sedimen dan Akar

Correlations

| | | Kedalaman | Akar | Sedimen |
|-----------|---------------------|-----------|--------|---------|
| Kedalaman | Pearson Correlation | 1 | .646** | -.731** |
| | Sig. (2-tailed) | | .004 | .001 |
| | N | 18 | 18 | 18 |
| Akar | Pearson Correlation | .646** | 1 | -.467 |
| | Sig. (2-tailed) | .004 | | .051 |
| | N | 18 | 18 | 18 |
| Sedimen | Pearson Correlation | -.731** | -.467 | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .001 | .051 | |
| | N | 18 | 18 | 18 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



Pengambilan sampel sedimen



Sampel dimasukkan kedalam plastik



Pengukuran kualitas air



Alat AAS yang digunakan



Pengambilan sampel akar



Pemberian label pada sampel