

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg)  
PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Rhizophora mucronata*  
DI KAWASAN MANGROVE ROMOKALISARI, SURABAYA**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**TYASSANTI TRYWIDIARINI**

**NIM. 115080100111047**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg)  
PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Rhizophora mucronata*  
DI KAWASAN MANGROVE ROMOKALISARI, SURABAYA**

**SKRIPSI**

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

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

**Oleh:**

**TYASSANTI TRYWIDIARINI  
NIM. 115080100111047**



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

## SKRIPSI

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg)  
PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Rhizophora mucronata*  
DI KAWASAN MANGROVE ROMOKALISARI, SURABAYA**

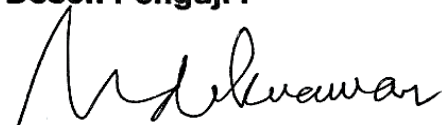
Oleh:

TYASSANTI TRYWIDIARINI

NIM. 115080100111047

Telah dipertahankan di depan penguji  
Pada tanggal 15 Januari 2016  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
SK Dekan No. :  
Tanggal :

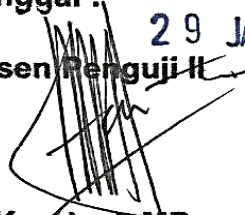
Dosen Penguji I



Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc  
NIP. 19790331 200501 1 003

Tanggal : 29 JAN 2016

Dosen Penguji II



Ir. Kusriani, MP  
NIP. 19560417 198403 2 001

Tanggal: 29 JAN 2016

Menyetujui,

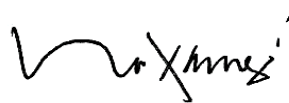
Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Mulyanto, M. Si  
NIP. 19600317 198602 1 001

Tanggal : 29 JAN 2016

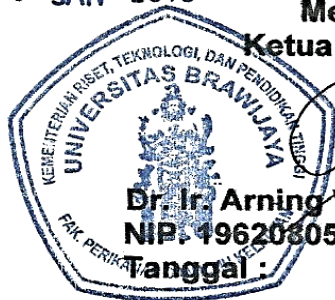
Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS  
NIP. 19600505 198601 1 004

Tanggal : 29 JAN 2016

Mengetahui,  
Ketua Jurusan MSP



Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS  
NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal : 29 JAN 2016



## PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang, Januari 2016

Mahasiswa,

**Tyassanti Trywidjarini**  
NIM. 115080100111047



## UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya
2. Dr. Ir Mulyanto, M.Si selaku dosen pembimbing I skripsi atas ketersediaan waktunya, kesabarannya dan segala ilmu serta semua wejangan yang diberikan selama penulisan skripsi dan Dr. Ir. Mahmudi, MS selaku dosen pembimbing II skripsi atas waktunya dan ilmu yang diberikan selama penulisan skripsi.
3. Andi Kurniawan, S.Pi., M.Eng., D.Sc selaku dosen penguji I, dan Ir. Kusriani, MP selaku dosen penguji II atas kritik dan saran yang diberikan .
4. Bapak Sony Muchson selaku pembimbing lapang yang telah memberikan informasi terkait mangrove Romokalisari serta semua bapak konservator mangrove yang penulis kenal di berbagai daerah atas inspirasinya untuk tetap menjaga kelestarian lingkungan melalui mangrove.
5. Kedua orang tua tercinta Drs. Ahmad Tontowi, M.Si dan Siti Sulichah atas kekuatan doa dan dorongan yang selalu diberikan dari jauh sehingga perjalanan skripsi memiliki banyak hikmah.
6. Kakak-kakak tersayang Tutut Aprianti W dan Bima Anggara P serta Priyo A Ruwiatmo yang memberikan motivasi yang besar dan inspirasi penulis selama ini.
7. Teman seperjuangan Rachma Labda P dan Novia Adi P yang telah bersama-sama berkeringat bersama melakukan perjalanan sangat panjang selama di lapang.

8. Komunitas mangrove KeMANGTEER Malang dan MONTOC Tour yang pertama kali menumbuhkan rasa cinta dan kepedulian terhadap ekosistem pesisir serta semua rekan mangrover se-Indonesia
  9. Penghuni gedung putih Pocut'ers Dini, Ama, Vivi, Nunu, Nia, Jeje, Melda, Ina, Mbak Sarah, Mbak Irmu, Mbak Aya, Vita dan kawan-kawan lain yang telah menjadi keluarga kedua dan tim hore di Malang serta Mbak Eny dan Afin atas bantuannya dalam ilmu statistika dan wejanganannya selama penulisan skripsi.
  10. Teman-teman ARM'11 terutama 3D2H1C (Eboy dan Ocha), Fitri, Teh Ratih, yang telah memberikan semangat dan telah menghibur serta Wiwid, Dito, Ihsan yang telah membantu ikut serta dalam survey dan pelaksanaan di lapang.
  11. Sahabat-sahabat penulis Coceh, MJ, Dinda, Jujuk, Anis, Randi, geng VBT yang telah menjadi moodbooster dan travelmate.
  12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuan, semangat hingga kelancaran proses penyelesaian tugas akhir ini.
- Semoga skripsi ini bermanfaat untuk para pembaca.

Malang, Januari 2016

Penulis





## RINGKASAN

**TYASSANTI TRYWIDIARINI.** Skripsi tentang Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Akar dan Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* di Kawasan Romokalisari, Surabaya (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto, Msi** dan **Dr. Ir. Mohammad Mahmudi, MS**).

---

Ekosistem mangrove memiliki berbagai fungsi, salah satunya fungsi ekologis yaitu mangrove dapat menyerap kandungan logam berat yang terdapat pada perairan ataupun sedimen. Kontaminasi logam merupakan pencemaran umum di daerah perkotaan, pembuangan industri dan limbah masyarakat (Pahalawattarachchi *et al.*, 2009). Hal tersebut juga terjadi pada mangrove di kawasan Romokalisari, Surabaya yang memiliki berbagai macam pabrik. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui kandungan merkuri (Hg) pada air, sedimen, akar dan daun *Rhizophora mucronata*; mengetahui kemampuan vegetasi mangrove *Rhizophora mucronata* dalam mengurangi logam berat merkuri (Hg) dan menghubungkan kandungan merkuri yang terdapat pada air, sedimen terhadap parameter fisika dan kimia perairan di Romokalisari, Surabaya.

Penelitian dilakukan di kawasan mangrove Romokalisari, Surabaya, Jawa Timur pada bulan September 2015. Pengambilan data diambil secara *insitu* meliputi sampel air, sedimen, dan akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* serta parameter kualitas air (suhu, pH, salinitas, dan DO), kemudian dianalisis dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometri*). Titik pengambilan sampel terdapat 3 stasiun yaitu stasiun 1 berada di kawasan yang dekat dengan pemukiman penduduk dan industri, stasiun 2 berada di sekitar tambak dan pergudangan, dan stasiun 3 merupakan muara sungai Benowo yang langsung mengalami pencampuran dengan air laut.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata nilai konsentrasi logam berat merkuri (Hg) yang terdapat di dalam air sebesar 0,0103ppm, pada sedimen sebesar 0,1588ppm, pada akar *Rhizophora mucronata* sebesar 0,029ppm, dan pada daun *Rhizophora mucronata* sebesar 0,006ppm. Rata-rata nilai *Bio-Concentration Factor* (BCF) sebesar 0,185; *Translocation Factor* (TF) sebesar 0,205; dan *Fitoremediation* (FTD) sebesar -0,020. Berdasarkan hasil BCF dan FTD dapat disimpulkan bahwa *Rhizophora mucronata* bersifat *hyperakumulator* dan fitoekstraksi. Hasil pengukuran kualitas air di lokasi penelitian, suhu sebesar 29,9 °C; salinitas 29,3 ppt; pH 6,83; dan DO sebesar 8,9 mg/l. Hubungan antara kualitas air (suhu, pH, salinitas dan DO) mempengaruhi dinamika logam berat.

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim...*

Alhamdulillah segala puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan Judul “**Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Akar dan Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* Di Kawasan Romokalisari, Surabaya**”. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang.

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

Malang, Januari 2016

Penulis



## DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
RINGKASAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan .....	4
1.4 Manfaat.....	5
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian.....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Logam Berat .....	6
2.1.1 Pengertian Logam Berat .....	6
2.1.2 Pengaruh Logam Esensial dan Nonesensial.....	6
2.2 Logam Berat Merkuri (Hg) .....	7
2.2.1 Karakteristik dan Sumber Merkuri (Hg).....	7
2.2.2 Logam Berat Merkuri di Perairan dan Sedimen .....	9
2.2.3 Bentuk dan Prinsip Merkuri (Hg).....	10
2.3 Ekosistem Mangrove.....	11
2.3.1 Pengertian dan Habitat Mangrove .....	11
2.3.2 Struktur Vegetasi dan Adaptasi Mangrove.....	12
2.4 <i>Rhizopora mucronata</i> .....	13
2.4.1 Ciri Umum <i>Rhizopora mucronata</i> .....	13
2.4.2 Akar <i>Rhizopora mucronata</i> .....	14
2.4.3 Daun <i>Rhizopora mucronata</i> .....	15
2.5 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Mangrove .....	16
2.6 Teknik Fitoremediasi .....	16
2.7 Parameter Lingkungan.....	18
2.7.1 Parameter Fisika (Suhu) .....	18
2.7.2 Parameter Kimia.....	19

<b>3. MATERI DAN METODE .....</b>	<b>22</b>
3.1 Materi Penelitian .....	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	22
3.3 Lokasi Pengambilan Sampel.....	23
3.4 Prosedur Pengambilan Sampel.....	25
3.4.1 Pengambilan Sampel Air dan Sedimen .....	25
3.4.2 Pengambilan Sampel <i>Rhizopora mucronata</i> .....	25
3.5 Analisa Konsentrasi Hg Total.....	26
3.5.1 Pengukuran Konsentrasi Hg pada Air.....	26
3.5.2 Pengukuran Konsentrasi Hg pada Sedimen.....	26
3.5.3 Pengukuran Konsentrasi Hg pada Akar dan Daun <i>Rhizopora mucronata</i> .....	27
3.6 Parameter Kualitas Air .....	28
3.6.1 Suhu .....	28
3.6.2 Salinitas .....	28
3.6.3 DO.....	29
3.6.4 pH .....	29
3.7 Analisis Data.....	30
3.7.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF) .....	30
3.7.2 Faktor Translokasi (TF) .....	30
3.7.3 Faktor Fitoremediasi (FTD) .....	31
3.8 Analisis Korelasi Pearson .....	32
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian .....	33
4.1.1 Deskripsi Stasiun 1 .....	35
4.1.2 Deskripsi Stasiun 2 .....	36
4.1.3 Deskripsi Stasiun 3 .....	36
4.2 Kondisi Lingkungan Perairan .....	37
4.2.1 Suhu .....	37
4.2.2 Salinitas .....	39
4.2.3 pH .....	40
4.2.4 DO.....	42
4.3 Hasil Pengujian Logam Berat.....	43
4.3.1 Logam Berat pada Air.....	44
4.3.2 Logam Berat pada Sedimen.....	45
4.3.3 Logam Berat pada Akar Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> .....	46
4.3.4 Logam Berat pada Daun Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> .....	47
4.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF) , Fitoremediasi (FTD), dan Exchange Concentration (EC).....	48
4.4.1 Analisis Faktor Biokonsentrasi (BCF) .....	48
4.4.2 Faktor Translokasi (TF) .....	49
4.4.4 Fitoremediasi (FTD) .....	50
4.5 Korelasi Konsentrasi Logam Berat Hg pada Air, Sedimen dengan Suhu, Salinitas, pH dan DO Air.....	51

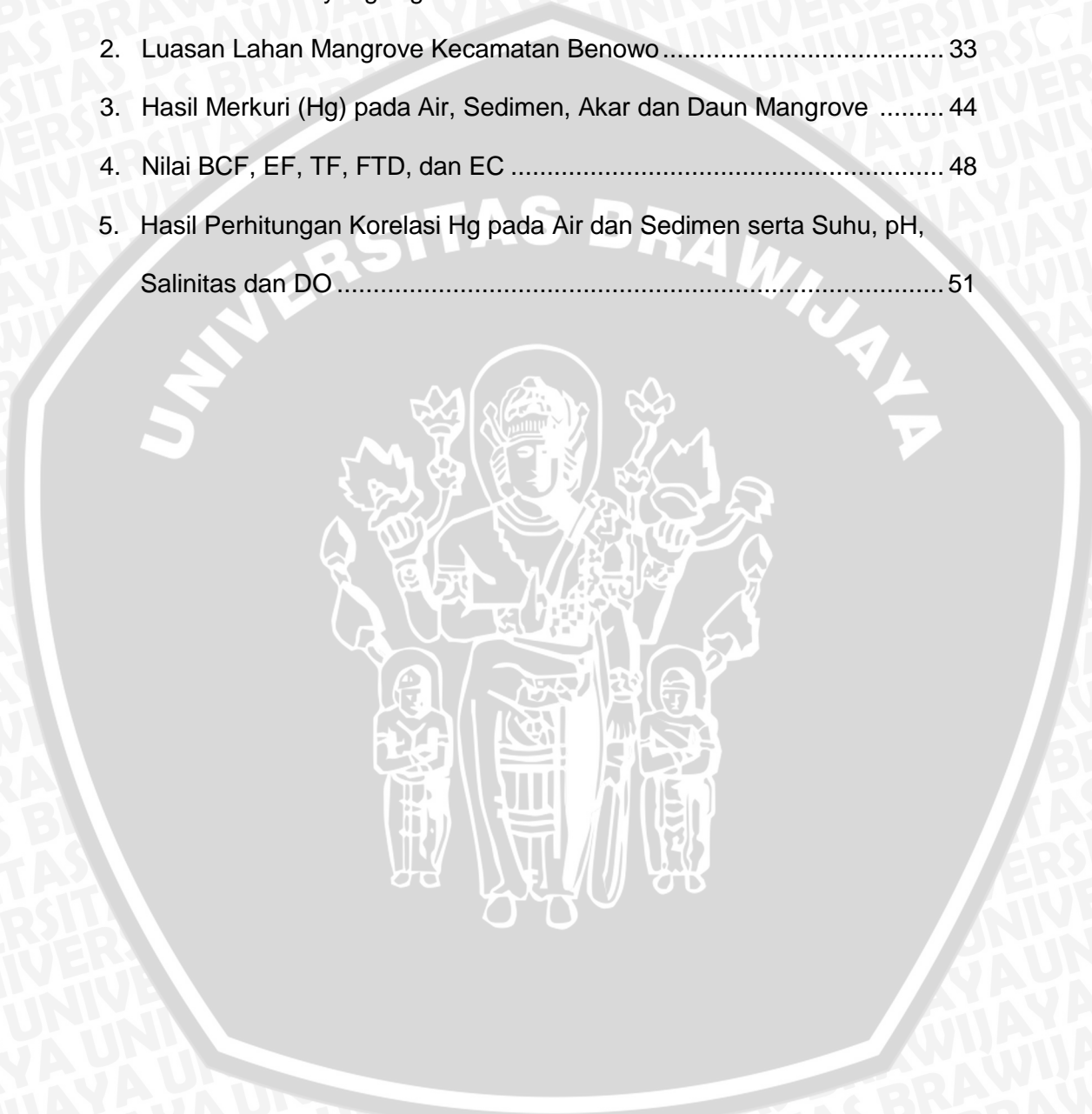
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>55</b>
5.2 Kesimpulan .....	55
5.3 Saran .....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>62</b>





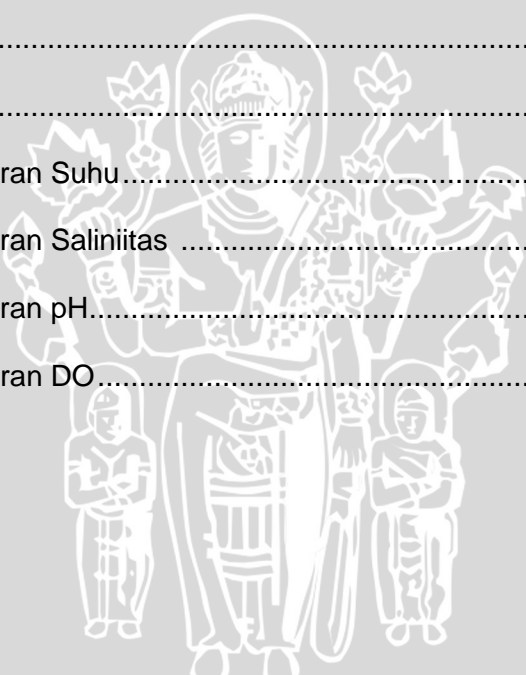
**DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
1. Alat dan Bahan yang Digunakan .....	23
2. Luasan Lahan Mangrove Kecamatan Benowo .....	33
3. Hasil Merkuri (Hg) pada Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove .....	44
4. Nilai BCF, EF, TF, FTD, dan EC .....	48
5. Hasil Perhitungan Korelasi Hg pada Air dan Sedimen serta Suhu, pH, Salinitas dan DO .....	51



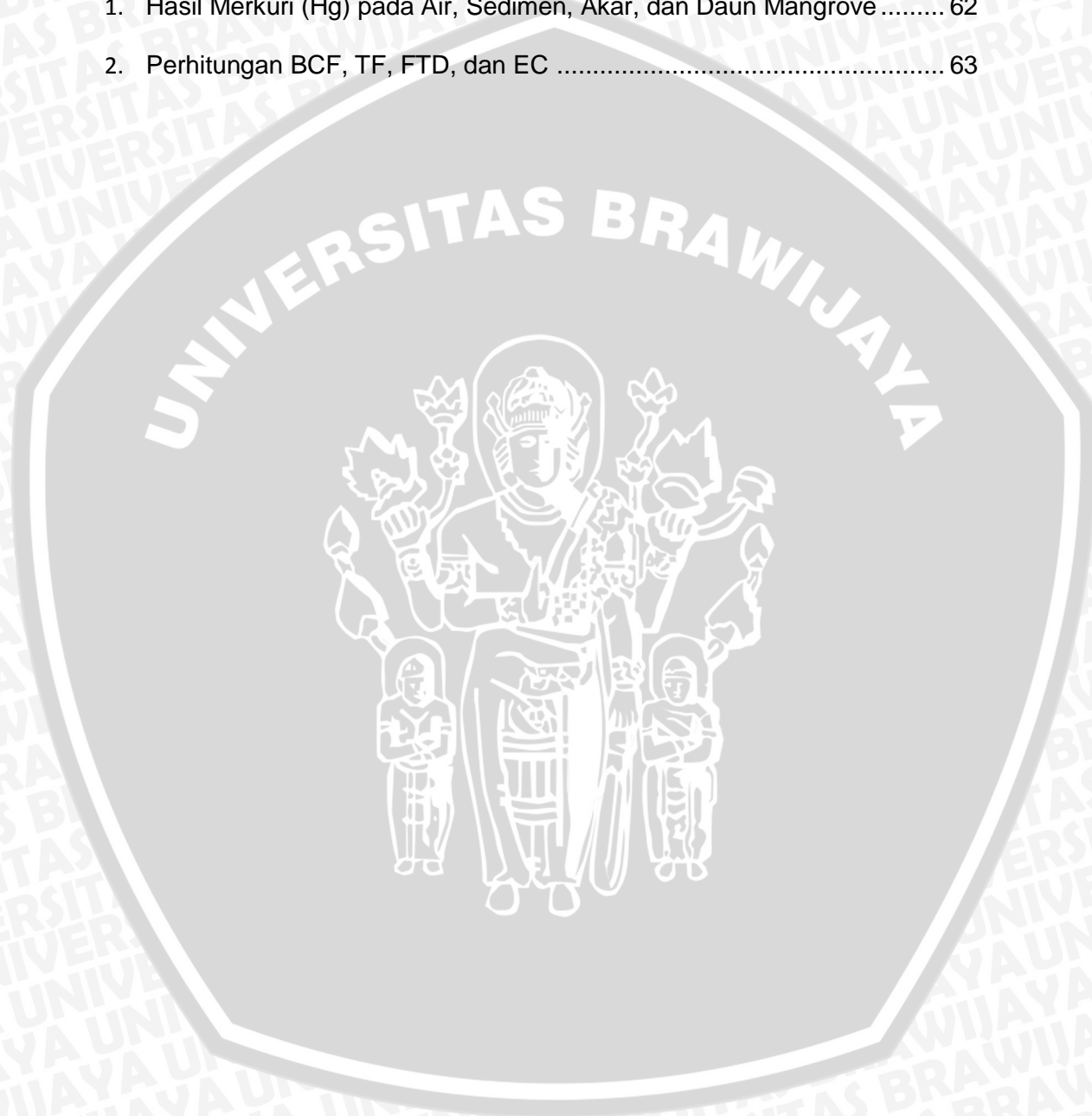
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Rhizophora mucronata</i> .....	13
2. Akar <i>Rhizophora mucronata</i> .....	14
3. Daun <i>Rhizophora mucronata</i> .....	15
4. Lokasi Pengambilan Sampel.....	24
5. Peta Lokasi Penelitian.....	34
6. Stasiun 1 .....	35
7. Stasiun 2.....	36
8. Stasiun 3 .....	37
9. Grafik Pengukuran Suhu.....	37
10. Grafik Pengukuran Salinitas .....	39
11. Grafik Pengukuran pH.....	41
12. Grafik Pengukuran DO.....	42



### DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Merkuri (Hg) pada Air, Sedimen, Akar, dan Daun Mangrove .....	62
2. Perhitungan BCF, TF, FTD, dan EC .....	63







## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan pembangunan yang semakin meningkat dengan berbagai aktivitas pada berbagai sektor, akan dirasakan pengaruhnya terhadap sumberdaya-sumberdaya alam yang dimiliki, salah satunya adalah sumberdaya perairan. Sumberdaya ini mendapat tekanan yang cukup berat, baik secara fisik, kimia, biologi maupun sosial ekonomi. Sumberdaya perairan dan lingkungan menerima berbagai dampak dari kegiatan pembangunan yang kurang terintegrasi secara bijaksana, contohnya erosi, sedimentasi, pencemaran badan-badan perairan, banjir, dan kekeringan merupakan fenomena alam yang sering ditemui (Djunaedi, 2011).

Menurut Dahuri, *et al.* (1996), secara umum hutan mangrove dan ekosistem mangrove cukup tahan terhadap berbagai gangguan dan tekanan lingkungan. Namun mangrove sangat peka terhadap pengendapan atau sedimentasi, tinggi rata-rata permukaan air, pencucian serta tumpahan minyak. Keadaan ini mengaibatkan penurunan kadar oksigen dengan cepat untuk kebutuhan respirasi, dan menyebabkan kematian mangrove. Perubahan faktor-faktor tersebut yang mengontrol pola salinitas substrat dapat menyebabkan komposisi spesies; salinitas yang lebih dari 90 ppt dapat mengakibatkan kematian biota dalam jumlah besar.

Ekosistem mangrove lahan basah intertidal pada umumnya terletak pada kondisi tropis, sub-tropis, dan suhu pesisir. Sistem mangrove berfungsi sebagai area habitat dan tempat memijah untuk berbagai organisme, baik secara langsung maupun tidak langsung pentingnya sosial ekonomi. Mangrove juga melindungi garis pantai dari erosi dan memberikan stabilitas untuk pesisir yang

berdekatan. Karena siklus pasang surut dan genangan air, Hg dilepaskan dari sisa-sisa mangrove melalui dekomposisi anaerobik. Anorganik Hg diubah oleh bakteri untuk MeHg (metilmerkuri) di lahan basah. Karena akumulasi dari MeHg pada biota dan biomagnifikasi pada rantai makanan di perairan, konsentrasi Hg ter tinggi pada ikan dan kerang-kerangan dari mangrove (Ding *et al.*, 2009).

Akumulasi Hg di sedimen secara umum dari fisik, kimia, biologi, geologi, dan proses lingkungan antropogenik. Sedimen dapat menjadi indikator baik dari kualitas perairan. Toksisitas dan bioavailabilitas Hg dipengaruhi speisasi kimia daripada total konsentrasinya di sedimen. Di sedimen, Hg dapat berasosiasi dengan perbedaan fase yang mengikat. Ada beberapa faktor seperti bahan organik terlarut di kolom air, kapasitas adsorpsi di sedimen, perbedaan tipe sisi mengikat, pH, konsentrasi ion klorida, kekuatan ion, kapasitas tukar kation, potensi reduksi oksidasi dan juga dapat mempengaruhi distribusi dan spesiasi logam dalam sedimen (Chakraborty *et al.*, 2014).

Kontaminasi logam merupakan pencemaran umum di daerah perkotaan, pembuangan industri dan limbah masyarakat. Hal tersebut berbahaya pada manusia, hewan, dan cenderung ke akumulasi pada rantai makanan. Ekosistem mangrove memiliki kapasitas untuk beraksi sebagai *sink* atau penyangga dan penghapusan atau pelumpuhan logam sebelum mencapai ekosistem sekitar perairan karena sebagian besar tanah liat halus, bahan organik dan pH rendah, lumpur bakau efektif menyerap logam, sering bergerak seperti sulfida dalam sedimen anaerob (Pahalawattarachchi *et al.*, 2009).

Hal tersebut juga terjadi pada mangrove di kawasan Romokalisari, Surabaya. Romokalisari memiliki berbagai macam pabrik. Selain adanya aktivitas industri, terdapat pula limbah yang berasal dari rumah tangga yang berasal dari sungai Benowo yang kemudian mengalir pula di sungai kawasan Romokalisari lalu bermuara di Teluk Lamong. Limbah buangan tersebut umumnya



mengandung unsur-unsur logam berat seperti Timbal (Pb), Krom (Cr), Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Nikel (Ni). Limbah-limbah tersebut sulit untuk terdegradasi oleh mikroorganisme. Berdasarkan beberapa penelitian, mangrove memiliki kemampuan menyerap polutan logam berat. Oleh karena itu, diperlukan penelitian terhadap penyerapan logam berat Merkuri (Hg) yang terdapat pada jenis mangrove *Rhizophora mucronata* khususnya pada akar dan daun serta lingkungan yang mempengaruhinya yaitu sedimen dan air.

## 1.2 Rumusan Masalah

Romokalisari merupakan kawasan pesisir yang memiliki berbagai aktivitas industri di sekitarnya seperti industri pupuk, pabrik kertas, batu bara, dan pabrik tepung. Aktivitas perindustrian tersebut akan menghasilkan limbah yang masuk ke kawasan mangrove. Mangrove yang tumbuh di daerah Romokalisari memiliki berbagai macam spesies seperti *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnoriza* dan lain-lain. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh Greenpeace pada tahun 2015 menemukan bahwa salah satu daerah di Jawa Barat terdapat pembuangan limbah berbahaya langsung di sungai tanpa adanya pengolahan limbah oleh perindustrian. Romokalisari juga dapat menimbulkan suatu permasalahan lingkungan apabila limbah pabrik di sekitarnya tidak dilakukan pengolahan secara baik. Pencemaran logam berat merupakan salah satu permasalahan lingkungan di perairan yang sering terjadi. Terjadinya perubahan suhu, pH, salinitas, DO mempengaruhi kehidupan organisme yang hidup di perairan. Menurut Agustina (2010), kontaminasi merkuri dapat terjadi karena pembuangan limbah industri yang mengandung merkuri ke laut atau sungai, kemudian apabila air sungai tersebut dijadikan sumber air minum dengan tanpa pengolahan menghilangkan merkuri maka air tersebut dapat menimbulkan

merkuri kronik. Pada umumnya merkuri berasal dari produk pupuk yang mengandung pestisida dan batubara yang memiliki toksisitas akut dan kronik. Hal tersebut juga terjadi di kawasan industri Romokalisari dimana terdapat pula pabrik pupuk dan industri pembangkit listrik. Akar mangrove seperti jenis akar tunggang dapat menyerap logam berat, sehingga mangrove memiliki sifat sebagai bioindikator. Sama halnya yang dikemukakan oleh Heriyanto dan Subiandono (2011), bahwa penyerapan logam berat oleh akar pohon mangrove dipengaruhi sistem perakaran dan luasan permukaan akarnya. Oleh karena itu berdasarkan hal-hal tersebut diperlukan penelitian untuk mengukur konsentrasi logam berat yang terdapat pada mangrove yang tumbuh di kawasan Romokalisari.

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kandungan merkuri (Hg) pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* serta di perairan dan sedimen.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui kandungan logam berat merkuri (Hg) pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata*
- 2) Mengetahui kemampuan vegetasi mangrove *Rhizophora mucronata* dalam mengurangi logam berat merkuri (Hg)
- 3) Mengetahui hubungan antara kandungan merkuri yang terdapat pada air, sedimen serta parameter fisika dan kimia perairan di Romokalisari, Surabaya.

#### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

- 1) Dapat dijadikan sebagai upaya untuk mengurangi kandungan logam berat diperairan karena telah diketahui bahwa mangrove sebagai fitoremediator logam berat.
- 2) Dapat memberikan informasi terkait kandungan logam berat merkuri (Hg) yang terdapat di Kawasan Mangrove Romokalisari, Surabaya.

#### 1.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Mangrove Romokalisari, Kecamatan Benowo, Kota Surabaya, Jawa Timur. Analisis logam berat di Laboratorium Kimia, MIPA, Universitas Brawijaya selama bulan Agustus-Oktober 2015.





## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Logam Berat

#### 2.1.1 Pengertian Logam Berat

Menurut Darmono (1995), logam berat digolongkan ke dalam dua kategori, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat ialah yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap  $\text{cm}^3$ , dengan sendirinya logam yang beratnya kurang dari 5 gram setiap  $\text{cm}^3$  termasuk dalam logam ringan.

Sifat logam berat sangat unik, tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi.

Menurut Sembel (2015), logam atau metal adalah barang tambang yang pada umumnya berupa bahan dasar berat dan padat, memiliki sifat tertentu, berkilau, dapat dibengkokkan, dapat ditempa, dapat dilebur dengan menggunakan panas api dan listrik, mineral yang tidak tembus pandang, dapat menjadi penghantar panas dan arus listrik. Logam berbeda dengan senyawa lain karena logam tidak dapat disintesa atau dimusnahkan serta dihancurkan dalam tubuh manusia. Logam berat adalah logam yang menimbulkan bahaya lingkungan jangka panjang. Logam-logam tersebar secara alami di dalam lingkungan melalui banyak proses seperti proses pelapukan bebatuan yang mengandung unsur senyawa logam, pembakaran minyak-minyak fosil, hasil-hasil pembakaran dalam industri-insustri, pembuangan limbah domestik dan industri.

#### 2.1.2 Pengaruh Logam Esensial dan Nonesensial

Menurut Azmiyawati (2004), logam dibedakan menjadi dua yaitu logam esensial dan nonesensial. Logam esensial adalah logam yang sangat membantu dalam proses fisiologis makhluk hidup. Logam nonesensial adalah logam yang

peranannya dalam tubuh makhluk hidup belum diketahui. Apabila kandungan logam nonesensial dalam jaringan makhluk hidup tinggi, maka dapat merusak organ-organ tubuh makhluk hidup. Logam nonesensial seperti Zn, Cd, Hg, dan Pb merupakan logam yang terlibat dalam proses enzimatik dan dapat menimbulkan polusi. Logam esensial seperti kalsium (Ca), fosfor (P), dan magnesium (Mg) merupakan logam yang diperlukan untuk tulang manusia dan sisik ikan dan udang. Kekurangan logam-logam esensial dalam tubuh hewan atau manusia dapat menyebabkan defisiensi.

Cu dan Zn merupakan logam esensial dan Pb merupakan logam nonesensial bagi tumbuhan. Cu sangat berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat proses fotosintesis, selain itu sebagai salah satu mikronutrien yang diperlukan di dalam mitokondria dan kloroplas, proses sintesis dan metabolisme karbohidrat dan protein serta dinding sel lignin. Pb merupakan logam yang sangat rendah daya larutnya bersifat pasif, dan mempunyai daya translokasi yang rendah mulai dari akar sampai organ tumbuhan lainnya. Pb juga memiliki toksisitas paling tinggi sehingga menyebabkan racun bagi beberapa spesies (Kamaruzzaman, 2008; Verkleji dan Schat, 1990; Wozny dan Kzreslowka, 1993 dalam Hamzah dan Setiawan, 2010).

## **2.2 Logam Berat Merkuri (Hg)**

### **2.2.1 Karakteristik dan Sumber Merkuri (Hg)**

Menurut Herman (2006), menjelaskan bahwa merkuri (Hg) yang terbentuk sebagai fraksi halus, unsur jejak, dan ion seharusnya diwaspadai apabila terakumulasi dalam jumlah signifikan karena dapat berdampak merugikan bagi lingkungan hidup. Unsur ini telah dikenal sebagai bahan bersifat racun mematikan apabila:



1. Terdapat dengan kandungan melebihi ambang batas dalam biji-bijian, binatang pemakan biji-bijian tersebut dan tubuh ikan yang berada dalam air tercemar merkuri. Kasus penimbunan senyawa merkuri oleh ikan karena binatang ini mengkonsumsi organismaplanktonik mengandung ion-ion merkuri dalam air tercemar tersebut. Ikan atau jenis makanan apapun dengan kandungan  $> 0,5\text{ppm Hg}$  harus dilarang dipasarkan dan termasuk air dengan kandungan  $< 1\text{mg Hg/dm}^3$ .
2. Berupa senyawa metil-merkuri yang dihasilkan oleh proses metilasi dalam air sungai dan danau berpH rendah, yang berlangsung berkesinambungan atau sewaktu-waktu. Senyawa ini terbentuk karena melarutnya  $\text{Hg}^{2+}$  dari sedimen melalui pertukaran ion pada lingkungan air berkonsentrasi tinggi ion hydrogen dan kemudian meningkatnya sintesis metil-merkuri oleh mikro-organisma. Konsentrasi senyawa tersebut dalam organisma aquatik beraneka ragam karena tergantung kegiatan metabolisme dan rata-rata rentang hidup dari spesies organisma bersangkutan; sementara pada tubuh ikan mencapai 60–90% karena dayaserapnya yang tinggi.

Pengguna konsumtif utama merkuri di negara-negara maju adalah industri chlor-alkali. Merkuri juga digunakan dalam industri listrik dan elektronik, bahan peledak manufaktur, industri fotografi, dan industri pestisida dan pengawet. Merkuri digunakan sebagai katalis dalam industri kimia dan petrokimia. Merkuri juga ditemukan di sebagian besar limbah laboratorium. Pembangkit listrik merupakan sumber besar rilis merkuri ke lingkungan melalui pembakaran bahan bakar fosil. Ketika perangkat scrubber diinstal pada pembangkit listrik termal tumpukan untuk menghilangkan sulfur dioksida, akumulasi merkuri mungkin jika daur ulang yang luas dipraktekkan. Merkuri dapat dihapus dari air limbah dengan presipitasi, pertukaran ion, dan adsorpsi. Ion merkuri dapat dikurangi melalui kontak dengan logam lain seperti tembaga, seng, atau aluminium. Dalam



kebanyakan, pemulihan kasus merkuri dapat dicapai dengan distilasi. Untuk curah hujan, senyawa merkuri harus teroksidasi menjadi ion-ion merkuri (Eckenfelder, 1926).

### 2.2.2 Logam Berat Merkuri di Perairan dan Sedimen

Kelarutan logam proses dalam air secara alamiah pada prinsipnya diatur oleh (1) pH, (2) jenis dan kepekatan ligan dan zat-zat pengkelat dan (3) keadaan oksidasi komponen mineral dan lingkungan redoks sistem tersebut. Logam dalam air alamiah dapat hadir secara sederhana dalam bentuk ion logam bebas yang dikelilingi oleh molekul air yang terkoordinasi, walaupun kepekatan spesies anionik (misalnya,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , asam organik, dan asam amino) biasanya cukup untuk membentuk senyawa anorganik atau organik dengan ion logam terhidrasi tersebut dengan menggantikan ion-ion air yang terkoordinasi tersebut (Leckie dan James, 1974 dalam Connell dan Gregory, 2006).

Untuk mendapatkan logam-logam jarang dari dalam lapisan tanah dan batuan adalah melalui proses-proses pertambangan dan pengolahan seperti penggalian, pengerukan, pencucian, pembakaran, pemurnian, dan lain-lain. Proses-proses yang berlangsung untuk mendapatkan logam-logam ini dalam bentuk murni, semuanya merupakan sumber dari pencemaran lingkungan. Sebagai contoh adalah pemurnian dari penambangan emas. Untuk mendapatkan emas murni dari bentuk persenyawaannya adalah melalui pencucian dengan menggunakan air raksa. Sisa pencucian ini berupa buangan air raksa akan jatuh ke lingkungan dan menjadi penyebab terjadinya perubahan dari tatanan lingkungan. Selain pada batuan, dalam lapisan tanah permukaan, logam-logam dapat ditemukan dapat ditemukan pada daerah pembuangan sampah padat, baik itu berupa sampah dari buangan industri, ataupun sampah yang berasal dari buangan rumah tangga (Palar, 2012).

Sedimen lahan basah mangrove memiliki potensi penyimpanan Hg, tetapi kelimpahan Hg-nya dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jarak ke kota terdekat, tingkat ekonomi daerah, pencemaran terestial dan sifat geomorfik dan hidrologi. Di China, kota-kota besar khususnya- adalah kabupaten terpusat untuk populasi dan industri. Kedekatan antara daerah pemukiman dan zona industri biasanya menyebabkan tingkat polusi tinggi. Pencemaran Hg biasanya lebih serius di daerah maju. Dengan pesatnya perkembangan elektronik industri, sejumlah besar produk elektronik membuang ke lingkungan, dan ini e-limbah telah menyebabkan polusi Hg serius di lahan basah mangrove di Shenzhen dan Quanzhou. Selain itu, polutan terestrial adalah penting sumber kontaminasi lahan basah mangrove. Selain ini faktor, geomorfik yang berbeda dan sifat hidrologi pengaruh pengayaan Hg dalam sedimen (Ding *et al.*, 2009).

### 2.2.3 Bentuk dan Prinsip Merkuri (Hg)

Logam berat adalah unsur anorganik yang memiliki respon biologi terhadap makhluk hidup sehingga mampu menimbulkan dampak yang membahayakan bagi kehidupan. Logam berat merupakan bahan pencemar berbahaya karena logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh mikroorganisme hidup di lingkungan dan dapat terakumulasi ke lingkungan, mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Djuangsih *et al.*, 1982 dalam Nugrahanto, 2014).

Logam berat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Kemudian lama kelamaan logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab terjadinya alergi, mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia.



Jalur masuknya dapat melalui kulit, pernapasan dan pencernaan. Merkuri merupakan logam dengan ikatan metalik terlemah dimana dapat mengakibatkan tingginya tekanan uap pada temperatur kamar, dan ini sangat berbahaya sebagai racun jika terhisap makhluk hidup (Kristianingrum, 2009).

Menurut Suseno *et al.* (2010), bioakumulasi merupakan proses yang kompleks dan dinamis, tetapi dapat dijelaskan melalui model yang dikonstruksi dari hasil eksperimen. Model kompartemen tunggal secara luas paling banyak digunakan untuk beragam spesies akuatik. Model kompartemen tunggal ini memberikan penjelasan matematis kuantitas senyawa kimia termasuk  $Hg^{2+}$  yang ditentukan oleh kecepatan pengambilan dan pelepasannya. Bioakumulasi merkuri dan metil merkuri mengikuti prinsip-prinsip masuknya xenobiotik kedalam organisme hidup, yaitu absorpsi, distribusi, metabolisme dan eliminasi. Pendekatan proses absorpsi dan eliminasi menggunakan model biokinetika kompartemen tunggal.

## **2.3 Ekosistem Mangrove**

### **2.3.1 Pengertian dan Habitat Mangrove**

Kata mangrove merupakan kombinasi antara bahasa Portugis *mangue* dan bahasa Inggris *grove*. Dalam bahasa Inggris, kata mangrove digunakan untuk komunitas tumbuhan yang tumbuh di daerah jangkauan pasang-surut maupun untuk individu-individu spesies tumbuhan yang menyusun komunitas tersebut. Sedangkan dalam bahasa Portugis, kata *mangrove* digunakan untuk menyatakan komunitas tumbuhan tersebut. Menurut FAO (2013) dalam Kustanti (2011), mengartikan mangrove sebagai vegetasi yang tumbuh di lingkungan estuaria pantai yang dapat ditemui di garis pantai tropika dan subtropika yang bisa memiliki fungsi-fungsi sosial ekonomi dan lingkungan.



Mangrove baik sebagai tumbuhan yang terdapat di daerah pasang surut maupun sebagai komunitas (Tomlinson, 1986 dan Wightman, 1989 *dalam* Noor *et al.*, 1999). Mangrove juga didefinisikan sebagai formasi tumbuhan daerah litoral yang khas di pantai daerah tropis dan sub tropis yang terlindung (Saenger *et al.*, 1983 *dalam* Noor, 1999). Sementara itu Soerianegara (1987) *dalam* Noor *et al.*, (1999) mendefinisikan hutan mangrove sebagai hutan yang terutama tumbuh pada tanah lumpur aluvial di daerah pantai dan muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut, dan terdiri atas jenis-jenis pohon *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Lumnitzera*, *Excoecaria*, *Xylocarpus*, *Aegiceras*, *Scyphophora* dan *Nypa*.

### 2.3.2 Struktur Vegetasi dan Adaptasi Mangrove

Ekosistem mangrove di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis yang termasuk tertinggi di dunia, seluruhnya tercatat 89 jenis; 35 jenis berupa pohon, dan selebihnya berupa terna (5 jenis), perdu (9 jenis), liana (9 jenis), epifit (29 jenis), dan parasir (2 jenis) (Nontji, 1987 *dalam* Dahuri *et.al.*, 1996). Beberapa jenis pohon mangrove yang umum dijumpai di wilayah pesisir Indonesia adalah bakau (*Rhizophora* spp), Api-api (*Avicennia* spp), Pedada (*Sonneratia* spp), Tanjung (*Bruguiera* spp), Nyirih (*Xylocarpus* spp), Tengar (*Ceriops* spp), dan Buta-buta (*Excoecaria* spp) (Dahuri *et.al.*, 1996).

Bakau merupakan tanaman darat yang berhasil tumbuh di lingkungan air laut karena memiliki beberapa bentuk adaptasi khas. Adaptasi ini umumnya terkait dengan beberapa upaya untuk bertahan dalam kondisi berkadar garam, tahan dalam tanah lumpur yang anaerob dan tidak stabil, dan hal yang berkaitan dengan perkembangbiakannya. Salah satu contoh adaptasi lingkungan bakau yang berhasil adalah komunitas bakau di sepanjang bantaran Sungai Porong yang tercemar limbah buangan Lumpur Lapindo (Firdaus *et al.*, 2013).

## 2.4 *Rhizophora mucronata*

### 2.4.1 Ciri Umum *Rhizophora mucronata*

Berdasarkan WoRMS (2006), klasifikasi *Rhizophora mucronata* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Phylum : Phylum  
Order : Maglphighiales  
Family : Rhizophoraceae  
Genus : Rhizophora  
Species : *Rhizophora mucronata*

*Rhizophora mucronata* atau yang sering disebut dengan bakau memiliki ciri-ciri pohon dengan ketinggian mencapai 27 meter. Diameter batang pohon sebesar hingga 70 cm dengan kulit kayu berwarna gelap hingga hitam dan memiliki celah horizontal. *Rhizophora mucronata* hidup di areal yang sama dengan *Rhizophora apiculata*, namun lebih toleran terhadap substrat yang lebih keras dan berpasir. Umumnya tumbuh dalam keadaan kelompok, dekat dengan muara sungai dengan pertumbuhan optimal tergenang oleh air (Noor *et al.*, 2006).



**Gambar 1.** *Rhizophora mucronata* (Dokumentasi pribadi)



#### 2.4.2 Akar *Rhizophora mucronata*

Menurut Ewusie (1990), tinggi permukaan tanah dalam rawa bakau tidak tetap karena arus sungai yang masuk mengendapkan tanah aluvium sehingga meninggikan permukaan lumpurnya. Kondisi tersebut menyebabkan kecambah akan sulit untuk tumbuh karena pasang surut. Oleh karena itu, sejumlah spesies yang umum terdapat pada habitat ini yang memiliki akar tunjang yang bergantung di udara agak di atas dari batang, sebelum masuk ke dalam lumpur. Tajuk akar berambut pada ujung akar tunjang itu membantu menahan kelasakan tanahnya. Contoh yang terkenal adalah *Rhizophora* yang mengatasi kemantapan tanahnya dengan perkembangan dini bijinya (vivipari) sewaktu masih melekat pada pohon.

Pada *Rhizophora*, akar panjang dan bercabang-cabang muncul dari pangkal batang untuk menyangga batang. Akar ini dikenal sebagai *prop root* dan pada akhirnya akan menjadi *stilt root* apabila batang yang disangganya terangkat ke atas hingga tidak lagi menyentuh tanah. Akar penyangga membantu tegaknya pohon karena memiliki pangkal yang luas untuk mendukung di lumpur yang lembut dan tidak stabil. Juga membantu aerasi ketika terekspos udara pada saat laut surut (Firdaus *et al.*, 2013)



**Gambar 2.** Akar *Rhizophora mucronata* (Dokumentasi pribadi)



### 2.4.3 Daun *Rhizophora mucronata*

Menurut Noor, *et al.* (2006), ciri-ciri daun *Rhizophora mucronata* memiliki gagang daun yang berwarna hijau, memiliki panjang 2,5 cm - 5,5 cm. Pinak daun terletak pada pangkal gagang daun berukuran 5,5 cm - 8,5 cm. Letak daun yaitu sederhana dan berlawanan. Daun *Rhizophora mucronata* berbentuk elips melebar hingga bulat memanjang dengan ujung daun meruncing. Pada umumnya daun bakau ini memiliki ukuran panjang 11 cm - 23 cm dan lebar 5 cm - 13 cm.

Menurut Odum (1993) dalam Puspita, *et al.* (2013), serasah daun mangrove pada sekitar lingkungan estuaria merupakan suatu bahan dasar nutrisi yang diperlukan untuk proses-proses pengkayaan mikroba. Logam berat dapat terjadi akumulasi pada daun melalui translokasi dari akar yang mengabsorpsi logam dari sedimen yang tersemar polutan. Berdasarkan penelitian oleh Puspita, *et al.* (2013), pemaparan terhadap logam berat Pb dengan konsentrasi tertentu dapat menyebabkan penurunan fungsi fisiologis mangrove, yaitu menurunnya kandungan klorofil daun *Rhizophora mucronata*. Fungsi klorofil adalah untuk mentransfer energi cahaya ke dalam senyawa organik untuk diubah menjadi gula dalam proses fotosintesis.



**Gambar 3.** Daun *Rhizophora mucronata* (Dokumentasi pribadi)

## 2.5 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Mangrove

Proses absorpsi tumbuhan terjadi seperti pada hewan dengan berbagai proses difusi, dan istilah yang digunakan adalah translokasi. Transportasi terjadi dari sel ke sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tumbuhan. Proses absorpsi dapat terjadi lewat beberapa organ tumbuhan yaitu akar, daun, dan stomata (Soemirat, 2003).

Mekanisme penyerapan logam berat oleh tanaman berupa penyerapan oleh akar, translokasi logam dari akar melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak mengganggu proses metabolisme tanaman tersebut. Kandungan Hg tertinggi Hg terdapat pada organ akar, hal tersebut terjadi dikarenakan akar tanaman merupakan organ yang langsung menyerap logam berat dari tanah (Sagita, 2002 dalam Leskone *et al.*, 2013).

## 2.6 Teknik Fitoremediasi

Teknik fitoremediasi menurut Alkosrt *et al.* (2004) dalam Ali, *et al.* (2013), yakni fitoekstraksi (atau fitoakumulasi), fitofiltrasi, fitostabilitas, fitovolatilisasi dan fitodegradasi.

### a. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi atau fitoakumulasi atau fitoabsorpsi adalah penyerapan kontaminan dari tanah atau air oleh akar tanaman dan translokasi untuk dan akumulasi yaitu biomassa di atas tanah, tunas (Sekara *et al.*, 2005; Yoon *et al.*, 2006; Rafati *et al.*, 2011 dalam Ali, *et al.*, 2013). Translokasi logam pada tunas merupakan proses biokimia penting dan diperlukan dalam fitoekstraksi efektif karena hal tersebut tidak akan terjadi pada hasil biomassa akar (Zacchini *et al.*, 2009 dalam Ali *et al.*, 2013).



b. Fitofiltrasi

Fitofiltrasi adalah penghapusan polutan yang telah terkontaminasi pada perairan atau air limbah oleh tanaman (Mukhopadhyay dan Maiti, 2010 *dalam* Ali *et al.*, 2013). Fitofiltrasi mungkin rhizofiltrasi (penggunaan tanaman akar) atau blastofiltrasi (penggunaan bibit) atau caulofiltrasi (penggunaan tanaman yang dengan melakukan pemotongan tunas) (Mesjasz-Przybylowicz *et al.*, 2004 *dalam* Ali *et al.*, 2013). Dalam fitofiltrasi, kontaminan diserap atau teradsorpsi sehingga gerakan mereka ke perairan bawah tanah diminimalkan.

c. Fitostabilitas

Fitostabilitas atau fitoimmobilisasi adalah penggunaan tertentu tanaman untuk stabilisasi kontaminan dalam tanah yang terkontaminasi (Singh, 2012 *dalam* Ali *et al.*, 2013). Teknik ini digunakan untuk mengurangi mobilitas dan bioavailabilitas polutan di lingkungan, sehingga mencegah migrasi polutan ke tanah atau masuk ke dalam rantai makanan (Erakhurumen, 2007 *dalam* Ali *et al.*, 2013). Tanaman dapat menghilangkan logam berat yang ada di tanah melalui penyerapan oleh akar, curah hujan, kompleksasi atau valensi logam pengurangan rizofir (Barcelo dan Poschenrieder, 2003 *dalam* Ali *et al.*, 2013). Logam dari valensi yang berbeda bervariasi dalam toksisitas. Enzim redoks khusus dikeluarkan, tanaman mengkonversi logam berbahaya dalam keadaan relatif kurang beracun dan mengurangi kemungkinan stres logam dan kerusakan. Misalnya reduksi Cr (VI) menjadi Cr (III) menjadi baik kurang mobilisasi dan kurang beracun (Wu *et al.*, 2010). Fitostabilitas membatasi akumulasi logam berat pada biota dan meminimalkan pencuciannya ke bawah tanah perairan. Tetapi, fitostabilitas bukan solusi permanen karena logam berat tetap berada di tanah, hanya gerakannya terbatas. Jadi ahal tersebut adalah strategi manajemen untuk menstabilkan (menonaktifkan) kontaminan beracun (Vangronsveld *et al.*, 2009 *dalam* Ali *et al.*, 2013).



d. Fitovolalisasi

Fitovolalisasi adalah penyerapan polutan dari tanah oleh tanaman, konversinya ke bentuk stabil dan kemudian dikeluarkan ke atmosfer. Teknik ini dapat digunakan untuk polutan organik dan beberapa logam seperti Hg dan Se. Namun penggunaannya terbatas karena faktanya bahwa hal tersebut tidak dapat menghapus polutan secara total, hanya dipindahkan dari satu segmen (tanah) ke atmosfer dimana dapat menyeter ulang. Fitoremediasi adalah yang paling kontroversial dari teknologi fitoremediasi (Padmavathiamma dan Li, 2007 dalam Ali *et al.*, 2013).

e. Fitodegradasi

Fitodegradasi adalah degradasi polutan organik dengan tanaman dengan bantuan enzim seperti dehalogenase dan oksigenase, bukan tergantung pada mikroorganisme rizosfer (Vishnoi dan Srivasta, 2008 dalam Ali *et al.*, 2013). Tanaman dapat menumpuk xenobiotik organik dari lingkungan tercemar dan detoksifikasinya melalui metabolisme aktivitasnya. Dari sudut pandang ini, tanaman hijau dapat dianggap sebagai "Green Liver" untuk biosfer. Fitodegradasi adalah terbatas pada penghapusan polutan organik hanya karena logam berat yang nonbiodegradasi (Doty *et al.*, 2007 dalam Ali *et al.*, 2013).

## 2.7 Parameter Lingkungan

### 2.7.1 Parameter Fisika (Suhu)

Menurut Hutabarat (2008), menjelaskan bahwa suhu di laut adalah salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut. Pengaruh pemanasan pada lintang yang berbeda tidak seimbang, kenyataannya kisaran suhu yang terbesar di seluruh lautan dunia jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan di daratan.

Suhu udara dan atau suhu tanah berpengaruh terhadap tanaman melalui proses metabolisme dalam tubuh. Tanaman, yang tercermin dalam berbagai karakter seperti: laju pertumbuhan, dormansi benih dan kuncup serta perkecambahannya, pembungaan, pertumbuhan buah, dan pendewasaan atau pematangan jaringan atau organ tanaman (Sugito, 2009).

## 2.7.2 Parameter Kimia

### 2.7.2.1 Salinitas

Ciri paling khas pada air laut yang diketahui oleh semua orang ialah rasanya yang asin. Hal ini disebabkan karena di dalam air laut terlarut bermacam-macam garam, yang paling utama adalah garam natrium klorida (NaCl) yang sering disebut dengan garam dapur. Selain garam klorida, di dalam air laut terdapat pula garam-garam magnesium, kalsium, kalium, dan sebagainya. Menurut oseanologi salinitas (sering disebut dengan kadar garam atau kegaraman) yang dimaksud adalah jumlah berat semua garam (dalam gram) yang terlarut dalam satu liter air, biasanya dinyatakan dengan satuan ‰ (per mil, gram per liter) (Nontji, 2002).

Kebanyakan tumbuhan memiliki toleransi sangat rendah terhadap salinitas, tetapi bakau yang dua kali sehari tergenangi air laut dapat bertahan karena bersifat halofit (Ball, 1988 dalam Firdaus, 2013). Semua pohon, semak, palem, tumbuhan paku, rumput, liana, dan epifit yang berhabitat di hutan bakau tumbuh paling baik pada lingkungan air tawar dan air laut dengan perbandingan seimbang (50% : 50%). Garam yang tetap terserap ke dalam tubuh dengan cepat diekskresikan oleh kelenjar garam di daun, sehingga daun tampak seperti ditaburi kristal garam dan terasa asin. Beberapa tumbuhan menyimpan garam dalam kulit kayu atau daun tua yang hampir menyebabkan tingginya konsentrasi



garam dalam jaringan, sehingga bila ini terdapat pada tanaman darat lainnya akan mengalami gangguan metabolisme (Firdaus, 2013).

### 2.7.2.2 pH Air

Menurut Kordi (2007)), pH merupakan ukuran derajat keasaman. Perairan dikatakan memiliki pH yang normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan biota yang hidup di perairan jika mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air limbah dan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 - 8,5. Pada pH dibawah 4 merupakan titik mati asam bagi biota perairan, sedangkan pH di atas 10 merupakan titik mati basa.

Air laut yang dalam keadaan seimbang dengan CO<sub>2</sub> atmosfer sedikit bersifat basa dengan pH antara 8,1-8,3. pH bertambah melalui penyerapan CO<sub>2</sub> yang cepat dari air permukaan pada saat fotosintesis. Akan tetapi, biasanya tidak sampai pH 8,4 kecuali dalam kolam pasut, lagoon, dan estuari (Supangat, ---).

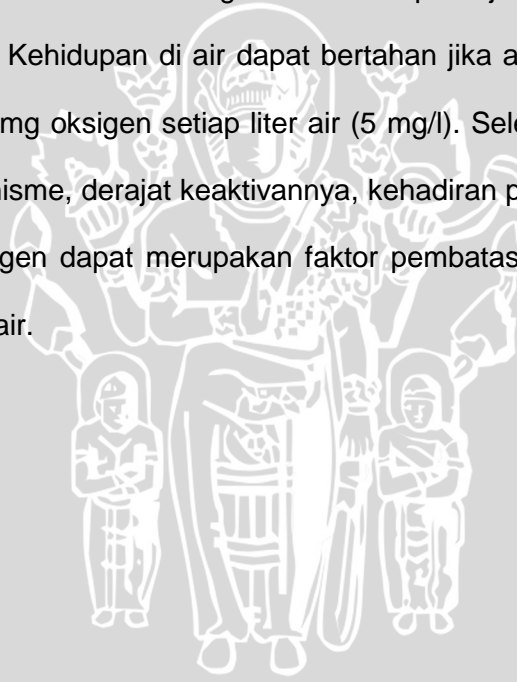
Menurut Winarno dan Fardiaz (1974), nilai pH dari air buangan mempunyai yang lebih langsung atau lebih nyata atherhadap kehidupan kehidupan lingkungan bila dibandingkan dengan keasaman atau alkalinitas. Sebagai contoh misalnya kematian dari ikan-ikan pada umumnya lebih disebabkan oleh pH yang rendah daripada karena total keasaman yang tinggi. Air yang mempunyai pH terlalu tinggi maupun terlalu rendah sangat merugikan karena selain dapat mengganggu kehidupan ikan-ikan yang terdapat didalamnya, juga karena air yang mempunyai pH terlalu rendah sangat korosi terhadap baja.



### 2.7.2.3 DO

Oksigen terlarut merupakan jumlah mg/l gas O<sub>2</sub> yang terlarut dalam air. Ketersediaan oksigen terlarut sangat dibutuhkan untuk menunjang kehidupan organisme, selain untuk metabolisme, juga berperan penting dalam menetralisasi keadaan air yang memburuk dengan cara mempercepat proses oksidasi gas-gas beracun seperti amonia dan hidrogen sulfida (Kurniasih, 2008).

Menurut Sastrawijaya (1991), oksigen adalah gas yang berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan hanya sedikit larut dalam air. Untuk mempertahankan hidupnya yang tinggal di air baik taaman maupun hewan, bergantung kepada oksigen terlarut. Penentuan kadar oksigen terlarut dapat dijadikan ukuran untuk menentukan mutu air. Kehidupan di air dapat bertahan jika ada oksigen terlarut minimum sebanyak 5 mg oksigen setiap liter air (5 mg/l). Selebihnya tergantung pada ketahanan organisme, derajat keaktifannya, kehadiran pencemar, suhu air, dan sebagainya. Oksigen dapat merupakan faktor pembatas dalam kehadiran makhluk hidup dalam air.



### 3. MATERI DAN METODE

#### 3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu konsentrasi logam berat merkuri (Hg) pada air, sedimen, pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* serta parameter lingkungan fisika seperti suhu, dan substrat juga parameter lingkungan kimia yang meliputi salinitas, pH, dan DO.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian skripsi di Kawasan mangrove Romokalisari, Surabaya terdiri dari alat dan bahan yang mengukur parameter lingkungan secara kimia dan fisika seperti pada Tabel 1 sebagai berikut:



**Tabel 1.** Alat dan Bahan yang Digunakan

No.	Parameter	Alat atau Metode	Bahan	Satuan
1.	Suhu	Termometer Hg	-	°C
2.	pH air	pH meter	Air sampel	-
3.	Salinitas	Salinometer	Air sampel	Ppt
4.	DO	DO meter	Air sampel	mg/l
5.	Titik koordinat	GPS	-	-
6.	Gambar	Kamera digital	-	-
5.	Sampel konsentrasi Hg di air	1. Botol 2. Gunting 3. Pipet tetes 4. <i>Coolbox</i>	HNO <sub>3</sub>	-
6.	Sampel konsentrasi Hg di sedimen	1. Sekop kecil 2. <i>Coolbox</i>	-	-
7.	Sampel konsentrasi Hg di mangrove	1. Pisau 2. <i>Coolbox</i>	-	-
8.	Konsentrasi Hg	1. Oven 2. <i>Furnance</i> 3. Timbangan analitik 4. Wadah sampel 5. Labu takar 6. Elas beaker 7. Cawan porselen 8. Hot plate 9. Kertas saring 10. Erlenmeyer 11. AAS	1. Larutan HNO <sub>3</sub> 65% 2. Larutan HClO <sub>4</sub> 3. Larutan HCl 4. Aquades 5. Sampel air laut 6. Sampel sedimen 7. Sampel akar <i>R.mucronata</i> 8. Sampel daun <i>R.mucronata</i>	Ppm

### 3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan titik stasiun pengambilan sampel dilakukan di kawasan mangrove Romokalisari, Surabaya, Jawa Timur. Romokalisari merupakan kawasan mangrove yang memiliki pengaruh limbah dari aliran Sungai Benowo. Selain itu, di sekitar kawasan mangrove Romokalisari merupakan kawasan padat akan aktivitas industri dan tambak.



Lokasi pengamatan melalui Landsat, 2015 (Gambar. 4) dilakukan pada tiga stasiun pengamatan yang memiliki karakteristik yang berbeda di Romokalisari pada:

- Stasiun 1 (Hulu) : lokasi ini memiliki pengaruh dari aktivitas perindustrian yang ada di kawasan Romokalisari.
- Stasiun 2 (Tengah) : lokasi stasiun 2 merupakan lokasi dekat dengan pergudangan dan tambak.
- Stasiun 3 (Hilir) : stasiun 3 adalah titik dimana air sungai sudah mengalami pencampuran dengan air laut dan PT. Pelindo III.



**Gambar 4.** Lokasi Pengambilan Sampel

### **3.4 Prosedur Pengambilan Sampel**

#### **3.4.1 Pengambilan Sampel Air dan Sedimen**

##### **3.4.1.1 Prosedur Pengambilan Air**

Sampel air diambil secara langsung ketika air pasang dan menggenangi mangrove, kemudian dimasukkan ke dalam wadah sampel air yang telah disediakan. Selanjutnya sampel air ditambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  pekat 65% sebanyak 1 ml untuk sampel air 50 cc. Hal tersebut bertujuan untuk menurunkan pH agar sampel tidak cepat menguap. Setelah diberi larutan  $\text{HNO}_3$ , sampel disimpan pada suhu  $-4^\circ\text{C}$  atau dimasukkan kedalam *coolbox*. Sampel air diambil setiap stasiun satu sampel.

##### **3.4.1.2 Prosedur Pengambilan Sedimen**

Sampel sedimen diambil dengan menggunakan sekop kecil pada masing-masing stasiun. Sedimen diambil pada bagian permukaan hingga kedalaman 20 cm. selanjutnya sampel sedimen dimasukkan kedalam plastik lalu disimpan dalam *coolbox*.

#### **3.4.2 Pengambilan Sampel *Rhizopora mucronata***

##### **3.4.2.1 Prosedur Pengambilan Sampel Akar *Rhizopora mucronata***

Sampel akar yang diambil adalah akar tunggang yang terendam oleh sedimen kurang lebih sebanyak 5 gr dalam setiap satu pohon dimana dalam setiap satu stasiun dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada pohon yang berbeda tetapi dalam satu ukuran diameter batang pohon yang sama.

##### **3.4.2.2 Prosedur Pengambilan Sampel Daun *Rhizopora mucronata***

Daun yang diambil adalah daun yang sudah tua berwarna hijau tua dengan panjang 4-8 cm yang terletak di pangkal ranting. Pengambilan daun sekitar 5 lembar daun dalam satu pohon dimana dalam setiap satu stasiun dilakukan



pengulangan sebanyak 3 kali pada pohon yang berbeda tetapi dalam satu ukuran diameter batang pohon yang sama.

### 3.5 Analisa Konsentrasi Hg Total

#### 3.5.1 Pengukuran Konsentrasi Hg pada Air

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

- 1) Mengambil air sampel dengan pipet volume 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml
- 2) Menambahkan 5 ml aquaregia, dipanaskan di atas kompor listrik sampai asat lalu didinginkan
- 3) Tambahkan larutan  $\text{HNO}_3$  encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, panaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan  $\pm 5$  menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
- 4) Saring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 5) Kemudian baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

Menurut Hutagalung *et al.* (1997), kandungan logam berat pada air diukur dengan cara terlebih dahulu menghilangkan ion mayor seperti  $\text{N}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  dengan menambahkan metil iso butil keton, APDC, dan NaDDC sehingga memudahkan proses absorpsi logam berat oleh AAS.

#### 3.5.2 Pengukuran Konsentrasi Hg pada Sedimen

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

- 1) Menimbang contoh  $\pm 2$  gr, masukan kedalam cawan porselen.



- 2) Memasukan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu  $\pm 103^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam
- 3) Mendinginkan, tambahkan 5 ml larutan aquaregia (3 HCl; 1 HNO<sub>3</sub>) panaskan diatas kompor listrik sampai asat, lalu dinginkan.
- 4) Menambahkan larutan HNO<sub>3</sub> encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, panaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan  $\pm 5$  menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
- 5) Menyaring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 6) Kemudian membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

Menurut Hutagalung *et al.* (1997), untuk logam berat pada sedimen sama halnya dengan kandungn di air yaitu kandungan logam berat diukur dengan cara terlebih dahulu menghilangkan ion mayor seperti N<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, K<sup>+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup> kemudian ditambahkan HF hingga suhu mencapai 130°C. Setelah dingin, sampel siap diukur dengan AAS menggunakan nyala udara asetilen.

### **3.5.3 Pengukuran Konsentrasi Hg pada Akar dan Daun *Rhizopora mucronata***

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

Timbang contoh  $\pm 2$  gr, masukan kedalam cawan porselen.

- 1) Memasukan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu  $\pm 103^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam
- 2) Mendinginkan, menambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl; 1HNO<sub>3</sub>) panaskan diatas kompor listrik sampai asat lalu dinginkan.

- 3) Menambahkan larutan HNO<sub>3</sub> encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, panaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
- 4) Menyaring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
- 5) Kemudian membaca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

### 3.6 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur meliputi suhu, pH, salinitas, DO, dan kecepatan arus. Tujuan analisis kualitas air adalah untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan yang mendukung tingkat hidup mangrove (*Rhizophora mucronata*). Parameter fisika dan kimia dilakukan secara *insitu*.

#### 3.6.1 Suhu

Alat yang digunakan adalah Termometer Hg. Menurut Subarijanti (1990), prosedur pengukuran suhu sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan Termometer Hg
- 2) Memasukkan termometer ke dalam perairan dengan membelakangi matahari dan termometer tidak menyentuh tangan.
- 3) Menunggu selama ± 2 menit.
- 4) Membaca skala termometer pada saat termometer masih diperairan
- 5) Mencatat hasil pengukuran dalam skala °C

#### 3.6.2 Salinitas

Pengukuran salinitas pada penelitian ini di lokasi pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat salinometer merk Atago Pocket PAL-06s. Menurut Shanmugam dan Variramani (2008) dalam Ayunda (2011), pengukuran

salinitas dengan menggunakan salinometer dengan cara menghidupkan salinometer dengan tombol on, kemudian salinometer dikalibrasi menggunakan aquades, lalu meneteskan sampel air secara langsung ke salinometer.

### 3.6.3 DO

Kadar oksigen terlarut (DO) di suatu perairan dapat diukur dengan menggunakan alat DO meter. Adapun langkah pengukura DO meter adalah sebagai berikut:

- 1) Mengkalibrasi secara ganda yaitu standarisasi dengan udara bebas (20,8-21 ppm) pada kondisi jenuh (100 ppm)
- 2) Mengambi air sampel dengan menggunakan botol sampel
- 3) Mencilupkan elektroda ke dalam air pada kedalaman tertentu
- 4) Menunggu hingga jarum tidak bergerak lagi. Bila alat masih menggunakan jarum atau hingga angka digit tidak berubah lagi
- 5) Mencatat skala yang ditunjukkan oleh digit DO meter

### 3.6.4 pH

Pengukuran pH di lokasi pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat pH oakton. Menurut Badan Standarisasi Nasional (2004), langkah pengukuran pH menggunakan pH meter adalah sebagai berikut:

- 1) Melakukan kalibrasi alat pH meter dengan larutan penyangga sesuai intruksi kerja alat setiap kali akan melakukan pengukuran
- 2) Untuk contoh uji yang bersuhu tinggi, kondisikan contoh uji sampai suhu kamar
- 3) Mengeringkan dengan tissue selanjutnya membilas elektroda dengan aquades
- 4) Membilas elektroda dengan air sampel



- 5) Mencelupkan elektroda kedalam air sampel sampai pH meter menunjukkan nilai yang tetap
- 6) Mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

### 3.7 Analisis Data

#### 3.7.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Berdasarkan penelitian oleh Nugrahanto (2014), akumulasi logam berat dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan akar dan daun dalam mengakumulasi logam berat Hg, dengan rumus berikut:

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Hg pada akar atau daun}}{\text{Konsentrasi Hg pada sedimen}}$$

Akar BCF (rasio logam root untuk konsentrasi logam sedimen) dan daun BCF dihitung untuk menilai konsentrasi dalam jaringan tertentu jenis relatif terhadap beban lingkungan (MacFarlane *et al.*, 2007).

#### 3.7.2 Faktor Translokasi (TF)

Kemampuan tanaman mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan digunakan perhitungan nilai Faktor Translokasi (TF). Translokasi dihitung antara rasio konsentrasi logam di daun dan di akar.

Berdasarkan Nugrahanto (2014), faktor Translokasi (TF) loga berat digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun, dengan rumus sebagai berikut:

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi Hg pada daun}}{\text{Konsentrasi Hg pada akar}}$$

Konsentrasi tinggi logam berat pada akar *Soneratia caseolaris* menunjukkan bahwa kapasitas yang besar akan menyerap dan mengakumulasi logam berat dari sedimen. Logam berat mengakumulasi lewat akar, tanaman

dapat juga berasal sejumlah besar logam berat tertentu melalui penyerapan daun terutama di tercemar area industri. Hal tersebut ditemukan oleh suatu penelitian bahwa total konsentrasi dari logam berat di daun lebih tinggi daripada di sedimen tetapi lebih rendah daripada akar. Penelitian tersebut sesuai jika akar mangrove dapat bertindak sebagai penghalang untuk logam berat translokasi ke daun mangrove (Chua dan Hashim, 2008; Tam dan Wong, 1997 *dalam* Nazli dan Hashim, 2010).

### 3.7.3 Faktor Fitoremediasi (FTD)

Untuk mengurasngi kandungan tumbuhan sebagai sarannya dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam pada tanah atau sedimen dapat dilakukan dengan fitoremediasi. Fitoremediasi (FTD) adalah selisih antara Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF).

Pada dasarnya faktor BCF dan TF merupakan indikator yang dapat membedakan mekanisme akumulasi antara fitostabilisasi dan fitoekstraksi. Jika nilai  $BCF > 1$  dan  $TF < 1$ , disebut mekanisme fitostabilisasi dan sebaliknya, jika nilai  $BCF < 1$  dan  $TF > 1$  maka disebut fitoekstraksi (Liong, 2010). Besarnya nilai BCF pada pengaruh waktu remediasi menunjukkan bahwa proses penyerapan logam timbal pada tanaman terjadi melalui mekanisme fitoekstraksi yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan. Selain itu, terjadi proses distribusi logam ke bagian lain dalam tanaman (Sopyan, *et al.*,2014).

### 3.8 Analisis Korelasi Pearson

Korelasi adalah ukuran hubungan (*relationship*) antara dua variabel, terutama untuk variabel kuantitatif. Di dalam SPSS terdapat tiga jenis korelasi yaitu *Pearson Correlation*, *Kendall's tau-b* dan *Spearman Correlation*. Korelasi *Pearson Product Moment* digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel kontinu (mempunyai skala interval atau skala rasio) (Uyanto,2009). Pada penelitian ini korelasi yang digunakan adalah *Pearson Correlation*.

Besarnya nilai korelasi menurut Young dalam Trihendradi (2009), dikategorikan sebagai berikut:

- 0,7 - 1,00 : baik positif maupun negatif, menunjukkan derajat hubungan yang tinggi
- 0,4 - 0,7 : baik positif maupun negatif, menunjukkan derajat hubungan yang substansial
- 0,2 – 0,4 : baik positif maupun negatif menunjukkan derajat hubungan yang rendah
- < 0,2 : baik positif maupun negatif, hubungan dapat diabaikan

Terdapat beberapa variabel yang diuji menggunakan *Pearson Correlation* yaitu antara Hg di air, Hg di sedimen, suhu, pH, salinitas, dan DO. Berdasarkan hipotesis terdapat dua cara dalam pengambilan keputusan yaitu dengan melihat nilai korelasi (arah hubungan dan keeratan) nilai signifikannya (nilai probabilitas)



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Romokalisari, Kecamatan Benowo, Kota Surabaya, Jawa Timur. Menurut website Pemerintah Kota Surabaya, secara administratif termasuk dalam Kecamatan Benowo yang merupakan salah satu kecamatan di Kota Surabaya yang memiliki banyak aktivitas industri .

Pantai Utara Surabaya terletak di utara Kota Surabaya yang memiliki beberapa Kecamatan seperti Kecamatan Asemrowo, Krembangan, Semampir, Pabean Cantikan, dan Kecamatan Benowo yang menjadi lokasi penelitian yang terdiri dari kelurahan Romokalisari dan Tambak Osowilangun. Teluk Lamong merupakan bagian dari Kecamatan Benowo. Zona wilayah laut di Teluk Lamong dan sekitar memiliki luasan sebesar 2500 Ha dengan fungsi utama yang terdapat di Teluk tersebut yaitu seagai pengembangan pelabuhan dan konservasi Pulau Galang dengan pengembangan kegiatan di laut dan pesisir meliputi pembangunan pelabuhan Lamong, konservasi Pulau Galang, perumahan pesisir, pelabuhan pendaratan ikan, dan pergudangan (BLH Surabaya, 2012)

**Tabel 2.** Luasan Lahan Mangrove Kecamatan Benowo

Kelurahan	Pantai	Tambak	Tepi Sungai
	2011		
Romokalisari	13.79	11.3	8.02
Tbk Osowilangun	6.78	5.39	2.09

Sumber : Dinas Pertanian (2011) *dalam* BLH, 2012



**Gambar 5.** Peta Lokasi Penelitian

Berdasarkan keadaan topografinya, Romokalisari memiliki luas total lahan sebesar 2,678 Ha. Sedangkan menurut data Survei Kehati (2012) dalam BLH (2013), jumlah total kepadatan mangrove sebesar 962 pohon/Ha. Kelurahan Romokalisari merupakan daerah yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Gresik dan berbatasan langsung dengan wilayah lain sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Selat Madura
- Sebelah Barat : Romokalisari
- Sebelah Selatan : Sememi/ Kandangan
- Sebelah Timur : Tambak Langon

Luas wilayah Romokalisari salah satunya berupa area tambak dimanai area tersebut banyak vegetasi mangrove baik endemik ataupun hasil penanaman oleh pemerhati mangrove. Menurut Sony Muchlison spesies mangrove terbanyak yaitu *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Lokasi di muara sungai Benowo terdapat pulau kecil yang hanya terdapat vegetasi mangrove dengan



sebagian besar adalah spesies endemik yaitu *Rhizophora*. Berdasarkan hasil wawancara oleh Pak Sony sebagai konservator mangrove di Surabaya, pada awalnya di muara Sungai Benowo banyak organisme ikan dan kerang yang hidup di muara tersebut sehingga didirikan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) yang berlokasi di depan Pulau Galang. Namun dikarenakan adanya bangunan Pelabuhan PT. Pelindo III, kini organisme ikan dan kerang telah jarang ada di lokasi tersebut lagi.

#### 4.1.1 Deskripsi Stasiun 1

Lokasi penelitian pada stasiun 1 merupakan daerah yang berbatasan langsung dengan Kota Gresik. Pengambilan sampel pada titik S 07. 19458° dan E: 112. 64597° ini memiliki pengaruh dari aktivitas pemukiman penduduk, tepatnya di bawah jembatan yang menghubungkan Kota Surabaya dengan Kota Gresik. Selain mendapat pengaruh dari aktivitas penduduk, letak titik ini (di tepi sungai Benowo) merupakan kawasan yang terdapat banyak industri di Kota Gresik. Adapun vegetasi yang banyak ditumbuhi yaitu jenis *Avicennia*, mangrove asosiasi, dan salah satunya *Rhizophora mucronata*.



**Gambar 6.** Stasiun 1 (Dekat dengan Pemukiman Penduduk)



#### 4.1.2 Deskripsi Stasiun 2

Letak stasiun 2 yaitu di area sekitar pertambakan ikan nila dan tambak udang. Pengambilan stasiun pada titik S: 07. 20040° dan E: 112. 66126° merupakan daerah yang terdapat mangrove paling lebat dibanding dengan stasiun 1 dan stasiun 3. Pengaruh yang terdapat pada stasiun 2 yaitu hanya tambak dikarenakan di kawasan ini jauh dari jangkauan pemukiman penduduk, serta beberapa gudang di sekitar stasiun 2. Adapun vegetasi yang banyak ditumbuhi yaitu *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, *Avicennia officinalis*, dan *Soneratia alba*.



Gambar 7. Lokasi Stasiun 2

#### 4.1.3 Deskripsi Stasiun 3

Stasiun 3 merupakan titik muara Sungai Benowo dimana mendapat pengaruh langsung dari laut. Letak stasiun ini berhadapan juga dengan Pulau Galang (penduduk setempat menyebut dengan Teluk Lamong) dan Pelabuhan PT. Pelindo II. Pengambilan stasiun pada titik S: 07. 92850 dan E: 112. 6642° ini merupakan akhir dari aliran sungai Benowo yang memiliki rata-rata vegetasi mangrove yaitu *Avicennia alba*, *Rhizophora mucronata* dan *Soneratia alba*. Stasiun yang berada di sekitar rumah susun dan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) yang belum digunakan ini adalah lokasi yang dahulunya banyak terdapat organisme ikan dan kerang hidup di sekitar muara Teluk Lamong, namun setelah

berdirinya pelabuhan mengakibatkan spesies kerang dan ikan sudah jarang ada di area tersebut.

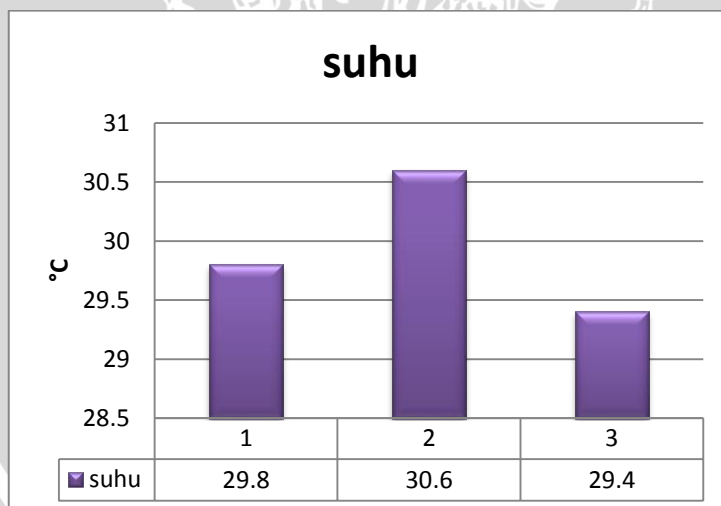


Gambar 8. Stasiun 3

#### 4.2 Kondisi Lingkungan Perairan

##### 4.2.1 Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran parameter suhu di perairan Romokalisari, Surabaya pada bulan September 2015, diperoleh hasil suhu yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Pengukuran Suhu

Hasil pengukuran suhu di perairan Romokalisari yang telah dilakukan pengamatan secara *in situ* diperoleh nilai suhu tertinggi pada stasiun 2 yaitu sebesar 30,6°C; stasiun 1 sebesar 29,8 °C; dan suhu terendah pada stasiun 3 yaitu sebesar 29,4 °C. Rata-rata suhu perairan di Romokalisari yaitu sebesar



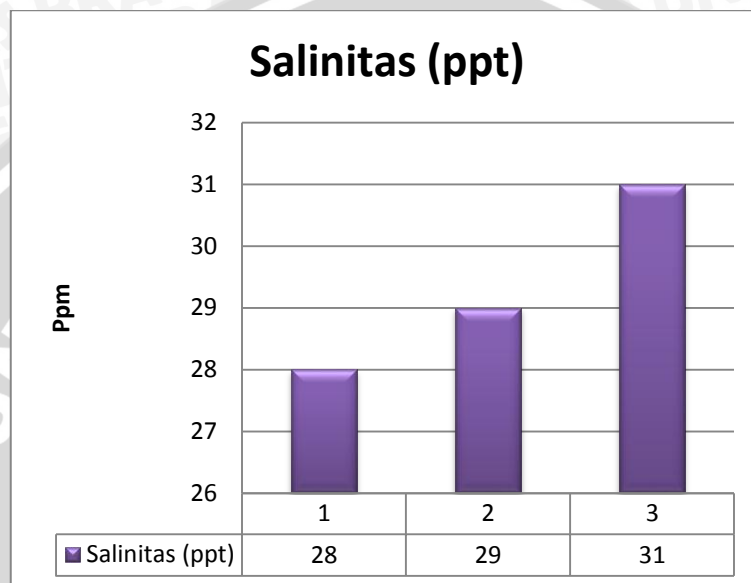
29,9 °C. Suhu air permukaan di perairan Nusantara umumnya berkisar antara 28°C-31°C (Nontji,2002). Suhu merupakan parameter fisika yang paling mempengaruhi kehidupan organisme di suatu perairan karena aktivitas tingkat metabolisme dan perkembangbiakan organisme tersebut. Berdasarkan grafik, hasil pengukuran suhu masih dalam kategori baik pada kondisi perairan dan ekosistem mangrove. Menurut KEPMENLH No. 51 tahun 2004, suhu yang sesuai pada ekosistem mangrove yaitu 28°C-32°C. Hal tersebut juga sesuai penelitian menurut Zamroni dan Rohyani (2008), suhu hutan mangrove Teluk Sepi yaitu 27,8°C-31,7°C merupakan suhu yang optimum bagi famili Rhizoporaceae. Oleh karena itu *Rhizophora mucronata* di kawasan Romokalisari cukup mendominasi dikarenakan suhu perairan di kawasan tersebut sesuai dengan parameter lingkungannya.

Dari setiap stasiun tidak terjadi peningkatan dan penurunan yang sangat berbeda. Adanya perbedaan suhu yang terjadi pada ketiga stasiun disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang masuk lalu mengenai perairan, serta jumlah vegetasi mangrove yang terdapat pada masing-masing vegetasi. Suhu badan air di ekosistem mangrove dipengaruhi oleh sirkulasi udara, aliran air, kedalaman, badan air, serta tutupan vegetasi mangrove (Arisandy *et al.*, 2012). Perubahan suhu akan berpengaruh pula pada kelarutan kadar logam berat di perairan. Tingginya suhu pada stasiun 2 menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi logam berat merkuri pada sedimen.



#### 4.2.2 Salinitas

Berdasarkan hasil pengukuran parameter salinitas di perairan Romokalisari, Surabaya pada bulan September 2015, diperoleh hasil salinitas yang ditunjukkan pada Gambar 10.



**Gambar 10.** Grafik Pengukuran Salinitas

Salinitas di perairan Romokalisari yang diambil data melalui observasi langsung diperoleh hasil salinitas pada stasiun 1 sebesar 28 ppt, stasiun 2 sebesar 29 ppt, dan pada stasiun 3 diperoleh hasil pengukuran salinitas sebesar 31 ppt. Rata-rata salinitas yang terdapat di perairan Romokalisari sebesar 29,3 ppm. Di kawasan Romokalisari, Kota Surabaya banyak di jumpai jenis mangrove seperti *Avecennia*, *Sonneratia* dan *Rhizophora*. Selain karena jenis sedimen yang berlumpur, faktor lain juga menyebabkan adaptasi jenis mangrove tertentu. *Avicenna* spp., *Sonneratia* spp., dan *Rhizophora* spp telah beradaptasi terhadap fluktuasi arus pasang surut yang menyebabkan variasi genangan dan salinitas Zamroni dan Rohyani (2008).

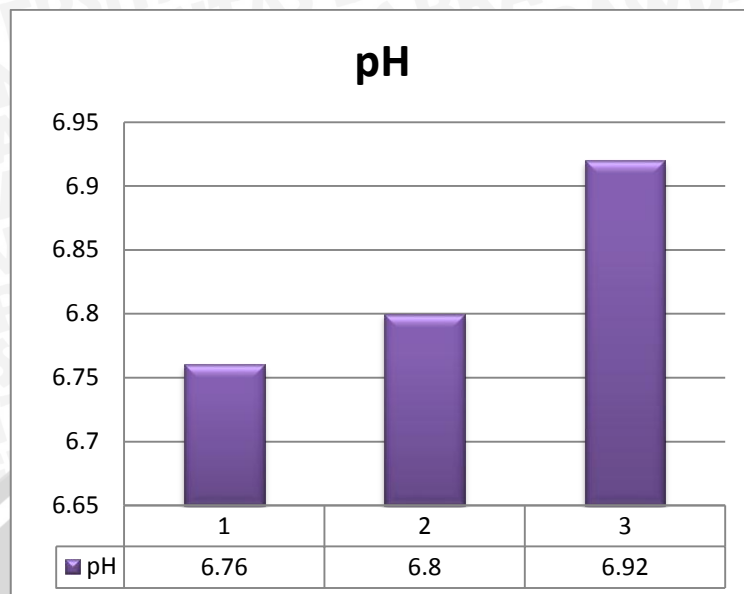
Perubahan salinitas dari stasiun 1 hingga stasiun 3 semakin meningkat disebabkan oleh letak stasiun 1 paling jauh dari laut yakni di sungai sehingga menyebabkan kadar garam yang paling sedikit jika dibandingkan dengan stasiun yang lain. Pada stasiun 2 jumlah kadar salinitasnya berada diantara stasiun 1 dan stasiun 3 yang disebabkan letak stasiun 2 berada di dekat muara sungai dan dekat dengan pertambakan ikan. Salinitas tertinggi pada stasiun 3 dikarenakan stasiun tersebut telah mengalami pencampuran dengan air laut secara langsung, sehingga kadar garamnya cukup tinggi. Hal ini sesuai dengan Nontji (2002), sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, dan aliran sungai.

Berdasarkan dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 terkait Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, salinitas yang sesuai dengan ekosistem mangrove adalah sampai 34 ppt. salinitas pada perairan Romokalisari yaitu sebesar 29,3 ppt, sehingga kadar salinitas di perairan Romokalisari sesuai dengan ekosistem mangrove. Salinitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat hidup biota di suatu perairan salah satunya mangrove. Apabila diperoleh salinitas yang terlalu tinggi hingga melebihi ambang batas akan mengganggu kehidupan organisme di sekitar ekosistem mangrove. Menurut Dahuri *et.al.* (1996), bahwa salinitas yang lebih dari 90 ppt dapat mengakibatkan kematian biota dalam jumlah besar. Salinitas juga mempengaruhi bioakumulasi logam berat pada suatu perairan.

#### 4.2.3 pH

Berdasarkan hasil pengukuran parameter pH secara in-situ di perairan Romokalisari, Surabaya pada bulan September 2015, diperoleh hasil pH yang ditunjukkan pada Gambar 11.





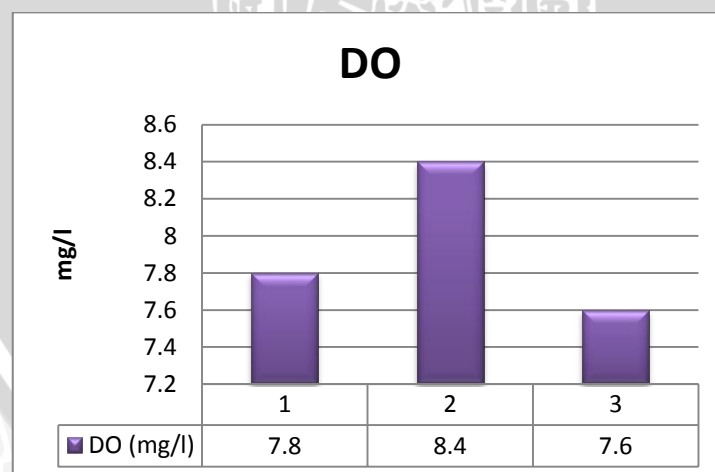
**Gambar 11.** Grafik Pengukuran pH

Derajat keasaman (pH) di perairan Romokalisari yang diambil dari hasil observasi langsung diperoleh hasil pH pada stasiun 1 sebesar 6,76; pada stasiun 2 sebesar 6,80; dan hasil pH pada stasiun 3 sebesar 6,92. Rata-rata pH di perairan Romokalisari adalah sebesar 6,83. Menurut KEPMENLH No. 51 tahun 2004, pH yang sesuai pada ekosistem mangrove yaitu 7-8,5. Hal tersebut menunjukkan bahwa pH air di daerah Romokalisari termasuk rendah dan berada di bawah ambang batas. Perairan Romokalisari termasuk dalam keadaan perairan yang asam karena berada dibawah pH 7. Perairan yang asam mengindikasikan adanya pencemar yang berada di lingkungan tersebut. Sumber yang paling umum dari bahan pencemar asam dalam air adalah aliran asam pertambangan (Achmad, 2004). Buangan limbah industri di sekitar Romokalisari juga dapat menyebabkan perairan sungai hingga muara sungai yang berada di sekitar Pulau Galang mengalami penurunan pH. Derajat keasaman (pH) perairan Romokalisari mengalami kenaikan secara signifikan dan tidak mengalami perubahan yang drastis dari setiap stasiun.

Nilai pH dalam perairan bervariasi mulai dari arah sungai sampai air laut, semakin ke laut maka nilainya semakin tinggi (bersifat basis) (Susana, 2009). Semakin tingginya pH di Romokalisari juga hingga 6,92 pada stasiun akhir yang terdekat dengan laut. Derajat keasaman (pH) mempengaruhi aktivitas biota perairan termasuk vegetasi mangrove. Mangrove merupakan tanaman air yang dapat toleransi tingkat tinggi sesuai dengan kondisi lingkungan perairan, oleh karena itu pH tersebut masih dalam taraf yang sesuai dengan ekosistem mangrove walaupun berdasarkan kualitas airnya pH tersebut masuk dalam kategori asam. Faktor lain yang mempengaruhi rendahnya nilai pH adalah proses reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi pada sedimen diduga bisa mengurangi kandungan pH (Hamzah, 2010).

#### 4.2.4 DO

Berdasarkan hasil pengukuran parameter DO di perairan Romokalisari, Surabaya pada bulan September 2015, diperoleh hasil DO yang ditunjukkan pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Grafik Pengukuran DO

Berdasarkan grafik hasil pengukuran oksigen terlarut (DO), dapat diketahui bahwa nilai DO tertinggi terletak pada stasiun 2 sebesar 8,4 mg/l, kemudian pada stasiun 1 sebesar 7,8 mg/l dan nilai DO terendah pada stasiun 3

sebesar 7,6 mg/l. Adapapun rata-rata hasil nilai DO di perairan Romokalisari adalah sebesar 7,9 mg/l. Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter yang berpengaruh pada kehidupan organisme sekitar, serta berpengaruh pula pada kandungan logam berat di suatu perairan. Menurut KEPMENLH No. 51 tahun 2004, baku mutu DO yang sesuai pada ekosistem mangrove yaitu >5. Hal tersebut menunjukkan bahwa DO air di daerah Romokalisari masih di ambang batas untuk perairan di ekosistem mangrove. Tingginya nilai DO menunjukkan masih tercukupinya kadar oksigen yang dibutuhkan oleh mangrove dan biota di sekitarnya.

Nilai DO yang berubah-ubah memberikan dampak pada kualitas perairan secara kimia dikarenakan kadar oksigen merupakan faktor yang penting bagi kehidupan organisme. Perubahan konsentrasi oksigen terlarut dalam batas-batas tertentu juga mengindikasikan adanya perubahan kualitas perairan, semakin rendah konsentrasinya, semakin rendah kualitas perairan (Susana, 2009). Hasil pengukuran oksigen terlarut dapat menentukan pula pada kadar logam berat yang terkandung di suatu perairan. Selain nilai pH, parameter lain yang mempengaruhi keberadaan logam berat dalam air adalah nilai oksigen terlarut (DO) (Goldberg, 1983 dalam Wardhani, 2009). Kadar merkuri yang terletak pada perairan Romokalisari dipengaruhi juga oleh kadar oksigen terlarut. Semakin tinggi nilai DO maka akan semakin rendah kandungan logam berat merkuri (Hg) yang terkandung pada perairan.

#### 4.3 Hasil Pengujian Logam Berat

Hasil data pengukuran logam berat merkuri (Hg) terdiri dari air, sedimen, akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata*. Pengukuran logam berat merkuri (Hg) melalui data *eksitu* dimana penelitian diperoleh dengan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometri*). Hasil data pengukuran sedimen diperoleh



dari Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang; sedangkan pengukuran air dan akar mangrove diperoleh dari Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Hasil data konsentrasi Hg pada semua sampel yang tertera pada Tabel 3 yang menunjukkan bahwa nilai tertinggi terletak pada stasiun 3 dikarenakan faktor kedalaman yang menyebabkan pengadukan merkuri menjadi lemah, selain itu menurut Rochyatun, *et al.* (2006), logam yang sukar larut mengalami proses pengenceran yang berada di kolom air lama kelamaan akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen

**Tabel 3.** Hasil Merkuri (Hg) pada Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove.

Stasiun	Hg pada Air (ppm)	Hg pada Sedimen (ppm)	Hg pada Akar (ppm)	Hg pada Daun (ppm)
1	0,011	0,1624	0,029	0,006
2	0,007	0,1316	0,023	0,003
3	0,013	0,1825	0,036	0,009
Rata-rata	0,0103	0,1588	0,029	0,006
Baku mutu	0,001 <sup>a</sup>	0,3 <sup>b</sup>		

Keterangan :

a : KEPMENLH No. 51 Tahun 2004 Baku Mutu Air Laut tentang Biota Laut

b : IADC tahun 1997

#### 4.3.1 Logam Berat pada Air

Berdasarkan hasil pengukuran logam berat merkuri (Hg) pada air, pada stasiun 1 diperoleh hasil sebesar 0,011 ppm; pada stasiun 2 sebesar 0,007 ppm dan hasil merkuri pada stasiun 3 yaitu sebesar 0,013 ppm. Nilai kadar merkuri (Hg) tertinggi terdapat pada stasiun 3 dikarenakan pada stasiun tersebut merupakan titik terakhir dimana aliran sungai mengalir dan bermuara di sekitar Pulau Galang. Oleh karena itu stasiun 3 merupakan total kumpulan total akumulasi logam berat yang mengalir dari sungai Benowo. Pada stasiun 1 kadar

logam berat merkuri tertinggi kedua dikarenakan pada lokasi tersebut berada disekitar pabrik-pabrik yang terdapat di Romokalisari dan sekitar Kota Gresik sehingga kandungan merkuri cukup tinggi. Hasil terendah pada stasiun 2 dikarenakan letak stasiun 2 merupakan lokasi yang cukup jauh dari pabrik ataupun muara sungai, sehingga nilai konsentrasi Hg pada air di stasiun 2 paling rendah.

Berdasarkan dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 terkait Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, kandungan logam terlarut merkuri (Hg) yang sesuai adalah sampai batas minimal 0,001 ppm untuk biota laut dan 0,002 ppm untuk wisata bahari. Jadi hal tersebut menunjukkan bahwa logam berat di perairan Romokalisari mengindikasikan tercemar oleh logam berat merkuri. Adanya sinar matahari yang masuk ke dalam perairan akan berakibat pada naiknya suhu kolom air yang akan mengaktifkan kembali logam Cu yang bersifat toksik sehingga organisme budidaya mengalami gangguan pertumbuhan atau perkembangan bahkan akan mengakibatkan kematian bila keberadaannya berlebihan (Irawan, 1994 *dalam* Yulianto, 2006) .

#### 4.3.2 Logam Berat pada Sedimen

Berdasarkan data hasil pengukuran parameter logam berat merkuri (Hg) pada sedimen, konsentrasi merkuri (Hg) tertinggi pada stasiun 3 sebesar 0,1825 ppm; lalu stasiun 1 sebesar 0,1624 ppm; dan konsentrasi terendah pada stasiun 2 sebesar 0,1316 ppm. Rata-rata kandungan logam bert merkuri (Hg) pada ketiga stasiun adalah sebesar 0, 1316 ppm. Jika dibandingkan dengan standart IADC 1997, batas bawah merkuri pada sedimen sebesar 0,3 ppm, oleh karena itu sedimen di lokasi penelitian masih dalam kategori aman dan dibawah standar.

Kandungan merkuri terbesar terdapat pada stasiun 3 logam berat juga cukup tinggi dikarenakan letak stasiun 3 merupakan hilir dari sungai Benowo



sehingga sudah mengalami banyak masukan limbah pencemaran dari industri yang terdapat di sekitar sungai Benowo, selain itu di dekat stasiun ini terdapat pula PT. Pelindo III. Stasiun 1 merupakan lokasi yang berdekatan dengan pemukiman penduduk dan pabrik, oleh karena itu dimungkinkan terdapatnya limbah pencemaran dari aktivitas penduduk dan pabrik yang terdapat di sekitar perbatasan Surabaya dan Gresik. Hasil kandungan merkuri terendah pada sedimen terdapat di stasiun 2 karena letak stasiun ini jauh dengan aktivitas pemukiman penduduk dan perindustrian. Peningkatan logam di daerah estuari dipengaruhi oleh faktor sedimen yang dipengaruhi oleh pH, bahan organik, perpindahan kation, spesies mangrove, dan umur mangrove (Hamzah, 2010). Berbagai jenis merkuri yang diserap oleh bahan padat tersuspensi disimpan dalam sedimen bawah sebagai padatan dan senyawa timbal yang sama dengan senyawa merkuri, terutama terakumulasi dalam sedimen mudah dalam penyerapan (Zhang *et al.*, 2005; Salati dan Moore 2010 *dalam* Zhao, *et al.* 2012). Menurut Zhao, *et al.* (2012) Hg, Pb, dan konsentrasi logam lainnya akan berakumulasi terus menerus setelah impoundmen dari Manwan Reservoir, yang disebabkan peningkatan di kedalaman air dan penurunan laju aliran. Konsentrasi merkuri dalam sedimen dasar merupakan indikator polusi merkuri pada perairan (Suseno *et al.*, 2007). Oleh karena itu sedimen merupakan faktor penting untuk menentukan pencemaran perairan dikarenakan sifat logam berat yang dapat mengendap di dalam sedimen hingga kurun waktu yang lama.

#### 4.3.3 Logam Berat pada Akar Mangrove *Rhizophora mucronata*

Berdasarkan data hasil pengukuran parameter logam berat merkuri (Hg) pada akar mangrove *Rhizophora mucronata*, konsentrasi merkuri (Hg) tertinggi pada stasiun 3 sebesar 0,036 ppm; lalu stasiun 1 sebesar 0,029 ppm; dan konsentrasi terendah pada stasiun 2 sebesar 0,023 ppm. Rata-rata kandungan



logam berat merkuri (Hg) pada ketiga stasiun adalah sebesar 0,029 ppm. Hasil kandungan Hg pada akar sama halnya dengan hasil kandungan Hg pada sedimen. Ketika kandungan logam berat pada sedimen tinggi, maka akan tinggi pula kandungan logam berat pada akar. Penyerapan logam oleh akar dipengaruhi langsung oleh sedimen.

Semakin besar konsentrasi yang dipaparkan maka semakin besar konsentrasi akumulasi pada *Rhizophora mucronata*. Hal ini karena akar merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dan sekaligus organ yang kontak langsung dengan media tanam, maka tingginya konsentrasi logam pada tanah akan mempengaruhi tingginya kandungan logam pada akar tanaman yang ada di dalamnya (Rismawati, 2012). Namun apabila terdapat pencemar logam berat dalam konsentrasi yang sangat tinggi dan melampaui batas akan mempengaruhi fungsi organ suatu tanaman, misalnya pada akar *Rhizophora mucronata*. Penyerapan (*absorption*) logam toksik dalam kondisi konsentrasi yang tinggi dan berjalan terus-menerus, akan menyebabkan penurunan kemampuan penyerapan sebagai akibat menurunnya kondisi fisiologis tanaman yang diakibatkan oleh terjadinya gangguan metabolisme tubuh dan juga kemungkinan terjadinya kerusakan anatomi tanaman (Yulianto *et al.*, 2006).

#### 4.3.4 Logam Berat pada Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*

Berdasarkan data, hasil logam berat merkuri (Hg) pada daun mangrove *Rhizophora mucronata* memiliki konsentrasi merkuri (Hg) tertinggi pada stasiun 3 sebesar 0,009 ppm; lalu stasiun 1 sebesar 0,006 ppm; dan konsentrasi terendah pada stasiun 2 sebesar 0,003 ppm. Rata-rata kandungan logam berat merkuri (Hg) pada ketiga stasiun adalah sebesar 0,006 ppm. Hasil kandungan Hg pada akar sama halnya dengan hasil kandungan Hg pada sedimen dan akar

*Rhizophora mucronata*. Kandungan logam berat pada akar tinggi, maka tinggi pula kandungan logam berat pada daun. Hal ini disebabkan adanya kemungkinan faktor penyerapan dari akar menuju daun. Tingginya konsentrasi logam pada daun diduga tingkat mobilitas logam yang tinggi (Hamzah, 2010). Sama halnya oleh yang dikemukakan oleh Yulianto, *et al.* (2006), laju penyerapan dan pengeluaran logam toksik oleh suatu organisme dari dalam tubuhnya akan mempengaruhi konsentrasi logam toksik dalam tubuh.

#### 4.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), Fitoremediasi (FTD), dan Exchange Concentration (EC)

Nilai BCF yang terlalu tinggi ( $> 1$ ) dapat diartikan bahwa suatu spesies dianggap mampu sebagai tanaman efisien tingkat tinggi dalam bioakumulasi logam berat (Usman *et al.*, 2013) Berdasarkan perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), Fitoremediasi dan *Exchange Concentration* (EC) diperoleh nilai pada setiap stasiun sebagai berikut yang tertera pada Tabel 4 sebagai berikut:

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

Stasiun	BCF	TF	FTD	EC
1	0.179	0.207	-0.028	0.068
2	0.175	0.130	0.044	0.053
3	0.197	0.250	-0.053	0.071
Rata-rata	0.185	0.205	-0.020	0.065

##### 4.4.1 Analisis Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Untuk mengetahui nilai akumulasi logam merkuri (Hg) pada akar tanaman *Rhizophora mucronata* sedimen yang berbeda pada konsentrasi logam yang sama menggunakan rumus BCF (*Bioconcentration Factor*). Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa hasil pengukuran BCF berkisar antara 0,175 hingga 0,197 dengan rata-rata BCF sebesar 0,185. Nilai akumulasi konsentrasi tertinggi



terdapat pada stasiun 3 sebesar 0,197 dikarenakan semakin tinggi nilai konsentrasi Hg pada sedimen dan semakin rendah konsentrasi Hg pada akar akan membuat semakin besar nilai BCF, selain itu faktor lain yang mempengaruhi nilai BCF adalah waktu pengaruh logam merkuri di area Romokalisari. Menurut penelitian Gosh dan Sigh (2005), menunjukkan bahwa nilai BCF meningkat seiring meningkatnya waktu. BCF akan meningkat jika semakin lama mangrove terakumulasi hingga tua. Berdasarkan nilai BCF yang kurang dari satu, maka dapat disimpulkan bahwa *Rhizophora mucronata* bukan bersifat hiperakumulator. Menurut MacFarlane *et al.*, (2007), estimasi logam sedimen memuat antara ilmu yang berbeda dimana berdasarkan pada ekstraksi perlakuan metode, pengaruhnya BCF lebih besar daripada TF, sebagai tumbuhan yang melarutkan jaringan seperti lebih mudah daripada sedimen pada saluran asam lemah.

#### 4.4.2 Faktor Translokasi (TF)

Faktor Translokasi (TF) merupakan rasio konsentrasi logam berat dalam daun dan akar (Hamzah dan Pancawati, 2014). TF pada ketiga stasiun di Romokalisari diperoleh berkisar antara 0,130 hingga 0,250 dengan nilai rata-rata TF sebesar 0,205. Pada stasiun 3 memiliki nilai TF terbesar hal tersebut menunjukkan bahwa perpindahan merkuri dari akar ke tunas *Rhizophora mucronata* lebih besar dibanding dengan stasiun 1 dan stasiun 2. Menurut Baker dan Walker (1990) dalam Hamzah dan Setiawan (2010), terdapat proses penyerapan logam berat dari akar lalu logam berat akan ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat lain seperti fitokelatin. Secara keseluruhan berdasarkan hasil TF dapat disimpulkan bahwa *Rhizophora mucronata* bukan bersifat fitoekstraksi melainkan tanaman yang bersifat sebagai fitostabilitas. Kapasitas fitostabilitas



dari *Rhizophora mucronata* dalam sistem mangrove di Alibag hanya logam terbatas yang sangat berlimpah di alam. Fitostabilitas dapat digunakan untuk mengurangi perpindahan kontaminan dalam tanah. Sebagai akumulasi dan konsentrasi faktor yang agak rendah, kapasitas fitoekstraksi dari fitostabilitas terbatas (Pahalawattarachchi, 2009).

#### 4.4.4 Fitoremediasi (FTD)

Nilai FTD yang diperoleh Romokalisari berkisar antara -0,028 hingga 0,044 dengan nilai FTD rata-rata sebesar -0,020. Nilai fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara BCF dan TF. Nilai FTD akan maksimal ketika nilai BCF tinggi dan TF rendah. Pada kedua stasiun menunjukkan nilai fitoremediasi yang negatif, hal tersebut berarti pada stasiun 1 dan 3 mangrove *Rhizophora mucronata* tidak dapat melakukan fitoremediasi secara maksimal. Jadi hanya pada mangrove *Rhizophora mucronata* stasiun 2 yang bisa menggunakan kemampuannya sebagai fitoremediasi. Untuk awal fitoremediasi, kontaminan dari fitoekstraksi dari translokasi membutuhkan sedimen dari akar ke tunas untuk memungkinkan hasil dan penghilangan kontaminan. Berdasarkan hasil rata-rata FTD yang bernilai negatif, maka dapat disimpulkan bahwa jenis mangrove pada penelitian ini tidak dapat melakukan fitoremediasi secara maksimal. Fitoremediasi (FTD) akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah (Ma *et al.*, 2006 dan Yoon *et al.*, 2006 dalam Puspita, 2013).

Fitoekstraksi akan menjadi terus berjalan, hiperakumulasi dari kontaminan membutuhkan toleransi spesies ke konsentrasi tinggi dari ketersediaan logam pada tumbuhan, nilai BCF pada daun dan nilai TF lebih besar dari satu (MacFarlane *et al.*, 2007). Dikarenakan nilai BCF dan TF pada penelitian ini  $< 1$ , maka mangrove di Romokalisari tidak bisa dijadikan sebagai hiperakumulator. Namun, hal ini tidak dapat disimpulkan karena mungkin adanya

kekurangan data penelitian yang menyebabkan kurangnya banyak data. Adanya perubahan konsentrasi logam berat pada sedimen dan mangrove memiliki banyak faktor selain nilai BCF dan TF saja, melainkan adanya faktor seperti jarak pantai, dan musim. Hal ini sesuai dengan Marchand *et al.* (2006) bahwa logam di sedimen yang stabil dengan kedalaman, konsentrasi di rawa-rawa mangrove menunjukkan perubahan besar pada mangrove ditandai dengan tahap evolusi yang berbeda hutan, konten organik sedimen, jarak dari pantai, dan jenis musim..

#### 4.5 Korelasi Konsentrasi Logam Berat Hg pada Air, Sedimen dengan Suhu, Salinitas, pH dan DO Air

Berdasarkan perhitungan data statistik hubungan logam merkuri (Hg) pada air dan sedimen, suhu air, salinitas air, pH air dan DO air dengan menggunakan Korelasi Pearson diperoleh nilai pada setiap stasiun sebagai berikut yang tertera pada tabel 5 sebagai berikut:

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan Korelasi Hg di Air dan Sedimen dengan Suhu, Salinitas, pH dan DO air

		Correlations					
		Hg di air	Hg sedimen	Suhu air	Salinitas air	pH air	DO air
Hg di air	Pearson Correlation	1	.996	-.945	.500	.577	-.052
	Sig. (2-tailed)		.056	.212	.667	.609	.967
Hg di sedimen	Pearson Correlation	.996	1	-.912	.575	.647	-.141
	Sig. (2-tailed)	.056		.269	.610	.552	.910
Suhu air	Pearson Correlation	-.945	-.912	1	-.189	-.277	-.277
	Sig. (2-tailed)	.212	.269		.879	.821	.821
Salinitas air	Pearson Correlation	.500	.575	-.189	1	.996	-.891
	Sig. (2-tailed)	.667	.610	.879		.058	.300
pH air	Pearson Correlation	.577	.647	-.277	.996	1	-.846
	Sig. (2-tailed)	.609	.552	.821	.058		.358
DO air	Pearson Correlation	-.052	-.141	-.277	-.891	-.846	1
	Sig. (2-tailed)	.967	.910	.821	.300	.358	



Berdasarkan hasil tabel tersebut, nilai korelasi antara merkuri pada air dan sedimen dengan suhu, merkuri pada air dengan salinitas, merkuri pada pH dan antara merkuri pada air dengan DO memiliki hubungan sebagai berikut ini. Hubungan Hg pada air dengan suhu perairan Romokalisari memiliki hubungan kategori sangat erat dengan arah hubungan terbalik sebesar  $-0,996$ , keduanya menunjukkan bahwa apabila konsentrasi Hg di air meningkat, maka akan menurunkan suhu perairan. Semakin tinggi nilai suhu akan menyebabkan tinggi bioakumulasi semakin besar karena ketersediaan logam berat tersebut semakin berat (Hutagalung, 1991). Hubungan konsentrasi Hg pada air dengan salinitas perairan Romokalisari memiliki kategori sedang dengan arah hubungan berbanding lurus sebesar  $0,5$ . Jadi apabila konsentrasi Hg di air tinggi maka akan diikuti salinitas yang besar pula. Pada salinitas rendah akumulasi akan meningkat, karena pada salinitas tinggi menyebabkan konsentrasi logam berat berkurang (Suryono, 2006 dalam Wulandari, 2009). Hubungan konsentrasi Hg pada air dengan pH perairan Romokalisari memiliki kategori sedang dengan arah berbanding lurus sebesar  $0,577$ . Jadi apabila konsentrasi Hg meningkat, maka akan berpengaruh pula pada tingginya derajat keasaman. Penurunan pH dapat menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar. Hal tersebut dikarenakan logam berat dalam air dengan kesadahan yang tinggi membentuk senyawa kompleks yang mengendap di dalam air (Hutagalung, 1984). Hubungan Hg air dengan DO perairan Romokalisari memiliki kategori sangat rendah dengan arah hubungan terbalik sebesar  $-0,052$ . Jadi apabila nilai konsentrasi Hg di air meningkat, maka sama halnya oleh tingginya kandungan oksigen terlarut di suatu perairan. Begitu pula menurut Maslukah (2006), daerah yang kekurangan oksigen berakibat kontaminasi bahan organik, daya larut logam akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap.

Sedangkan hubungan konsentrasi Hg pada sedimen sifatnya mirip dengan konsentrasi Hg di air karena memiliki hubungan yang berbanding lurus. Misalnya hubungan antara konsentrasi Hg di sedimen dengan suhu perairan Romokalisari memiliki hubungan kategori sangat kuat dengan hubungan berbanding terbalik. Hubungan konsentrasi Hg pada sedimen dengan salinitas perairan Romokalisari memiliki kategori hubungan sedang dengan arah hubungan berbanding lurus. Hubungan konsentrasi Hg pada sedimen dengan pH perairan Romokalisari memiliki kategori interval kuat dengan arah hubungan berbanding lurus. Hubungan Hg sedimen dengan DO perairan Romokalisari memiliki kategori sangat rendah dengan arah hubungan berbanding terbalik.

Hubungan suhu dengan salinitas perairan Romokalisari memiliki hubungan kategori sangat rendah, hal tersebut menunjukkan bahwa keduanya memiliki hubungan berbanding terbalik antara suhu pada dan salinitas. Suhu dengan pH dan suhu dengan DO perairan Romokalisari memiliki hasil hubungan yang sama yaitu kategori rendah, menunjukkan bahwa antara suhu dengan pH dan DO memiliki hubungan berbanding terbalik. Salinitas dengan pH dan DO perairan Romokalisari memiliki hasil hubungan yang sama yaitu kategori sangat kuat dengan arah hubungan berbanding lurus pada salinitas dengan pH dan berbanding terbalik pada salinitas dengan DO. Sedangkan hubungan pH dengan DO yaitu sangat kuat dengan hubungan berbanding terbalik Menurut Forstner *et al* (1983) dalam Ningrum (2006), parameter kualitas air seperti suhu, pH, dan DO merupakan parameter yang mempengaruhi toksisitas logam berat di perairan.

Berdasarkan hasil signifikansi semua variabel seperti konsentrasi Hg di air dan sedimen, suhu, salinitas, pH, dan DO menunjukkan bahwa tidak adanya korelasi signifikan antara merkuri (Hg) pada air dan sedimen dengan parameter kualitas air dikarenakan nilai signifikasinya semua lebih besar dari 0,05. Dari ketidak signifikan semua variabel tersebut menunjukkan bahwa apabila hasil



analisis korelasi pearson tidak sesuai dengan penelitian terdahulu maka terdapatnya kewajaran karena dindikasikan bahwa kurangnya data saat pengambilan sampel ataupun terdapat faktor lain yang mempengaruhi keeratan hubungan konsentrasi Hg pada air dan konsentrasi Hg pada sedimen.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.2 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Ekosistem Mangrove Perairan Romokalisari, Surabaya, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rata-rata nilai konsentrasi logam berat merkuri (Hg) yang terdapat di dalam air diatas baku mutu namun masih aman sedangkan pada sedimen, akar dan daun *Rhizophora mucronata* masih dibawah ambang baku mutu.
2. Berdasarkan nilai perhitungan BCF, TF, dan FTD maka dapat disimpulkan bahwa *Rhizophora mucronata* tergolong mangrove yang bersifat non hiperakumulator, fitostabilitas dan tidak dapat memfitoremediasi secara maksimal
3. Hubungan antara kualitas air (suhu, pH, salinitas dan DO) mempengaruhi dinamika logam berat.

### 5.3 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Ekosistem Mangrove Perairan Romokalisari, Surabaya, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terkait jenis logam berat yang lainnya untuk mengetahui status pencemaran Romokaisari.
2. Industri yang terdapat di sekitar Romokalisari agar tidak membuang limbah pencemaran hasil langsung ke sungai
3. Kepedulian terhadap masyarakat agar tetap menjaga kelestarian ekosistem mangrove karena manfaat yang diperoleh dari mangrove.



## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. Kimia Lingkungan. CV. Andi Ofset. Jakarta.
- Ali, H., E. Khan., M. A. Sajad. 2013. Phytoremediation of Heavy Metals-Concept and Application. *Chemosphere*. 91(2013): 869-881.
- Agustina, T. 2010. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada kesehatan. *Teknubuga*. Volume 2 Nomer 2.
- Arisandy, K. R., E. Y. Herawati., dan E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (fork). Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 1 (1): 15-25.
- Ayunda. 2011. Struktur Komunitas Gatropoda pada Ekosistem Mangrove di Gugus Pulau Pari Kepulauan seribu. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- Azmiyawati, C. 2004. Modifikasi Silika Gel dengan Gugus Sulfonat untuk Meningkatkan Kapasitas Adsorpsi Mg (II). Laboratorium Kimia Anorganik, Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang. No. *Artikel: JKSA*, Vol VII, No.1.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. Air dan Air Limbah. Baagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan Alat pH meter. SNI 06-6989.11-2004. ICS 13.060.50.
- BLH Surabaya. 2012. Profil Keanekaragaman Hayati Kota Surabaya. Laporan Badan Lingkungan Hidup Surabaya.
- Chakraborty, P., B. Sharma., P. V. R. Babu., K. M. Yao., S. Jaychandran. 2014. Impact of total organic carbon (in sediments) and dissolved organic carbon (in overlying water column) on Hg sequestration bu coastal sediments from the central east coast of India. *Marine Pollution Bulletin*. 79(2014): 342-347. Elsevier.
- Connell, D.W., dan Gregory J.M. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta.
- Dahuri, R., J. Rais., dan S.P Ginting. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu.Pradnya Pramita*. Jakarta
- Darmono, 1995. Logam, Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press. Jakarta.
- Dedy, Irwan K., A. Santoso., dan Irwani. 2013. Studi Akumulasi Logam Tembaga (Cu) dan Efeknya terhadap Struktur Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*). *Journal Of Marine Research*. 2 (4): 8-15

- Ding, Z.H., J.L. Liu., L. Q. Li., H. N. Lin., H. Wu., dan Z. Z. Hu. 2009. Distribution and speciation of mercury in surficial sediments from main mangrove wetlands in China. *Marine Pollution Bulletin* 58 (2009): 1319-1325. Elsevier.
- Djunaedi, O. S. 2011. SumberdayaPerairan (Potensi, Masalah, dan Pengelolaan). Widya Padjadjaran. Bandung Eckenfelder, W.W. 1926. Industrial Water Pollution Control.Mc Graw Hill.Singapore. Page 151.
- Ewusie, J. Y. 1990. Pengantar: Ekologi Tropika. Terjemahan U. Tanuwidjadja. ITB. Bandung
- Firdaus, M., A. A. Prihanto., dan R. Nurdiani. 2013. Tanaman Bakau, Biologi dan Bioaktivitasnya. UB Press. Malang.
- Gosh, M., dan S.P. Sigh. 2004. A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. *Enviromeental Pollution*.
- Hamzah, F., dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, Zn, di hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2 (2): 41-52.
- Hamzah, F., dan Y. Pancawati. 2013. Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Ilmu Kelautan*. Volume 18 (4): 203-212.
- Herman, D. Z. 2006. Tinjauan terhadap *Tailing* Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam.*Jurnal Geologi Indonesia*. 1(1): 31-36.
- Heriyanto, N. M., dan E. Subiandono. 2011. Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb, dan Cu) oleh Jenis-Jenis Mangrove. *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. Volume 8 (2): 177-188.
- Hutabarat, Sahala dan Stewart M.Evans. 2008. *Pengantar Oseangrafi*. Jakarta: UI Press.
- Hutagalung, H.P. 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut*. *Pewarta Oceana* IX No. 1.
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. P3O. LIPI. Jakarta.
- Hutagalung, H. P., Setiapermana dan Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. LIPI. Jakarta.
- Laboratorium Kimia Dasar MIPA UB. 2015. Housemethods. Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.



- IADC/CEDA. 1997. *Convention Codes and Conditions: Marine Dissolve Enviromental Aspect of Dredging 2a*.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. *Baku Mutu Air Laut* . Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51.
- Kordi, M. G. 2007. *Pengelolaan Kualitas ir dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta
- Kristianingrum, S. 2009. Kajian Teknik Analisis Merkuri yang Sederhana, Selektif Prekonsentrasi, dan Penentuannya secara Spektrofotometri. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009.
- Kurniasih, T. 2008. Peranan Pengapuran dan Faktor Fisika Kimia Air terhadap Pertumbuhan dan Sintasan Lobster Air Tawar (*Cherax* sp). *Media Akuakultur* 3(2).
- Kustanti, A. 2011. *Manajemen Hutan Mangrove*. IPB Press. Bogor.
- Kusuma, T.S. 1988. *Kimia dan Lingkungan*. Pusat Penelitian Universits Andalas. Padang. Hal: 81-82.
- Kusumastuti, W. 2009. Evaluasi Lahan Basah Bervegetasi Mangrove dalam Mengurangi Pencemran Lingkungan (Studi Kasus di Desa Kepetingan Kabupaten Sidoarjo). *Thesis*. Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Leskona, D., R. Linda., dan Mukarlina. 2013. Pertumbuhan Jagung (*Zea mays* L) dengan Pemberian *Glomus aggregatum* dan Biofertilizer pada Tanah Bekas Penambangan Emas. *Jurnal Probiot*. Volume 2 (3): 176-180.
- Liong, S. 2010. Mekanisme Fitoakumulatif Ion Cd (II), Cr (VI) dan Pb(II) pada Kangkung Darat (*Ipomea reptans Poir*). Disertasi Program Pasca Sarjana Universitas Hasanudin, Makasar.
- MacFarlane, G. R., C. E. Koller., S. P. Blomberg. 2007. Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis.
- Marchand, C., E. L. Verges., F. Baltzer., P. Alberic., D. Cossa., dan P. Bailif. 2006. Heavy metal distribution in mangrove sediments along the mobile coastline of French Guiana. *Marine Chemistry*. 98(2006): 1-17. Elsevier.
- Maslukah, L. 2006. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. *Thesis*. Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Moyukh Ghosh, S.P. Singh. 2005. A comparative study of cadmium phytoextraction by accumulator and weed species. Elsevier



- Mulyanto. 2013. *Ekologi Perairan*. Modul Belajar Ajar. UBDistanceLearning. Malang.
- Nazli, M. F., dan N. R. Hashim. 2010. Heavy Metal Concentration in an Important Mangrove Species, *Sonneratia caseolaris* in Peninsular Malaysia. *Environment Asia*. 3(1): 50-55. Artikel.
- Ningrum, P. Y. 2006. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi *Branchia*, Hepar, dan *Musculus* Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) Di Perairan Cilacap. Skripsi. Jurusan Biologi MIPA Universitas Sebelas Maret. Noor, Y. R., M. Khazali., I N.N. Suryadiputra. 1999. *Panduan Pengenalan mangrove di Indonesia*. PHKAWI-IP, Bogor.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Djambatan: Jakarta. Hal: 53.
- Noor, Y. S., M. Khazali., dan I.N.N. Suryadiputra. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKAWI I-IP. Bogor
- Nugrahanto, N.P., B. Yulianto., dan R. Azizah. 2014. Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. Volume 1 (1): 1-9
- Pahalawattaarachchi, V., C. S. Purushthothaman., dan A. Vennila. Metal phytoremediation potential of *Rhizophora mucronata* Lam. *Indian Journal of Marine Science*. Vol 38 (2): 178-183.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta
- Puspita, A. D., A. Santoso., dan B. Yulianto. 2013. Studi Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Efeknya terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. 3 (1): 44-53.
- Rismawati, S. I. 2012. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Zn Menggunakan Tanaman Jarak pagar (*Jatropha curcas*). *Paper*. ITS. Surabaya.
- Rochyatun, E., M. T. Kalsupy., dan A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*. 10(1): 35-40.
- Sastrawijaya, A.T. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Sembel, D. T. 2015. *Toksikologi Lingkungan*. Andi. Yogyakarta.
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sopyan, R. S., dan N. K. Sumarni. 2014. Fitoakumulasi Merkuri oleh Akar Tanaman Bayam Duri (*Amarantus spinosus linn*) pada Tanah Tercemar. *Natural Science*. Volume (1): 31-39. ISSN: 2338-0950.

- Subarijanti, H.U. 1990. Diktat Kuliah Limnology. Nuffic/ Unibraw/ Luw/ Fish.Universitas Brawijaya. Malang.
- Sugito, Y. 2009. *Ekologi Tanaman*. UB Press. Malang.
- Supangat, A., dan U. Muawanah. --- . Pengantar Kimia dan Sedimen Dasar Laut. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan. ISBN 979 97572-5-8
- Susana, T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitae Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5(2): 33-39. ISSN: 1829-6572.
- Suseno, H., S. Hudiyono PWS., Budiawan., dan D. S. Wisnubroto. 2010. Bioakumulasi Merkuri Anorganik dan Metil Merkuri oleh *Oreochromis mossambicus*: Pengaruh Konsentrasi Merkuri Anorganik dan Metil Merkuri dalam Air. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah (Journal of Waste Management Technology)*. Volume 13 Nomor 1 2010. ISSN 1410-9565
- Sutrisno, T., E. Suciastuti. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Trihendradi, C. 2009. *7 Langkah Mudah Melakukan Analisis Statistik Menggunakan SPSS 17*. Andi: Yogyakarta.
- Usman, A. R. A., R. S. Alkreda., dan M. I. Al-Wabel. 2013. Heavy metal contamination in sediments and mangrove from the coast of Red Sea: *Avicennia marina* as potential metal bioaccumulator. *Ecotoxicology and Enviromental Safety*. 97(2013): 263-270.
- Uyanto, S.S. 2009. *Pedoman Analisis Data dengan SPSS*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Wardhani, E. 2009. Identifikasi Pencemaran Logam Berat Raksa Di Sungai Citarum Hulu Jawa Barat. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 8(1): 17-23.
- Winarno, F. G., dan Fardiaz S. 1974. *Teknologi Pangan*. Biro Penataran, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wulandari, S. Y., B. Yulianto., G. W. Santosa., dan K. Suwartimah. 2009. Kandungan Logam Berat Hg dan Cd Dalam Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN). *Ilmu Kelautan*. 14(5): 170-175.
- WoRMS, 2006. WoRMS taxon details, *Rhizopora mucronata*Lamk. <http://www.marinespeies.org>
- Wu, Q., N. F. Y. Tam., J Y. S. Leung., X. Zhou., J. Fu., B. Yao., X. Huang., dan L. Xia. 2014. Ecological risk and pollution history of heavy metals in



Nansha mangrove, Sout China. *Ecotoxicology and Enviromental Savety* 104 (2014): 143-151.

Wulandari, S. Y., B. Yulianto., G. W. Santoso., dan K. Suwartinah. 2009. Kandungan Logam Berat Hg dan Cd dalam Air, Sedime dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neuron (APN). *Ilmu Kelautan*. Volume 14(3): 170-175

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

Zamroni, Y., dan I. S. Rohyani. 2008. Produksi Serasah Hutan Mangrove di Perairan Teluk Sepi, Lombok Barat. *Biodiversitas*. 9(4): 284-287.

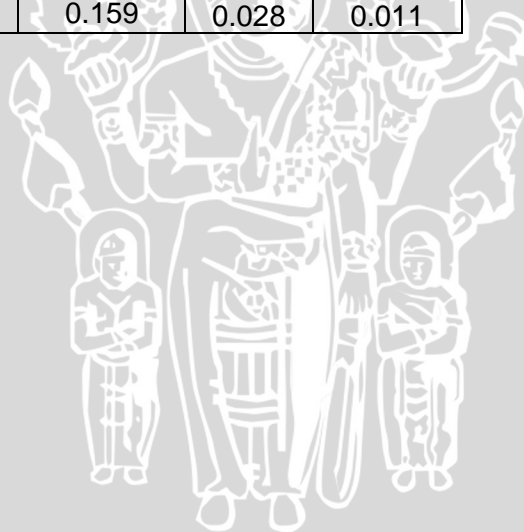
Zhao, Q., S. Liu., L. Deng., Z. Yang., S. Dong., C. Wang., dan Z. Zhang. 2012. Sptio-Temporal Variation of Heavy Metals in Fresh Water After Dam Construction: a case study of the Manwan Reservoir; Lancang River. *Environ Monit Assess* (2012) 184: 4253-4266. Springer.



## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Data Hasil Konsentrasi Hg pada Air, Sedimen serta Akar dan Daun *Rhizophora mucronata*

Stasiun	Air	Sedimen	Akar	Daun
1 Rata-rata 1	0.011	0.162	0.031	0.007
			0.026	0.005
			0.019	0.050
			0.025	0.021
2 Rata-rata 2	0.007	0.132	0.019	0.002
			0.026	0.005
			0.024	0.002
			0.023	0.003
3 Rata-rata 3	0.013	0.183	0.036	0.010
			0.041	0.007
			0.031	0.012
			0.036	0.010
Rata-rata	0.010	0.159	0.028	0.011





## Lampiran 2. Perhitungan BCF, TF, FTD, dan EC

### - Stasiun 1

$$\begin{aligned} BCF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam berat Hg})_{\text{Akar}}}{(\text{Logam Berat Hg})_{\text{Sedimen}}} \\ &= \frac{0,025}{0,162} \\ &= 0,179 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam berat Hg})_{\text{Daun}}}{(\text{Logam Berat Hg})_{\text{Akar}}} \\ &= \frac{0,006}{0,029} \\ &= 0,207 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} FTD &= BCF - TF \\ &= 0,179 - 0,207 \\ &= -0,028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EC_{Hg} &= \frac{(\text{Logam berat Hg})_{\text{Air}}}{(\text{Logam Berat Hg})_{\text{Sedimen}}} \\ &= \frac{0,011}{0,162} \\ &= 0,068 \end{aligned}$$

