ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA AKAR DAN DAUN TANAMAN MANGROVE *Avicennia marina* DI KAWASAN MANGROVE ROMOKALISARI, SURABAYA

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh :

RACHMA LABDA PRAMUDITYA

NIM. 115080100111053

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA AKAR DAN DAUN TANAMAN MANGROVE *Avicennia marina* DI KAWASAN MANGROVE ROMOKALISARI, SURABAYA

SKRIPSI

PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan

di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Brawijaya

Oleh :

RACHMA LABDA PRAMUDITYA

NIM. 115080100111053

FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

SKRIPSI

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA AKAR DAN DAUN TANAMAN MANGROVE *Avicennia marina* DI KAWASAN MANGROVE ROMOKALISARI, SURABAYA

Oleh :

RACHMA LABDA PRAMUDITYA
NIM. 115080100111053

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 13 Januari 2016
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

(Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS)
NIP. 19520402 198003 2 001
Tanggal: 15 JAN 2016

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. Mulyanto, M.Si)
NIP. 19600317 198602 1 001
Tanggal: 15 JAN 2016

Dosen Penguji II

(Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP)
NIP. 19720529 200312 1 001
Tanggal: 15 JAN 2016

Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Muhammad Musa, MS)
NIP. 19570507 198602 1 002
Tanggal: 15 JAN 2016

Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal: 15 JAN 2016

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

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 orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Malang, 13 Januari 2016
Mahasiswa

Rachma Labda Pramuditya
115080100111053

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, tidak sedikit kendala yang penulis hadapi. Penyusunan laporan ini berjakan dengan baik atas bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Rasa syukur yang tak terhingga kepada Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
2. Kedua orangtua tercinta Alm. Bapak “Widodo Edy Djatmiko” dan Bunda “Tri Hastuti” serta kakak tersayang “Sukma Martha” atas doa dan kasih sayangnya yang tulus.
3. Dr. Ir. Mulyanto M.Si dan Dr. Ir. Muhammad Musa, MS selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarah selama penyusunan sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS dan Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP selaku dosen penguji atas kritik dan saran serta bimbingan yang diberikan.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta seluruh staff Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya atas ilmu dan pengalaman yang berharga.
6. Pak Sony Mushon atas bimbingan serta arahan saat penelitian skripsi.
7. Sahabat dan teman curhat Lya Yesi dan Devi yang selalu pengertian membantu dalam keadaan apapun.
8. Teman seperjuangan Teteh Novidan Arin atas bantuan, semangat dan kegigihan bersama dalam menyelesaikan laporan skripsi ini, serta teman super Ikhsan yang turut membantu dalam penelitian skripsi ini.
9. Teman dan sahabat ARM’11 atas doa, bantuan dan semangat yang telah diberikan
10. Teman-teman Asrama Aceh Pocut Baren Melda, Nia, Vivi, Jeje, Nunu, Mbak Eny, Vita atas kasih sayang dan dorongan semangat kepada penulis.
11. Pihak-pihak yang lain yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

RACHMA LABDA PRAMUDITYA. Skripsi tentang Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Akar dan Daun Tanaman mangrove *Avicennia marina* di Kawasan Mangrove Romokalisari, Surabaya (di bawah Bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto, M.Si dan Dr. Ir. Muhammad Musa, MS**)

Wilayah pantai utara Surabaya (Pantura) ini sebagian besar didominasi oleh industri terutama industri bongkar muat dan peti kemas dari sepanjang Jalan Kecamatan Pabean, Cantian hingga Benowo. Kegiatan ekonomi yang terjadi di kawasan Pantura mengakibatkan rusaknya ekosistem mangrove. Kegiatan tersebut antara lain adalah pembangunan pergudangan dan peti kemas, pembangunan pemukiman di sekitar kawasan mangrove, pencemaran domestik, pencemaran non-domestik, serta pembuatan pelabuhan. Potensi pencemaran non-domestik dapat disebabkan oleh adanya buangan limbah pabrik-pabrik di Surabaya yang bermuara ke pesisir Pantura. Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang secara aktif menghindari masukan logam berat yang berlebih dan memiliki kemampuan khas secara alamai melalui akar. Salah satu mangrove yang mempunyai kemampuan dalam mengakumilasi logam didalam tubuhnya tersebut adalah *Avicennia marina*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kadar logam berat Hg dalam air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina* dan mengetahui perbedaan kadar logam berat Hg dalam akar dan daun mangrove antar 3 stasiun serta menganalisis kemampuan *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam berat Hg.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2015 di Kawasan Mangrove Romokalisari Surabaya. Metode yang digunakan adalah metode survei dengan lokasi pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun yaitu stasiun 1 (dekat dengan kawasan pabrik dan pemukiman warga), stasiun 2 (dekat dengan kawasan pergudangan), dan stasiun 3 (muara sungai). Pengambilan sampel meliputi air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina* serta parameter kualitas air yaitu suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut.

Hasil dari penelitian didapatkan pada kawasan mangrove Romokalisari Surabaya mengandung logam berat Hg pada air berkisar antara 0,07-0,013 ppm, Hg pada sedimen berkisar antara 0,132-0,183 ppm, Hg pada akar *Avicennia marina* berkisar antara 0,03-0,041 ppm dan Hg pada daun *Avicennia marina* berkisar antara 0,009-0,015 ppm. Hasil analisis one way ANOVA dengan menggunakan SPPS 16.0, menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kadar logam berat Hg dalam akar dan daun mangrove *Avicennia marina* antar tiga stasiun, yang menunjukkan bahwa penyebaran logam berat Hg seragam dan translokasi akar ke daun antar tiga stasiun seimbang. Tanaman *Avicennia marina* dapat termasuk dalam golongan tanaman akumulator sedang dalam penyerapan logam berat Hg dengan rentang nilai BCF berada di antara 0,1-1. Hasil pengukuran parameter kualitas air yang menunjukkan bahwa suhu berkisar antara 30-31ºC, salinitas berkisar antara 29-33 ppt. Nilai pH berkisar 6,7-6,9, oksigen terlarut berkisar antara 8,5-9,1 mg/l.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi yang berjudul "**Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Akar dan Daun Tanaman Mangrove *Avicennia marina* di Kawasan Mangrove Romokalisari, Surabaya**". Pada Laporan Skripsi ini menyajikan tentang pokok-pokok bahasan yang meliputi cara pengukuran dan nilai kandungan logam berat Hg pada air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina* serta parameter kualitas perairan.

Penulis menyadari bahwa penulisan proposal ini masih kurang sempurna dan terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya masukkan, baik saran maupun kritik yang bersifat membangun dari semua pihak.

Malang, 13 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**

PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **iii**

UCAPAN TERIMAKASIH ..... **iv**

RINGKASAN ..... **v**

KATA PENGANTAR ..... **vi**

DAFTAR ISI ..... **vii**

DAFTAR TABEL ..... **x**

DAFTAR GAMBAR ..... **xi**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xii**

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan masalah 3

1.3 Tujuan 4

1.4 Manfaat Penelitian 4

1.5 Waktu dan Tempat 5

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat 6

2.2 Logam Berat Merkuri (Hg) 7

2.3 Logam Berat Merkuri (Hg) di Perairan 9

2.4 Logam Berat Merkuri (Hg) di Sedimen 10

2.5 Logam Berat Merkuri (Hg) di Tanaman 11

2.6 *Avicennia marina* 13

2.7 Parameter Kualitas Air 16

2.7.1 Suhu 16

2.7.2. Salinitas 17

2.7.3 Derajat Keasaman 17

2.7.4 Oksigen Terlarut 18

3. Metode Penelitian

3.1 Materi Penelitian 19
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel 19
3.3 Prosedur Pengambilan Sampel 19
3.3.1 Pengambilan Sampel Air 19
3.3.2 Pengambilan Sampel Sedimen 20
3.3.3 Pengambilan Sampel Mangrove 20
3.4 Analisis Logam Berat 20
3.4.1 Analisis Logam Berat Hg di Air 20
3.4.2 Analisis Logam Berat Hg di Sedimen 21
3.4.3 Analisis Logam Berat Hg di Akar dan Daun 22
3.5 Parameter Kualitas Air 22
3.5.1 Suhu 22
3.5.2 Salinitas 23
3.5.3 Derajat Keasaman 23
3.5.4 Oksigen Terlarut 24
3.6 Analisis Data 24
3.6.1 Analisis Perbandinang Logam Berat Hg dalam Akar dan Daun antar 3 Stasiun 24
3.6.2 Faktor Biokonsentrasi 25
3.6.3 Faktor Translokasi 26
3.6.4 Fitoremediasi 26

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian 27
4.1.1 Deskripsi Romokalisari 27
4.2.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan 28
4.2 Kandungan Logam Berat Hg pada Air 30
4.3 Kandungan Logam Berat Hg pada Sedimen 31
4.4 Kandungan Logam Berat Hg pada *Avicennia marina* 32
4.4.1 Logam Berat Hg pada Akar 33
4.4.2 Logam Berat Hg pada Daun 34
4.5 Faktor Biokonsentrasi, Faktor Translokasi, dan Fitoremediasi 36
4.6 Parameter Kualitas Air 38
4.6.1 Suhu 39
4.6.2 Salinitas 40
4.6.3 Derajat Keasaman (pH) 41
4.6.4 Oksigen Terlarut 41

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 43

5.2 Saran 43

DAFTAR PUSTAKA..... 44

LAMPIRAN..... 49

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Nilai Faktor Biokonsentrasi, Faktor Translokasi, dan Fitoremediasi..... 37

2. Data Kualitas Air 39

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Kontribusi Logam Berat Timah(Pb), Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Arsenic (As), dan Cromium (Cr) Pada Intake Manusia 9

2. *Avicennia marina* 13

3.Akar *Avicennia marina* 14

4. Daun *Avicennia marina* 15

5. Lokasi Pengambilan Sampel 20

6. Lokasi Stasiun 1 28

7. Lokasi Stasiun 2 29

8. Lokasi Stasiun 3 30

9. Rata – Rata Merkuri pada Air 30

10. Rata – Rata Merkuri pada Sedimen 31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran **Halaman**

1. Peta Lokasi Penelitian 50

2. Alat dan Bahan yang digunakan pada Penelitian 51

3. Data Logam Berat Hg di Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove Avicennia marina 52

4. Perhitungan Faktor Biokonsentrasi, Faktor Translokasi, dan Fitoremediasi 53

5a. Output Hasil Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Hg dalam Akar Mangrove Avicennia marina antar 3 Stasiun 55

5b. Output Hasil Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Hg dalam Daun Mangrove Avicennia marina antar 3 Stasiun 56

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar kawasan pesisir utara di wilayah daratan dimanfaatkan untuk kegiatan industri dan pergudangan, pertanian, ladang garam, pemukiman, militer serta pelabuhan. Di wilayah perairan dimanfaatkan untuk aktifitas alur pelayaran, utilitas kabel dan pipa interkoneksi. Wilayah ini sebagian besar didominasi oleh industri yang terutama yaitu industri bongkar muat dan peti kemas dari sepanjang jalan Kecamatan Pabean, Cantian hingga Benowo. Kegiatan ekonomi yang terjadi di kawasan ini mengakibatkan rusaknya ekosistem mangrove. Adapun kegiatan tersebut antara lain pembuatan pelabuhan, pembangunan peti kemas, pergudangan dan pemukiman di sekitar kawasan mangrove serta pencemaran domestik dan non-domestik. Penyebab adanya pencemaran non-domestik yaitu akibat buangan limbah dari pabrik yang bermuara ke wilayah pesisir pantai utara Surabaya.

Logam-logam yang mencemari perairan laut banyak jenisnya, diantaranya yang cukup banyak adalah kadmium (Cd) dan logam timbal (Pb). Kedua logam tersebut bergabung bersama dengan merkuri (Hg) sebagai *the big three heavy* metal yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia, selain itu ketiga logam tersebut yang paling sering ditemukan sebagai bahan pencemar logam yang ada di alam (Suhendrayatna, 2001).

Menurut Bugis *et al*, (2012), logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air yang terkontaminasi oleh logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasikan. Jika keadaan ini

berlangsung terus menerus, dalam jangka waktu lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia.

Merkuri yang terdapat dalam limbah atau *waste* di perairan umum diubah oleh aktifitas mikroorganisme menjadi komponen methyl merkuri (CH_3-Hg) yang memiliki sifat racun dan daya ikat yang kuat disamping kelarutannya yang tinggi terutama dalam tubuh hewan air. Hal tersebut mengakibatkan merkuri terakumulasi melalui proses bioakumulasi dan biomagnifikasi dalam jaringan tubuh hewan-hewan air, sehingga kadar merkuri dapat mencapai level yang berbahaya baik bagi kehidupan hewan air maupun kesehatan manusia, yang makan hasil tangkap hewan-hewan air tersebut (Putranto, 2011).

Salah satu tumbuhan yang mampu hidup dan berkembang di daerah pesisir adalah mangrove. Melalui modifikasi akar dan daunnya, mangrove mampu hidup pada berbagai macam subtrat yang masih mendapat pengaruh pasang surut. Kandungan logam berat pada sedimen mangrove mampu mempengaruhi proses biologi dan ekologi, walaupun mangrove mempunyai imunitas terhadap efek racun dari logam berat (Annie dan Sigua, 2013 *dalam* Hamzah dan Pancawati, 2013). Satu diantara beberapa spesies mangrove yang memiliki kemampuan akumulasi logam berat adalah *Avicennia marina*. Berbagai penelitian mengatakan bahwa *A. marina* mampu menyerap dan mengakumulasi logam-logam berat, seperti timbal, tembaga, besi, cadmium, nikel, alumunium, seng, mangan, merkuri dan kromium dari lingkungannya. Hasil penelitian tim Ecoton pada tahun 2002 terhadap salah satu spesies mangrove *A. marina* diasumsikan bahwa tumbuhan ini dapat mengakumulasi logam berat pada akar, batang dan daun karena telah beradaptasi dengan lingkungannya yang mendukung kadar logam tinggi (Arisandi, 2002 *dalam* Panjaitan, 2009).

Menurut Ali dan Rina (2011), tumbuhan mangrove mampu mengalirkan oksigen melalui akar ke dalam sedimen tanah untuk mengatasi kondisi anaerob

pada sedimen tersebut. Jika logam berat memasuki jaringan, terdapat mekanisme yang sangat jelas, pengambilan (*up taken*) logam berat oleh tumbuhan di lahan basah adalah melalui penyerapan dari akar, setelah itu tumbuhan dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan gukosida yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun dan bagian lainnya, sedangkan ekskresinya terjadi melalui transpirasi.

1.2 Rumusan Masalah

Pada Kawasan mangrove Romokalisari, Surabaya ini merupakan kawasan yang berdekatan dengan berbagai aktivitas indsutri yaitu industri cat, pengecoran logam, industri kayu, industri kertas, industri bongkar muat dan peti kemas. Selain adanya aktivitas industri, limbah rumah tangga langsung dibuang ke sungai. Adanya buangan sampah rumah tangga dan limbah pabrik dari sungai Benowo yang nantinya mengalir ke kawasan mangrove Romokalisari sampai ke muara sungai Teluk Lamong juga dapat memicu adanya pencemaran. Pencemaran domestik tersebut dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem karena dapat menyebabkan biota air mati akibat bioakumulasi limbah domestic di dalam tubuh biota.

Berdasarkan hasil survei BLH Kota Surabaya tahun 2012, ditemukan adanya indikasi pencemaran lewat tanjang mangrove *Rhizophora* yang berwarna kuning. Mangrove yang tidak terkena pencemaran umumnya berwarna hijau. Dampak lain yang dapat timbul akibat kerusakan mangrove yaitu tingginya tingkat intrusi air laut akan membuat air laut masuk tanpa penyaringan oleh filter alami. Hal ini perlu diwaspadai karena intrusi air laut yang tinggi bukan hanya akan mencampuri dan membuat air bersih masyarakat menjadi berkurang namun

secara tidak langsung, cepat atau lambat akan menjadi krisis air bersih dan intrusi air laut masuk ke daratan.

Berdasarkan hasil survei BLH kota Surabaya,pendapatan nelayan yang dulu mencapai >20kg, namun sekarang nelayan harus pergi ke daerah laut yang menuju Madura. Selain itu, nelayan mencari kerang hanya mendapat 7-10kg dibandingkan dulu yang dapat menghasilkan sekitar 50kg. Hal ini dapat memicu ketidakseimbangan ekosistem di daerah pesisir Pantura dan terganggunya siklus rantai makanan.

Berdasarkan uraian di atas, sangat perlu untuk dilakukan penelitian mengenai kandungan logam berat Hg pada air, sedimen, akar dan daun *Avicennia marina* di Kawasan Mangrove Romokalisari, Surabaya untuk menentukan pengelolaan sumberdaya perairan yang berkelanjutan. Dengan kemampuan mangrove ini dalam menyerap logam berat, maka dapat dikembangkan sebagai pengendalian pencemaran logam berat di perairan.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1) Untuk mengetahui kandungan logam berat Hg di air, sedimen, akar, dan daun *Avicennia marina* di kawasan Mangrove Romokalisari Surabaya, Jawa Timur.
2) Untuk mengetahui perbedaan kadar logam berat Hg dalam akar dan daun mangrove *Avicennia marina* antar 3 stasiun serta menganalisis kemampuan *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam berat Hg.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan mengenai kandungan logam berat Hg pada perairan, sedimen, akar dan daun *Avecennia marina* di kawasan mangrove Romokalisari, Surabaya, Jawa Timur sehingga

dapat dijadikan sebahai bahan informasi untuk penelitian lebih lanjut. Selain itu, penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan pengelolaan ekosistem perairan yang berkelanjutan khususnya bagi Pemerintah Kota Surabaya.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di kawasan Romokalisari, Kota Surabaya, Jawa Timur pada bulan Agustus sampai bulan September 2015. Analisis kandungan logam berat Hg di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya, Malang dan analisis kualitas air dilakukan secara *insitu*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam digolongkan ke dalam dua kategori, yaitu logam berat dan logam ringan. Logam berat ialah logam yang mempunyai berat 5 g atau lebih untuk setiap cm^3, dengan sendirinya logam yang beratnya kurang dari 5 g setiap cm^3 termasuk logam ringan (Darmono, 1995 *dalam* Agustina, 2010).

Menurut Hutagalung (1991), unsur non-logam dapat berbentuk padat, cair maupun dalam bentuk gas, rapuh dan tidak dapat ditempa, tidak mengkilat meski digosok (kecuali intan), bukan suatu konduktor sedangkan unsur logam mempunyai daya hantar panas dan listrik yang tinggi. Unsur logam berwujud padat pada suhu kamar (kecuali raksa), dapat ditempa dan direnggangkan, mengkilat jika digosok, serta merupakan konduktor panas listrik. Contoh unsur logam yaitu kalsium (Ca), mangan (Mn), kobalt (Co), merkuri (Hg), besi (Fe), emas (Au), timbal (Pb), magnesium (Mg) dan tembaga (Cu).

Menurut Rochyatun *et al,* (2006), kehadiran logam berat mengkhawatirkan terutama yang bersumber dari pabrik, dimana logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku maupun sebagai bahan penolong. Sifat beracun dan berbahaya dari logam berat ditunjukkan oleh sifat fisik dan kimia bahan baik dari segi kualitas dan kuantitasnya. Senyawa logam berat biasanya banyak terdapat dalam limbah industri. Keberadaan logam berat di perairan laut dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri. Dari keempat jenis limbah tersebut, limbah yang umumnya paling banyak mengandung logam berat adalah limbah industri. Hal ini disebabkan senyawa logam berat sering digunakan dalam industri, baik sebagai bahan baku, bahan tambahan maupun katalis. Peningkatan kadar logam berat pada air laut akan mengakibatkan logam berat yang semula

dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dapat berubah menjadi racun bagi organisme laut.

2.2 Logam Berat Merkuri (Hg)

Menurut Widowati *et al,* (2008), merkuri (Hg) adalah logam berat berbetuk cair, berwarna putih perak, serta mudah menguap pada suhu ruangan. Merkuri (Hg) dapat larut dalam asam sulfat atau asam nitrit, tetapi tahan terhadap basa. Hg memiliki titik didih 356,6ºC. Hg mudah membentuk alloy amalgama dengan logam lainnya, seperti emas (Au), perak (Ag), platinum (Pr), dan tin (n). Garam merkuri yang penting antara lain $HgCl_2$ yang bersifat toksik.

Menurut Nicodemus (2003) *dalam* Fitriyah (2007), merkuri dan komponen-komponen merkuri banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Sifat-sifat kimia dan fisik merkuri membuat logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan ilmiah dan industri. Beberapa sifat tersebut adalah sebagai berikut:

a. Merkuri mempunyai kelarutan yang rendah
b. Sifat kimia yang stabil terutama di lingkungan sedimen
c. Mempunyai sifat yang mengikat protein, sehingga mudah terjadi biokonsentrasi pada tubuh organisme air melalui rantai makan.
d. Menguap dan mudah mengemisi atau melepaskan uap merkuri beracun walaupun pada suhu ruang
e. Logam merkuri merupakan satu-satunya unsur logam berbentuk cair pada suhu ruang 25º C.
f. Pada fase padat berwarna abu-abu dan pada fase cair berwarna putih perak.

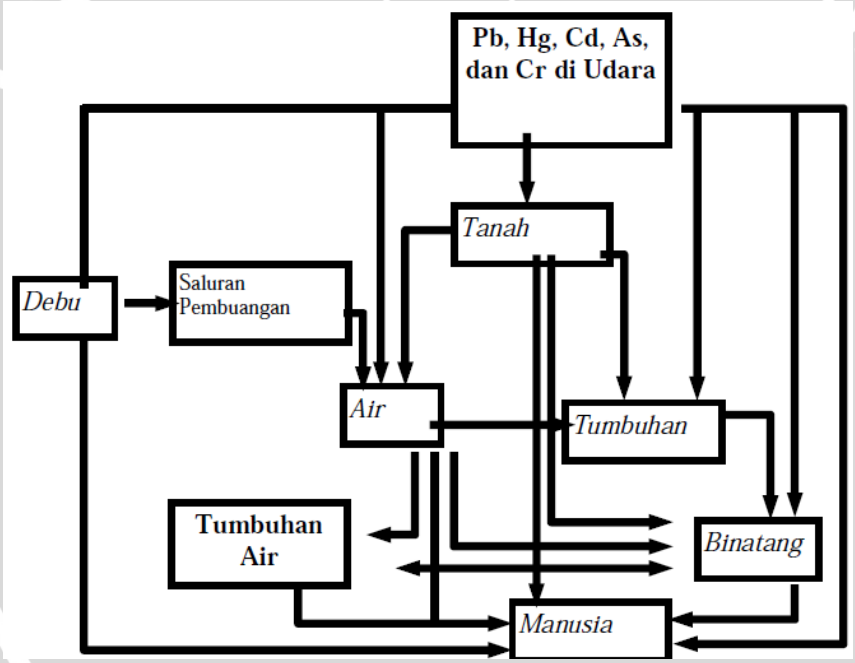
g. Uap merkuri di atmosfir dapat bertahan selama 3 bulan sampai 3 tahun, sedangkan bentuk yang melarut dalam air hanya bertahan beberapa minggu.

Secara alami Hg dapat berasal dari gas gunung berapi dan penguapan dari air laut. Industri pengecoran logam dan semua industri yang menggunakan Hg sebagai bahan baku maupun bahan penolong, limbahnya merupakan sumber pencemaran Hg. Sebagai contoh antara lain adalah industri klor alkali, tambang emas, peralatan listrik, cat, termometer, tensimeter, industri pertanian, dan pabrik detonator. Kegiatan lain yang merupakan sumber pencemaran Hg adalah praktek dokter gigi yang menggunakan amalgam sebagai bahan penambal gigi. Selain itu bahan bakar fosil juga merupakan sumber Hg pula (Sudarmadji *et al*., 2006).

Secara alamiah, pencemaran oleh merkuri dan logam-logam lain ke lingkungan umumnya berasal dari kegiatan-kegiatan gunung api, rembesan-rembesan air tanah yang melewati daerah deposit merkuri dan lain-lainnya. Namun demikian, meski sangat banyak sumber keberadaan merkuri di alam, dan masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan tertentu secara alamiah, tidaklah menimbulkan efek-efek merugikan bagi lingkungan karena masih dapat ditolerir oleh alam itu sendiri. Merkuri menjadi bahan pencemar sejak manusia mengenal industri, kemudian menggali sumberdaya alam dan memanfaatkannya semaksimal mugkin utntuk kebutuhannya. Kenyataan ini berarti menunjukkan bahwa manusialah yang telah menciptakan suatu bentuk lingkungan yang tidak seimbang (tercemar) sebagai efek negatif dari kemajuan perindustrian dan pertanian yang telah dicapai (Palar, 2012).

2.3 Logam Berat Hg di Perairan

Menurut Alfa (2003) *dalam* Payung *et al*, (2013), limbah yang masuk ke dalam perairan dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Limbah organik dapat membusuk dan mudah di degradasi oleh mikroorganisme, tetapi tidak dengan limbah anorganik. Bahan buangan anorganik yang berasal dari sisa produksi industri percetakan, pabrik kimia, tekstil, farmasi, dan elektronika berpotensi merusak lingkungan karena mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) yang diantaranya terdapat logam berat, seperti timbal (Pb), cadmium (Cd), raksa (Hg), krom (Cr), nikel (Ni), kobalt (Co), mangan (Mn), tembaga (Cu) dan timah (Sn).



Gambar 1. Kontribusi Logam Berat Timah(Pb), Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Arsenic (As), dan Cromium (Cr) Pada Intake Manusia (Sudarmaji *et al*., 2006 *dalam* Putranto, 2011)

Menurut Widowati *et, al,* (2008), merkuri (Hg) pada kerak bumi sebesar 0.08 mg/kg banyak tertimbun di daerah penambangan. Di alam, merkuri (Hg) ditemukan dalam bentuk unsur merkuri (Hg^o), merkuri monovalen (Hg^{+1}), dan

bivalen (Hg^{+2}). Jika merkuri masuk ke perairan akan mudah berikatan dengan klor yang ada di dalam air laut dan membentuk ikatan HgCl. Dalam bentuk tersebut, Hg mudah masuk ke dalam plankton dan bisa berpindah ke biota laut lain. Merkuri anorganik (HgCl) akan berubah menjadi merkuri organik metil merkuri (CH_3Hg) oleh peran mikroorganisme yang terjadi pada sedimen di dasar perairan, merkuri dapat pula bersenyawa dengan karbon berbentuk senyawa organo-merkuri. Senyawa organomerkuri yang paling umum adalah metil merkuri yang dihasilkan oleh mikroorganisme dalam air dan tanah. Mikroorganisme kemudian termakan oleh ikan sehingga konsentrasi merkuri dalam ikan meningkat.

Menurut Anggraini (2007) *dalam* Payung *et al*, (2013), adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Ini disebabkan karena sifat-sifat logam berat yang sulit di degradasi, sehingga logam berat mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan sulit dihilangkan, sehingga logam berat mudah terakumulasi pada biota laut.

2.4 Logam Berat Hg di Sedimen

Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup diperairan tersebut. Apabila konsentrasi logam lebih besar dari daya larut terendah komponen yang terbentuk antara logam dan asam yang ada dalam air seperti karbonat, hidroksil dan klorida, maka logam tersebut akan diendapkan (Ruslan,2010 *dalam* Purnawan *et al*., 2013).

Sedimen dapat digunakan sebagian indicator pencemaran karena perannya sebagai '*sink*' bagi bahan-bahan pencemar dari daratan. Kontaminan logam yang telah berada di sedimen akan diserap oleh organisme bentik yang

selanjutnya logam tersebut akan ditransfer dari sedimen ke rantai makanan yang lebih tinggi. Namun demikian, ketersediaan secara biologis (*bioavailability*) logam tersebut bagi organisme bentik tergantung oleh banyak factor termasuk karakteristik geokimia sedimen dan fraksinasi logam-logam tersebut diantara komponen-komponen sedimen yang berbeda (Kiratli dan Ergin, 1996; Wang *et al*., 2002 *dalam* Arifin dan Fadhlina, 2009).

Menurut Budiono (2002), tersebarnya logam berat Hg di tanah, perairan, ataupun udara bisa melalui berbagai jalur, seperti pembuangan limbah industri secara langsung, baik limbah padat maupun limbah cair yang dibuang ke tanah, udara, dan air. Sebagian senyawa Hg yang dilepas ke lingkungan akan mengalami proses metilasi dan menjadi metil merkuri (CH_3Hg) oleh mikroorganisme dalam air dan tanah. Metil-Hg memiliki kelarutan tinggi dalam tubuh hewan air sehingga Hg terakumulasi melalui proses bioakumulasi dan biomagnimifaksi dalam jaringan tubuh hewan air.

Menurut Hutagalung *et al*, (1997), pada konsentrasi logam berat tertinggi ada dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni karena akibat dari adanya gaya tarik elektrokimia partikel sedimen dengan partikel mineral, peningkatan oleh partikel organik dan peningkatan oleh sekresi lender organisme. Keberadaan sedimen di dasar perairan sangat dipengaruhi oleh banyaknya partikel terlarut yang dibawa oleh air tawar maupun air laut sebagai akibat dari aktifitas buangan limbah manusia.

2.5 Logam Berat Hg di Tanaman

Menurut Soemirat (2003) dalam Panjaitan, (2009), menyatakan bahwa proses absorpsi dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan, yaitu :

1. Akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik.

2. Daun bagi zat yang lipofilik.

3. Stomata untuk masukan gas.

Proses absorbsi terjadi pada tanaman seperti pada hewan dengan berbagai mekanisme difusi, hanya menggunakan istiliah yang berbeda yaitu translokasi. Transport ini terjadi dari sel ke sel menuju jaringan vaskuler agar dapat distribusikan keseluruh bagian tumbuhan.

Menurut Lakitan (2001), beraneka ragam unsur dapat ditemukan di dalam tubuh tumbuhan, tetapi tidak berarti bahwa seluruh unsur tersebut dibutuhkan oleh tumbuhan untuk kelangsungan hidupnya. Di dalam tumbuhan ada beberapa unsur yang ternyata dapat mengganggu metabolisme atau meracuni tumbuhan yaitu sebagai contoh adalah beberapa jenis logam berat. Unsur hara dapat kontak langsung dengan permukaan akar melalu 3 cara yaitu: 1) secara difusi dalam larutan tanah, 2) secara pasif oleh aliran tanah, dan 3) akar tumbuh kearah posisi hara dalam matrik tanah. Serapan hara oleh akar dapat bersifat akumulatif, selektif, satu arah (*unit directional*), dan tidak dapat jenuh.

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan. Proses tersebut yaitu dimulai dari penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan. Penyerapan logam oleh akar dilakukan dengan membawa logam dalam bentuk ion ke dalam rizosfer dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhan. Selanjutnya setelah logam masuk, logam harus ditranslokasikan melalui xilem dan floem ke bagian tubuh. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan logam diikat oleh suatu zat khelat (Priyanto dan Prayitno, 2006 *dalam* Fitria *et al*., 2015).

Berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi.

Penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin (Deri *et al*., 2013). Fitokelatin adalah suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin (Priyanto dan Prayitno, 2006 *dalam* Hardiani, 2009).

2.6 *Avicennia marina*

Gambar 2. *Avicennia marina* (www.marinesspecies.org)

Klasifikasi Avicennia marina menurut Bengen (2001):

Kingdom : Plantae

Filum : Tracheophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Sapindales

Famili : Avicenniaceae

Genus : Avicennia

Spesies : *Avicennia marina*

Menurut Halidah (2014), *Avicennia marina* adalah salah satu jenis mangrove yang masuk ke dalam kategori mangrove mayor. Status tersebut menyebabkan *A. marina* hampir selalu ditemukan pada setiap ekosistem mangrove. Pohon api-api memiliki beberapa ciri, antara lain memiliki akar napas yakni akar percabangan yang tumbuh dengan jarak teratur secara vertikal dari akar horizontal yang terbenam di dalam tanah. Buah berbentuk bulir seperti mangga, ujung buah tumpul dan panjang 1 cm, daun berbentuk elips dengan ujung tumpul dan panjang daun sekitar 7 cm, lebar daun 3-4 cm, permukaan atas daun berwarna hijau mengkilat dan permukaan bawah berwarna hijau abu-abu dan suram. Bentuknya semak atau pohon dengan tinggi 12 m dan kadang-kadang mencapai 20 m, memiliki akar napas yang berbentuk seperti pensil, bunga bertipe majemuk dengan 8-14 bunga setiap tangkai.

1) Akar

Avicennia marina memiliki akar seperti pensil yang menonjol kepermukaan yang disebut akar nafas. Kulit kayunya yang halus dengan burik-burik hijau-abu dan terkelupas dalam bagian-bagian kecil. Pada bagian batang yang tua kadang-kadang ditemukan serbuk tipis (Noor *et al*., 2006).

Akar yang menggantung atau muncul di permukaan tanah merupakan akar nafas (*pneumatophore*). Akar-akar ini mempunyai liang-liang pernapasan dan mengandung banyak sekali ruang-ruang berisi udara yang berfungsi untuk penyaluran oksigen ke bagian-bagian sistem perakaran yang terdapat di dalam tanah. Fungsi ini dianggap mempunyai arti yang vital mengingat sifat substrat

dan adanya penggenangan yang kerap terjadi (Polunin, 1991 *dalam* Kordi, 2012).

Gambar 3. Akar *Avicennia marina* (Halidah, 2014)

2) Daun

Menurut Noor *et al,* (2006), bagian atas permukaan daun ditutupi bintik-bintik kelenjar berbentuk cekung. Bagian bawah daun putih- abu-abu muda. Memiliki unit dan letak yang sederhana dan berlawanan. Bentuk daun *Avicennia marina* ini yaitu berbentuk elips, bulat memanjang, dan bulat telur terbalik. Pada ujung daun ini meruncing hingga membundar. Daun *Avicenia marina* ini memiliki ukuran sekitar 9 x 4,5 cm.

Menurut Jacoeb *et al*, (2011), daun api-api memiliki ciri-ciri antara lain warna permukaan atas berwarna hijau dan permukaan bawahnya berwarna hijau kekuningan dan dengan bertambahnya umur beberapa bagian bawah berubah menjadi putih. Daun berbentuk oval dengan ujung meruncing. Permukaan atas daun memiliki tekstur licin halus, sedangkan permukaan bawah memiliki tekstur yang lebih kasar. Kandungan protein daun api-api lebih besar jika dibandingkan dengan kadar protein daun mangrove lainnya. Berdasarkan hasil penelitian Wibowo *et al*, (2009), menunjukkan bahwa daun api-api mengandung asam amino esensial yang cukup lengkap, yaitu sebanyak 9 asam amino esensial.

Gambar 4. Daun *Avicennia marina* (Halidah, 2014)

2.7 Parameter Kualitas Air

2.7.1 Suhu

Menurut Hutagalung (1988), suhu adalah suatu besaran fisika yang menyatakan banyaknya panas yang terkandung dalam suatu benda. Suhu air laut terutama di lapisan permukaan sangat tergantung pada jumlah panas yang diterimanya dari matahari. Suhu air permukaan biasanya berkisar antara 27°-29°C (tropik) dan 15°-20°C (subtropik). Suhu ini menurun secara teratur sesuai dengan pertambahan kedalaman. Namun pada lapisan air tertentu suhu air menurun dengan tajam walaupun pertambahan kedalaman hanya sedikit. Lapisan ini disebut termoklin. Setelah lapisan termoklin, suhu air laut menurun kembali secara teratur sesuai dengan pertambahan kedalaman.

Secara alami suhu air permukaan memang merupakan lapisan hangat karena mendapat radiasi matahari pada siang hari. Karena kerja angin, maka lapisan teratas sampai kedalaman kira-kira 50-70 m terjadi pengadukan, hingga lapisan tersebut terdapat suhu hangat (sekitar 28ºC) yang homogen. Oleh sebab itu lapisan teratas ini sering pula disebut lapisan homogen. Karena adanya pengaruh arus dan pasang-surut, lapisan ini bisa menjadi lebih tebal lagi. Di perairan dangkal lapisan homogen ini melanjut sampai ke dasar (Nontji, 2005).

2.7.2 Salinitas

Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida digantikan oleh klorida dan semua bahan organik telah dioksidasi. Nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari 0,5 ppt, perairan payau antara 0,5 ppt – 30 ppt, dan perairan laut 30 ppt – 40 ppt. Pada perairan pesisir, nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dan sungai (Effendi, 2003).

Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, aliran sungai. Perairan estuaria atau daerah sekitar kuala dapat mempunyai struktur salinitas yang kompleks, karena selain merupakan pertemuan antara air tawar yang relatif ringan dan air laut yang lebih berat, juga pengadukan air sangat menentukan (Nontji, 2005).

2.7.3 Derajat Keasaman

Menurut Saeni (1989) *dalam* Asmara (2005), nilai pH merupakan hasil pengukuran aktivitas ion hidrogen dalam perairan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa air. Karbonat, hidroksida dan bikarbonat akan meningkatkan kebasaan air, sementara adanya asam – asam mineral bebas dan asam bikarbonat meningkatkan keasaman.

Nilai pH menyatakan nilai konsentrasi ion hidrogen dalam suatu larutan. Dalam air yang bersih jumlah konsentrasi ion H^+ dan OH^- berada dalam keseimbangan sehingga air yang bersih akan bereaksi netral. Organisme akuatik dapat hidup di dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan nilai kisaran toleransi antara asam lemah dan basa lemah. pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik umumnya berkisar antara 7-8,5. Kondisi perairan yang sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan

hidup organisme karena akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam yang bersifat toksik (Barus, 2004).

2.7.4 Oksigen Terlarut

Menurut Efendi (2003), oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut dalam perairan. Kadar oksigen yang terlarut di alam perairan bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil. Semakin tinggi suatu tempat dari permukaan laut, tekanan atmosfer semakin rendah.

Oksigen terlarut dalam laut dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk organisme perairan untuk respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikro-organisme. Sumber utama oksigen dalam air laut adalah udara melalui proses difusi dan dari proses fotosintesis fitoplankton. Oksigen terlarut merupakan salah satu penunjang utama kehidupan di laut dan indikator kesuburan perairan. Kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya limbah organik di perairan. Hal ini disebabkan oksigen yang ada, dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik (Simanjuntak, 2012).

Menurut Ramlal (1987) *dalam* Maslukah (2006), kelarutan logam berat sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut. Pada daerah dengan kandungan oksigen yang rendah daya larutnya lebih rendah sehingga mudah mengendap. Logam berat seperti Zn, Cu, Cd, Pb, Hg, dan Ag akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kadar logam berat Hg pada air, sedimen, dan akar serta daun mangrove *Avicennia marina*. Parameter kualitas air yang digunakan antara lain parameter kualitas air yaitu suhu, salinitas, derajat keasaman, oksigen terlarut.

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan di kawasan mangrove Romokalisari, Kota Surabaya, Jawa Timur. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survei. Metode survey digunakan untuk memperoleh data primer berupa nilai kandungan logam berat. Sampel yang diambil adalah air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina.* Berikut lokasi pengambilan sampel dilakukan di 3 stasiun yaitu:

1. Stasiun 1 : lokasi ini dekat dengan pemukiman penduduk dan lokasi pabrik. Lokasi ini dekat dengan pabrik cat.
2. Stasiun 2 : lokasi ini dekat dengan lokasi pergudangan, tambak, dan terdapat banyak tumpukan sampah. Lokasi ini juga dipengaruhi oleh pasang surut stasiun 3.
3. Stasiun 3 : lokasi ini merupakan muara sungai yang dari stasiun 1 mengalir. Lokasi ini dekat Pelabuhan Teluk Lamong, TPI, dan rumah susun

3.3 Prosedur Pengambilan Sampel

3.3.1 Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air di perairan dengan cara menggunakan botol air mineral 600ml dan ditandai sesuai dengan lokasi pengambilan sampel. Sampel

air di ambil di 3 titik di setiap stasiun. Setiap stasiun diambil sampel air secara komposit. Sampel air diambil secara langsung dan dimasukkan ke dalam botol dan ditambahkan pengawet yaitu HNO_3 pekat. Kemudian sampel air dimasukkan ke dalam *coolbox* dan selanjutnya dianalisa kandungan logam berat Hg di laboratorium.

3.3.2 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen diambil di 3 titik di setiap stasiun. Setiap stasiun diambil secara komposit dengan menggunakan cetok dan dimasukkan kedalam kantong plastik sebanyak 250 gr pada masing-masing stasiun. Kemudian sampel sedimen dimasukkan ke dalam *coolbox* dan selanjutnya di analisa kandungan logam berat Hg di laboratorium.

3.3.3 Pengambilan Sampel Mangrove

Sampel akar *Avicennia marina* diambil dari pohon dengan ukuran diameter batang berkisar 5-10 cm. Akar yang diambil adalah akar nafas atau *pneumatophora* pada bagian ujung akar yang berada di dalam sedimen. Sedangkan daun yang diambil adalah daun pada pangkal ranting ujung ranting pohon tersebut dengan jumlah 30 helai daun pada setiap titik, sehingga setiap stasiun diambil sebanyak 90 helai daun. Pada setiap stasiun untuk masing-masing bagian diambil tiga sampel akar nafas, dan daun dari 3 lokasi titik mangrove yang berbeda. Sampel dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

3.4 Analisis Logam Berat

3.4.1 Analisis Logam Berat Hg di Air

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

1) Mengambil air sampel dengan pipet volume 50 ml kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml
2) Menambahkan 5 ml aquaregia, dipanaskan di atas kompor listrik sampai asat lalu didinginkan
3) Menambahkan larutan HNO_3 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 baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.4.2 Analisis Logam Berat Hg di Sedimen

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

1) Menimbang contoh ± 2 gr, masukan kedalam cawan porselen.
2) Masukan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu ± 103°C selama 2 jam
3) Mendinginkan, tambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl; $1HNO_3$) panaskan diatas kompor listrik sampai asat, lalu dinginkan.
4) Menambahkan larutan HNO_3 encer (2,5N) sebanyak 10 ml, panaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
5) Menyaring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
6) Kemudian baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.4.3 Analisis Logam Berat Hg di Akar dan Daun

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

1) Menimbang contoh ± 2 gr, masukan kedalam cawan porselen.
2) Masukan kedalam tanur lalu panaskan pada suhu ± 103°C selama 2 jam
3) Mendinginkan, tambahkan 5 ml larutan aquaregia (3HCl; 1HNO_3) panaskan diatas kompor listrik sampai asat lalu dinginkan.
4) Menambahkan larutan HNO_3 encer (2,5 N) sebanyak 10 ml, panaskan diatas kompor listrik perlahan - lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk gelas.
5) Menyaring ke labu 100 ml dan tambahkan aquadest sampai tanda batas, kocok sampai homogen.
6) Kemudian baca dengan AAS dengan memakai katode (lampu) yang sesuai dan catat absorbansinya.

3.5 Parameter Kualitas Air

3.5.1 Suhu

Prosedur pengukuran suhu menurut Hariyadi *et al*. (1992) adalah sebagai berikut:

1) Dicelupkan termometer air raksa (skala 0 - 50) ke dalam perairan.
2) Dibiarkan selama 3 menit.
3) Dibaca skala pada termometer ketika masih di dalam perairan.
4) Dincatat hasil pengukuran dalam skala °C.

3.5.2 Salinitas

Pengukuran salinitas dengan menggunakan alat salinometer ATAGO *Pocket Refractometer* dilakukan dengan cara:

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

3.5.3 Derajat Keasaman

Alat yang digunakan adalah pH meter dengan prosedur pengukuran pH meter sebagai berikut:

1) Menghidupkan pH meter.
2) Mengkalibrasi elektroda pH secara menyeluruh dengan menggunakan aquadest.
3) Memasukkan pH meter ke dalam air sampel selama 2 menit.
4) Membaca dan mencatat nilai yang muncul pada pH meter.

3.5.4 Oksigen Terlarut

Pengukuran oksigen terlarut dengan menggunakan DO meter merek Lutron DO-5510 dengan prosedur kerja sebagai berikut:

1) Tekan tombol power untuk menyalakan DO meter.
2) Mengkalibrasi sensor (probe) DO meter dengan aquadest dan lakukan pengaturan dengan menggeser tombol pada tulisan O_2.
3) Celupkan sensor (probe) ke dalam perairan, tunggu hingga angka yang menunjukkan DO dan suhu berhenti.
4) Membaca angka yang tertera pada DO meter (jika angka tidak stabil, tekan tombol “HOLD”).
5) Catat hasil pengukuran oksigen terlarut dengan satuan mg/l.

3.6 Analisis Data

3.6.1 Analisis Perbandingan Logam Berat Merkuri dalam Akar dan Daun antar Stasiun

Analisis perbandingan kadar logam berat Hg dalam akar dan daun mangrove *Avicennia marina* antar stasiun menggunakan ANOVA satu arah (one-way ANOVA). Analisis variansi adalah suatu prosedur untuk uji perbedaan mean beberapa populasi. Konsep analisis variansi didasarkan pada konsep distribusi F dan biasanya dapat diaplikasikan untuk berbagai macam kasus maupun dalam analisis hubungan antara berbagai varabel yang diamati. Dalam perhitungan statistik, analisis variansi sangat dipengaruhi asumsi-asumsi yang digunakan seperti kenormalan dari distribusi, homogenitas variansi dan kebebasan dari kesalahan (Safar *et al*., 2007).

Analisis perbandingan logam berat merkuri dalam akar dan daun mangrove (*Avicennia marina*) antar tiga stasiun dengan menggunakan software SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) 16.0 yang bertujuan untuk mengetahui

apakah kadar logam berat merkuri dalam akar dan daun *Avicennia marina* antar tiga stasiun sama atau berbeda. Pengujian dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

- H_0 : kandungan logam berat merkuri dalam akar dan daun *Avicennia marina* antar stasiun adalah sama atau tidak berbeda secara nyata.
- H_1 : kandungan logam berat merkuri dalam akar dan daun *Avicennia marina* antar stasiun adalah tidak sama atau berbeda secara nyata.

Keputusan hipotesis menurut Misbahuddin dan Hasan (2013), untuk uji ini berdasarkan perbandingan antara F-hitung dan F-tabel adalah:

- F hitung > F tabel, maka H_o ditolak (H_1 diterima)
- F hitung ≤ F tabel, maka H_o diterima (H_1 ditolak)

3.6.2 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Menurut Panjaitan (2009), akumulasi logam berat dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat dengan rumus:

$$BCF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg) pada\ akar}{(Logam\ berat\ Hg) pada\ sedimen}$$

Di perairan, faktor biokonsentrasi (BCF) adalah rasio konsentrasi bahan kimia dalam organisme dari konsentrasi kimia di perairan tersebut. BCF sering dinyatakan dalam satuan liter per kilogram (rasio mg kimia per kg organisme untuk mg kimia per liter air). BCF mungkin hanya rasio yang diamati, atau model partisi yang didasarkan pada dua asumsi: yaitu partisi kimia polutan, antara perairan dan organisme perairan dan lingkungan perairan (Hemond dan Fechner, 2000).

3.6.3 Faktor Translokasi (TF)

Faktor translokasi (TF) merupakan perbandingan antara kandungan logam berat pada daun dan akar untuk menentukan kemampuan tanaman *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam berat. Menurut Yoon *et al*, (2006) *dalam* Lorestani *et al*, (2001), TF dihitung dengan rumus:

$$TF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg) pada\ daun}{(Logam\ berat\ Hg) pada\ akar}$$

Menurut Siahaan *et al*, (2013), penghitungan nilai faktor translokasi juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk menstranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan. Untuk menjadi tumbuhan hiperakumulator, besar faktor translokasi harus lebih dari satu (TF>1). Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi pada jaringan permukaan di habitat alamiahnya.

3.6.4 Fitoremediasi (FTD)

Fitoremediasi (FTD) merupakan selisih antara nilai BCF dan TF. FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah (Yoon *et al*., 2006). Untuk mengetahui nilai FTD tersebut maka dihitung menggunakan rumus :

$$\mathrm{FTD} = \mathrm{BCF} - \mathrm{TF}.$$

Menurut Ma *et al*, (2006) *dalam* Puspita (2013), untuk mengurangi kandungan tumbuhan sebagai sarananya dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam pada tanah atau sedimen dapat dilakukan dengan fitoremidiasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

4.1.1 Deskripsi Romokalisari

Surabaya terletak di tepi pantai utara provinsi Jawa Timur. Wilayahnya berbatasan dengan Selat Madura di Utara dan Timur, Kabupaten Sidoarjo di Selatan, serta Kabupaten Gresik di Barat. Surabaya berada pada dataran rendah, ketinggian antara 3 - 6 m di atas permukaan laut. Iklim yang terdapat di kota ini iklim tropis lembab yang temperatur udaranya sangat tinggi ratarata minimum 23,6 °C dan maksimum 34°C dan kelembaban udara rata-rata minimum 50% dan maksimum 92% karena lokasinya di pesisir pantai (Ummah *et al*., 2014).

Kelurahan Romokalisari berada di Kecamatan Benowo Kota Surabaya dengan luas daerah 2,678 ha. Kecamatan Benowo memiliki kepadatan penduduk sebesar 2147 jiwa/km^2. Kecamatan Benowo merupakan dataran rendah yang memiliki curah hujan sebesar 3000 Mm/th. Batas – batas wilayah Kecamatan Benowo adalah sebagai berikut:

a. Sebelah Utara : Selat Madura
b. Sebelah Selatan : Kelurahan Sememi/Kandangan
c. Sebelah Timur : Kelurahan Tambak Langon
d. Sebelah Barat : Kelurahan Romokalisari

Daerah Pantai Utara Surabaya mempunyai panjang garis pantai ± 9 km dan luas kawasan ± 1.000 ha. Kelurahan yang termasuk pesisir utara adalah : Kecamatan Benowo (Kelurahan Romokalisari, Tambak Osowilangun), Kecamatan Asemrowo (Kelurahan Tambak Langon, Greges, Kalianak) Kecamatan Krembangan (Kelurahan Morokrembangan, Perak Barat), Kecamatan Semampir (Kelurahan Ujung), Kecamatan Pabean Cantikan

(Kelurahan Perak Utara, Perak Timur). Daerah Pantura umumnya memiliki keadaan ombak dan angin lebih kecil daripada di pesisir timur. Selain itu, Pantura merupakan daerah yang didominasi oleh industri terutama industri bongkar muat dan peti kemas dari sepanjang jalan Kecamatan Pabean Cantikan hingga Benowo. Kawasan Pantura memiliki Teluk Lamong yang mempengaruhi ekosistem di kawasan tersebut. Kedalaman Perairan Teluk Lamong berkisar 0,2 - 2 meter, kedalaman alur pelayaran mencapai 12 meter (BLH Surabaya, 2012).

4.1.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

1. Stasiun 1

Lokasi pada stasiun 1 terletak di bawah jembatan sungai dan dekat dengan pemukiman penduduk dan pabrik cat. Letak bujur lintang titik sampling pengamatan di kawasan mangrove Romokalisari pada stasiun 1 adalah sebagai berikut:

- Titik sampling a : 7º11’40,22”LS dan 112º38’45,47”BT
- Titik sampling b : 7º11’42,19”LS dan 112º38’45,83”BT
- Titik sampling c : 7º11’41,55”LS dan 112º38’43,81”BT

Gambar 5. Lokasi Stasiun 1

2. Stasiun 2

Lokasi pada stasiun 2 terletak di daerah yang banyak terdapat pergudangan dan banyak tumpukan sampah yang tegenang. Letak bujur lintang titik sampling pengamatan di kawasan mangrove Romokalisari Surabaya pada stasiun 2 adalah sebagai berikut:

- Titik sampling a : 7º11'52,78"LS dan 112º39'52,50"BT
- Titik sampling b : 7º11'51,96"LS dan 112º39'51,81"BT
- Titik sampling c : 7º11'51,47"LS dan 112º39'51,11"BT

Gambar 6. Lokasi Stasiun 2

3. Stasiun 3

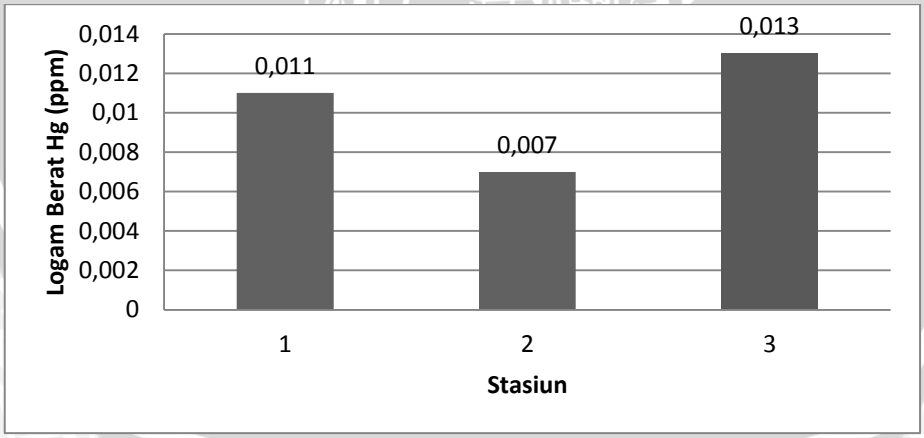
Lokasi pada stasiun 3 terletak pada muara sungai yang dekat dengan pelabuhan Teluk Lamong yang terdapat banyak kapal – kapal yang bersandar. Selain itu pada stasiun 3 terdapat TPI dan rumah susun. Letak bujur lintang titik sampling pengamatan di kawasan mangrove Romokalisari Surabaya pada stasiun 3 adalah sebagai berikut:

- Titik sampling a : 7º12'1,40"LS dan 112º39'39,87"BT
- Titik sampling b : 7º12'1,14"LS dan 112º39'42,28"BT
- Titik sampling c : 7º12'0,70"LS dan 112º39'43,98"BT

Gambar 7. Lokasi Stasiun 3

4.2 Kandungan Logam Berat Hg pada Air

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan rata-rata kandungan Hg dalam air di kawasan mangrove Romokalisari pada stasiun 1 sebesar 0,011 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,007 ppm sedangkan pada stasiun 3 sebesar 0,013 ppm. Grafik dari rata – rata kandungan logam berat dapat dilihat pada Gambar 9.



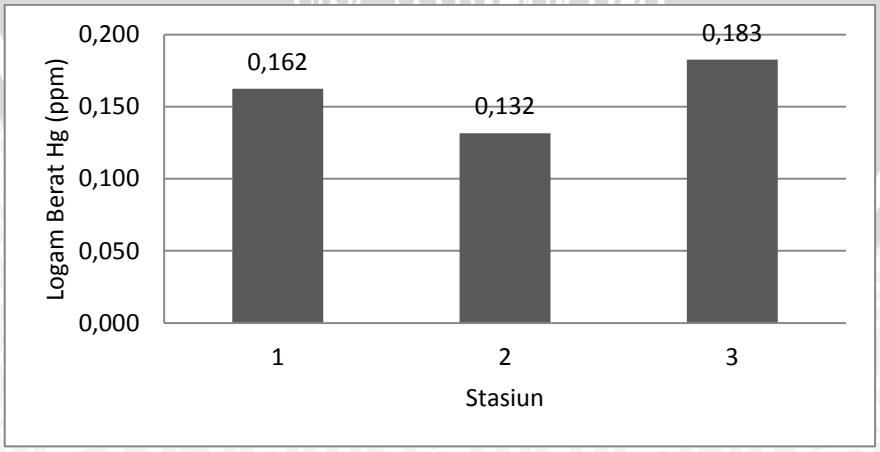
Gambar 8. Rata – Rata Merkuri pada Air di Kawasan Mangrove Romokalisari bulan September 2015

Dari hasil grafik di atas, di dapatkan hasil rata – rata kadungan logam berat Hg pada air berkisar antara 0,007 – 0,013 ppm. Logam berat Hg tertinggi berada pada stasiun 3 yakni pada muara sungai. Hal ini dikarenakan adanya masukan

limbah industri seperti industri cat, kertas, dan limbah aktivitas rumah tangga yang mengalir dari sungai Benowo menuju Romokalisari dan bermuara di Teluk Lamong. Hal ini diduga adanya masukan limbah industri seperti industri cat, kertas, dan limbah aktivitas rumah tangga yang mengalir dari sungai Benowo menuju Romokalisari dan bermuara di Teluk Lamong. Menurut Darmono (2001) daerah aliran sungai yang bermuara ke laut akan mempengaruhi ekosistem perairan yang berpotensi besar untuk mengalami polusi atau pencemaran logam berat. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut bahwa nilai baku mutu kandungan logam berat merkuri air laut sebesar 0,003 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa perairan di Kawasan mangrove Romokalisari Surabaya sudah melampaui ambang batas.

4.3 Kandungan Logam Berat Hg dalam Sedimen

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan rata – rata kandungan merkuri dalam sedimen di kawasan mangrove Romokalisari pada stasiun 1 sebesar 0,162 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,132 ppm sedangkan pada stasiun 3 sebesar 0,183 ppm. Grafik dari rata – rata kandungan logam berat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Rata – Rata Merkuri dalam Sedimen di Kawasan Mangrove Romokalisari Bulan September 2015

Dari hasil grafik di atas, didapatkan hasil rata – rata kandungan logam berat merkuri pada sedimen berkisar antara 0.132 – 0.183 ppm. Kandungan logam berat Hg terendah pada stasiun 2 yaitu sebesar 0,132 ppm sedangkan yang tertinggi pada stasiun 3 sebesar 0.183 ppm. Hasil analisis menunjukkan kandungan logam berat merkuri di dalam sedimen lebih tinggi bila dibandingkan dengan kandungan logam berat merkuri pada air. Hal ini menunjukkan bahwa logam berat merkuri telah terjadi pengendapan dalam sedimen. Menurut Harahap (1991) *dalam* Fauziah *et al* (2012), logam berat mempunyai sifat mengendap dalam perairan. Logam berat mempunyai sifat mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, maka kadar logam berat dalam sedimen umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan kolom perairan.

Logam berat yang semula terlarut dalam air sungai diadsorbsi oleh partikel halus (suspended solid) dan oleh aliran air sungai dibawa ke muara. Air sungai bertemu dengan arus pasang di muara sungai, sehingga partikel halus tersebut mengendap di muara sungai. Hal inilah yang menyebabkan kadar logam berat dalam sedimen muara lebih tinggi dari laut lepas. Pada umumnya muara sungai mengalami proses sedimentasi, dimana logam yang sukar larut mengalami proses pengenceran yang berada di kolom air lama kelamaan akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen (Rochyatun *et al*., 2006).

4.4 Kandungan Logam Berat Hg pada *Avicennia marina*

Penelitian ini dilakukan pengukuran kandungan logam berat Hg pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* yang diambil dari 3 stasiun di Kawasan Mangrove Romokalisari, Surabaya. Data hasil pengukuran logam berat dalam akar dan daun mangrove *Avicennia marina* dapat dilihat pada lampiran 3.

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh kandungan logam berat Hg yang berbeda pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* pada masing-masing stasiun.

4.6.1 Logam Berat Hg dalam Akar

Menurut Tam dan Wong (1996) *dalam* Kartikasari *et al*, (2002), tumbuhan mangrove mempunyai kecenderungan untuk mengakumulasi logam-logam berat yang terdapat dalam ekosistem tempat tumbuhan. Kemampuan akumulasi logam berat tersebut berbeda untuk setiap spesies. Berdasarkan hasil analisis one-way ANOVA dengan menggunakan software SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) 16.0, bahwa berdasarkan nilai F hitung yaitu sebesar 0,423 dengan F tabel 5% sebesar 5,14. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan secara nyata kandungan logam berat Hg dalam akar pada ketiga stasiun. Tabel hasil ANOVA dapat dilihat pada lampiran 5.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa tanaman mangrove *Avicennia marina* memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat Hg di lingkungan perairan dan dapat mengakumulasi logam berat dalam akar. Menurut Setiawan (2013), keberadaan ekosistem mangrove di kawasan perairan pesisir menjadi sangat penting karena vegetasi mangrove mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dan membantu mengurangi tingkat konsentrasi bahan pencemar di air. Hal ini juga didukung pada penelitian Rohmawati (2007) yang menjelaskan bahwa tumbuhan *Avicennia marina* mampu mengakumulasi logam berat. Menurut Amin (2001) *dalam* Deri, *et al*. (2013), logam-logam akan terserap oleh akar bersama-sama dengan nutrien lain yang kemudian diedarkan ke bagian lain.

Tumbuhan mangrove mampu mengalirkan oksigen melalui akar ke dalam sedimen tanah untuk mengatasi kondisi anaerob pada sedimen tersebut. Jika

logam berat memasuki jaringan, terdapat mekanisme yang sangat jelas, pengambilan (*up taken*) logam berat oleh tumbuhan di lahan basah adalah melalui penyerapan dari akar, setelah itu tumbuhan dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan glukosida yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan ke jaringan tubuh kemudian ditransportasikan ke batang, daun dan bagian lainnya (Ali dan Rina, 2011). Menurut Rini (2008) *dalam* Setiawan (2013), mekanisme yang dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi polutan yang tinggi di sekitarnya adalah dengan cara penanggulangan (ameliorasi) dan toleransi.

Menurut Rohmawati (2007), pohon *Avicennia marina* memiliki upaya penanggulangan materi toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut.

4.6.2 Logam Berat Hg dalam Daun

Menurut Annie dan Sigua (2013) *dalam* Hamzah dan Pancawati (2012), mangrove merupakan salah satu tumbuhan yang mampu hidup dan berkembang di daerah pesisir. Melalui modifikasi akar dan daunnya, mangrove mampu hidup pada berbagai macam subtrat yang masih mendapat pengaruh pasang surut. Kandungan logam berat pada sedimen mangrove mampu mempengaruhi proses biologi dan ekologi, walaupun mangrove mempunyai imunitas terhadap efek racun dari logam berat. Berdasarkan hasil analisis one-way ANOVA dengan menggunakan software SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) 16.0, bahwa berdasarkan nilai F hitung yaitu sebesar 0,204 dengan F tabel 5% sebesar 5,14. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan secara

nyata kandungan logam berat Hg dalam akar pada ketiga stasiun. Tabel hasil ANOVA dapat dilihat pada lampiran 5.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA, kadar logam Hg pada daun tidak ada perbedaan. Seperti halnya kadar logam berat Hg pada akar *Avicennia marina* pada ketiga stasiun tidak memiliki perbedaan. Menurut Hardiani (2009) *dalam* Purwiyanto (2013), dimana secara umum tumbuhan melakukan penyerapan oleh akar, baik yang berasal dari sedimen maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu. Hal ini disimpulkan bahwa translokasi dari akar ke daun pada ketiga stasiun ini seimbang.

Jika dilihat perbandingan kandungan konsentrasi logam berat Hg pada akar dan daun pada penelitian ini, kandungan logam berat merkuri pada akar lebih tinggi dibandingankan kandungan logam berat Hg pada daun. Menurut Chane *et al*, (1998) *dalam* Setiawan (2013), logam berat akan didistribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses *uptake* pada akar, ditahan pada jaringan, dan dilepas ke lingkungan melalui pelepasan daun.

Berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin. (Baker dan Walker, 1990; MacFarlane et al., 2003 *dalam* Hamzah dan Setiawan, 2010).

Mekanisme toleransi yang penting pada tumbuhan adalah logam diawaracunkan dengan cara dikelat dengan fitokelatin, yakni peptide kecil yang kaya akan asam amino sistein yang mengandung belerang. Atom belerang

dalam sistein hampir dipastikan penting untuk mengikat logam tersebut, namun diduga atom nitrogen atau oksigen turut berperan pula. Fitokelatin dihasilkan oleh banyak spesies, tetapi sejauh ini diketahui bahwa fitokelatin hanya dijumpai bila terdapat logam dalam jumlah yang meracuni. Pembentukan fitokelatin merupakan respons tumbuhan untuk beradaptasi terhadap keadaan lingkungan yang rawan (Gekeler, 1989; Steffens, 1990; Rauser,1990 *dalam* Safitri, 2008).

4.5 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD)

Biokonsentrasi faktor digunakan untuk mengetahui besarnya daya absorpsi dan laju distribusi pencemar, media absorpsi adalah melihat konsentrasi dalam jaringan tubuh biota (Zainuri *et al*., 2011). Pada dasarnya, tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat dan hal ini berkaitan dengan tujuan fitostabilisasi. Bioconcentration factors (BCF) dan Translocation factors (TF) bisa digunakan untuk menduga tumbuhan yang bisa dijadikan sebagai fitoremidiasi (Hamzah dan Setiawan, 2010). Menurut Mangkoedihardjo (2005) *dalam* Mardekawati *et al*. (2013), bahwa fitoremediasi (phytoremediation) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu secara sendiri atau bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media tanam, dapat mengubah zat kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya. Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi adalah tanaman hiperakumulator yang mentranslokasikan unsur pencemar seperti merkuri dengan konsentrasi sangat tinggi ke jaringan dan tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal (kerdil dan mengalami fitoksitas).

Tabel 1. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat

Stasiun	BCF	TF	FTD
1	0,24	0,33	-0,09
2	0,23	0,30	-0,07
3	0,23	0,37	-0,14

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

Berdasarkan tabel diatas, nilai BCF pada ketiga stasiun menunjukkan bahwa tanaman mangrove *Avicennia marina* memiliki kemampuan sebagai bioakumulator sedang dalam menyerap Hg. Menurut Malayer *et al*, (2008) bahwa nilai BCF 1-10 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator tinggi, 0,1-1 menunjukan tergolong akumulator sedang, 0,01-0,1 menunjukkan tergolong akumulator rendah, dan <0,01 tanaman tergolong nonakumulator.

Sifat hiperakumulator berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada tajuknya dan dapat digunakan untuk tujuan fitoekstraksi. Mengacu pada hukum toleransi Shelford yang menyatakan bahwa kehadiran dan keberhasilan suatu organisme tergantung kepada suatu faktor yang terdapat di lingkungan. Distribusi spesis akan dikontrol oleh faktor lingkungan yang berada pada kisaran toleransi sempit. Artinya, masing-masing organisme mempunyai batas toleransi terhadap suatu faktor yang ada di lingkungan untuk saling berkompetisi dan bertahan hidup (Leksono, 2007). Tumbuhan hiperakumulator merupakan tumbuhan yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi yang merupakan suatu sistim dimana tanaman dapat mengubah zat kontaminan menjadi berkurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang dapat digunakan kembali (Irawanto, 2010).

Faktor translokasi (TF) pada ketiga stasiun berkisar antara 0,33 – 0,37, maka dapat dikatakan bahwa mangrove *Avicennia marina* dapat dijadikan sebagai fitostabilitas. Menurut Majid *et al*. (2014), Fitostabilisasi adalah proses yang dilakukan oleh tanaman untuk merubah polutan didalam tanah menjadi senyawa yang non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut kedalam tubuh tanaman. Penelitian tentang translokasi logam berat *Avicennia marina* oleh Hamzah dan Setiawan (2010), pada genus mangrove yang sama tetapi berbeda spesiesnya (*Avicennia marina*) menunjukkan bahwa Avicennia dapat digunakan untuk tujuan fitostabilisasi.

Nilai FTD yang didapatkan pada ketiga stasiun ini berkisar antara -0,07 hingga -0,14. Nilai FTD diperoleh negatif dikarenakan nilai TF lebih tinggi daripada nilai BCF. Menurut pendapat Yoon *et al*. (2006), yang menyatakan bahwa fitoremidiasi (FTD) merupakan selisih antara nilai BCF dan TF. FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah. Puspita *et al*. (2013), menambahkan bahwa rendahnya nilai FTD menunjukkan tingkat efektifitas biokonsentrasi logam oleh akar dan translokasi logam dari akar ke daun yang berimbang.

4.6 Parameter Kualitas Air

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran parameter kualitas air yaitu parameter fisika (suhu dan salinitas) dan parameter kimia (pH dan DO). Data hasil pengukuran parameter kualitas air di Kawasan Mangrove Romokalisari Surabaya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Kualitas Air pada Kawasan Mangrove Romokalisari, Surabaya

Stasiun	Titik Sampel	Data Kulaitas Air			
		Suhu (^oC)	pH	Salinitas ($^o/_{oo}$)	DO (mg/l)
1	1	30	6,7	27	9,1
	2	31	6,7	27	8,5
	3	31	6,7	27	8,8
Rata - Rata		31	6,7	27	8,8
2	1	31	6,8	29	9,2
	2	29	6,9	29	8,7
	3	29	6,9	29	9,5
Rata - rata		30	6,9	29	9,1
3	1	31	6,7	31	8.5
	2	31	6,7	31	8,2
	3	31	6,8	31	8,8
Rata - Rata		31	6,7	31	8,5

4.6.1 Suhu

Suhu air merupakan salah satu faktor dalam parameter fisika yang berperan dalam kualitas suatu perairan. Suhu air juga sangat mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan bagi organisme air. Menurut Effendi (2003), suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (lattitude), ketinggian dari permukaan laut (altitude), waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi badan air. Suhu juga sangat berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan. Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya.

Dari hasil pengukuran suhu yang dilakukan pada setiap stasiun didapatkan hasil suhu air berkisar antara 30ºC – 32ºC. Suhu tersebut masih dalam keadaan optimum bagi pertumbuhan mangrove *Avicennia marina*. Kisaran suhu ini masih dalam batasan toleransi bagi kehidupan mangrove. Suhu yang baik untuk mangrove tidak kurang dari 20ºC (Kolehmainen *et al*, 1974 *dalam* Ulqodry *et al*., 2010). Menurut Petra *et al*, (2012), dari keseluruhan jenis vegetasi mangrove yang ditemukan pada setiap stasiun di lokasi penelitian, seluruhnya

cocok dan ideal pada suhu tersebut sesuai dengan Baku Mutu pada Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 yang menyebutkan bahwa suhu air laut yang ideal untuk mangrove adalah 28 - 32ºC.

Suhu juga dapat mempengaruhi kandungan logam berat di dalam perairan. Menurut Apriadi (2005), peningkatan suhu dapat menyebabkan penurunan daya larut oksigen terlarut dan juga akan menaikkan daya racun bahan-bahan tertentu khususnya logam berat. Suhu air terutama di lapisan permukaan ditentukan oleh pemanasan matahari yang intesitasnya berubah terhadap waktu, oleh karena itu suhu air laut akan seirama dengan perubahan intensitas penyinaran matahari.

4.6.2 Salinitas

Menurut Arief (1984), salinitas didefinisikan sebagai berat dalam gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kilo gram air laut jikalau semua brom dan yodium digantikan dengan khlor dalam jumlah yang setara, semua karbonat diubah menjadi oksidanya dan semua zat organik dioksidasikan. Nilai salinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam ‰ atau ppt yaitu singkatan dari part-per-thousand.

Berdasarkan Tabel 2 di atas menunjukkan adanya perbedaan salinitas pada setiap stasiun yaitu pada stasiun 1 sebesar 27 ppt, pada stasiun 2 sebesar 29 ppt, dan pada stasiun 3 sebesar 31 ppt. Menurut Arief (1984), air tawar mempunyai nilai salinitas yang rendah umumnya kurang dari 3 ‰, sedangkan air laut mempunyai nilai salinitas di atas 33 ‰. Aliran air sungai ke laut akan menimbulkan proses percampuran antara air sungai dan air laut. Dalam proses percampuran tersebut nilai salinitas akan berkisar antara nilai salinitas air tawar dan salinitas air laut. Menurut Nontji (2005) sebaran salinitas di lingkungan perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan,

curah hujan dan aliran sungai meningkatnya daya toksik suatu logam. Namun perairan yang dekat dengan muiara sungai mempunyai kisaran salinitas yang sangat dipengaruhi oleh air laut dan air tawar.

4.6.3 Derajat Keasaman

Menurut Simanjuntak (2012), derajat keasaman (pH) dalam suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam memantau kestabilan perairan. Perubahan nilai pH suatu perairan terhadap organisme aquatik mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi. pH mempengaruhi tingkat kesuburan perairan dan kelangsungan hidup serta pertumbuhan organisme perairan.

Berdasarkan hasil pengamatan, kondisi pH air yang ada pada kawasan Mangrove Romokalisari ini berkisar antara 6,7-6,9. Nilai pH terendah pada stasiun 1 dan 3 yaitu sebesar 6,7. Sedangkan nilai pH tertinggi pada stasiun 2 sebesar 6,9. Kondisi perairan relatif normal ditinjau dari pH yang berkisar antara 6-9. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawasenyawa logam tersebut (Palar, 2012)..

Connell dan Miller (1995), menyatakan bahwa kenaikan pH di perairan akan diikuti dengan penurunan kelarutan logam berat, sehingga logam berat cenderung mengendap. Sebaliknya, ketika pH air rendah maka racun dari logam berat akan meningkat

4.6.4 Oksigen Terlarut

Menurut Jeffries dan Mills (1996) *dalam* Effendi (2003), oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut dalam perairan. Kadar oksigen yang terlarut dalam perairan alami bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas,

turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (altitude) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil. Sumber utama dari oksigen terlarut yaitu dari difusi udara dan hasil dari proses fotosintesis. Oksigen terlarut sangat dibutuhkan bagi organisme akuatik untuk pernapasan, dan metabolisme.

Berdasarkan Tabel 2 di atas, oksigen terlarut pada stasiun 1 yaitu sebesar 8,8 mg/l, pada stasiun 2 sebesar 9,1 mg/l dan pada stasiun 3 memiliki oksigen terlarut terendah dari ketiga stasiun yaitu sebesar 8,5 mg/l. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 baku mutu DO di perairan yaitu >5. Sehingga dapat dikatakan kandungan oksigen terlarut pada perairan kawasan mangrove Romokalisari, Surabaya merupakan perairan yang subur. Kadar oksigen terlarut yang ada disuatu perairan biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan. Kadar oksigen terlarut yang ada disuatu perairan juga dapat berfluktuasi secara harian dan musiman bergantung pada pencampuran masa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang ada di perairan (Nontji, 2005).

Selain itu, oksigen terlarut juga berpengaruh terhadap toksisitas suatu logam berat dalam perairan. Menurut Kordi (2012), kandungan oksigen terlarut yang berada di kawasan mangrove hanya sedikit karena substrat berlumpur, itu sebabnya mangrove secara umum mempunyai akar napas untuk mencukupi kebutuhan oksigen. Selain itu, umumnya air pada perairan tercemar, kandungan oksigen sangat rendah.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian skripsi di Kawasan Mangrove Romokalisari, Surabaya adalah:

1. Kandungan logam berat Hg pada air berkisar antara 0,007-0,013 ppm dan pada sedimen berkisar antara 0,132-0,183 ppm. Rata-rata kandungan logam berat Hg pada akar berkisar antara 0,030-0,41 ppm dan pada daun berkisar antara 0,009-0,015 ppm.
2. Hasil analisis one way ANOVA menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara nyata kandungan logam berat Hg dalam akar antar 3 stasiun dan daun antar 3 stasiun, *Avicennia marina* termasuk golongan tanaman akumulator dalam penyerapan logam berat Hg dan dapat dijadikan sebagai fitostabilitas.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di kawasan mangrove Romokalisari kota Surabaya, saran yang dapat diberikan adalah dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan tanaman mangrove *Avicennia marina* sebagai bioakumulator. Pemerintah dan masyarakat perlu melakukan pengawasan dan pengendalian terhadap pencemaran yang terjadi kawasan mangrove Romokalisari, Surabaya serta perlu mempertahankan potensi sumberdaya perairan agar tetap seimbang dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, T. 2010. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan. TEKNUBUGA. **2** (2): 53-65.

Ali, M. dan Rina. 2011. Kemampuan Tanaman Mangrove untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb). Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. **2** (2) : 28-36.

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

Arief, D. 1984. Pengukuran Salinitas Air Laut dan Peranannya dalam Ilmu Kelautan. Pusat Penelitian Oseanografi. Lembaga Oseanologi Nasional LIPI Jakarta. **9** (1): 3-10

Arifin, Z dan D. Fadhlina. 2009. Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen dan Bioavailabilitasnya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta. Jurnal Ilmu Kelautan. **14** (1): 27-32

Asmara, A. 2005. Hubungan Struktur Komunitas Plankton dengan Kondisi Fisika-Kimia Perairan Pulau Pramuka dan Pulau Panggang, Kepulauan Seribu. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Barus, T. A. 2004. Pengantar Limnologi, Studi tentang Ekosistem Danau dan Sungai. Jurusan FMIPA. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Bengen, D. G. 2001. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir.Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Budiono, A. 2002. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Bogor.

Bugis, H., A. Daud dan A. Birawida. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Kromium VI (Cr VI) Pada Air dan Sedimen di Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep. Bagian Kesehatan Lingkungan. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Connell, D.W. dan G.J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta

Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi S*enyawa Logam*. UI Press. Jakarta.

Deri., Emiyarti, dan L. O. A. Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Haluoleo. Kendari.

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Fauziah, A. R., B. S. Rahardja dan Y. Cahyoko. 2012. Korelasi Ukuran Kerang Darah *(Anadara granosa)* dengan Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) di Muara Sungai Ketingan, Sidoarjo, Jawa Timur. Journal of Marine and Coastal Science. **1** (1): 34-44

Fitria, S. N., U. P. Juswono, dan G. Saroja. Potensi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) untuk Mengurangi Kadar Logam Berat (Pb dan Cu) serta Radionuklida dengan Metode Fitoremediasi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Brawijaya. Malang.

Fitriyah, K. 2007. Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) Merkuri (Hg), dan Timbal (Pb) pada Air Laut, Sedimen, dan Kerang Bulu *(Anadara antuquata)* di Perairan pantai Lekok Pasuruan. Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Malang. Malang.

Halidah. 2014. *Avicennia marina (Forssk.) Vierh* Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. Balai Penelitian Kehutanan Makassar. Info Teknis EBONI. **11** (1) : 37-44.

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

Hamzah, F dan Y. Pancawati. 2013. Fitoremidiasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. Jurnal Ilmu Kelautan. **18** (4): 203-212

Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. Berita Selulosa. **44** (1): 27- 40.

Hariyadi, S., I. N. N. Suryadiputra dan B. Widigo. 1992. Limnologi Penuntun Praktikum dan Metoda Analisa Kualitas Air. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Hemond, H. F dan E. J. Fechner. 2000. Buku Saku Kesehatan Kerja. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

Hutagalung, H. P. 1988. Pengaruh Suhu Air Terhadap Kehidupan Organisme Laut. Oseana. **13** (4): 153-164

_____, H. P. 1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P3O. LIPI. Jakarta.

_____, H. P., Setiapermana dan Riyono. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota. LIPI. Jakarta.

Irawanto T. 2010. Fitoremediasi lingkungan dalam Taman Bali. UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi. LIPI. Local Wisdom-Jurnal Ilmiah Online. **2** (4) : 29-35.

Jacoeb, A. M., S. Purwaningsih, dan Rinto. 2011. Anatomi, Komponen Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Daun Mangrove Api-Api *(Avicennia marina*). Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. **14** (2): 143-152.

Kartikasari, V., S. D. Tandjung dan Sunarto. 2002. Akumulasi Logam Berat Cr dan Pb pada Tumbuhan Mangrove *Avicennia Marina* di Muara Sungai Babon Perbatasan Kota Semarang dan Kabupaten Demak Jawa Tengah. Manusia dan Lingkungan. Pusat Studi Lingkungan Hidup. **9** (3): 137-147.

Kordi, M. G. H. 2012. Ekosistem Mangrove: Potensi, Fungsi, dan Pengelolaan. Rineka Cipta. Jakarta.

Lakitan, B. 2001. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Leksono, A. S. 2007. Ekologi Pendekatan Deskriptif dan Kuantitatif. Bayumedia publishing. Malang.

Lorestani, B., B. M. Cheraghi, dan N. Yousefi. 2011. Phytoremediation Potential of Native Plants Growing on a Heavy Metals Contaminated Soil of Coppermine in Iran. World Academy of Science, Engineering and Technology 53 2011.

Majid, S. N., A. I. Khwakaram, and G. A. M. Rasul. 2014. Bioaccumulation, Enrichment and Translocation Factors of some Heavy Metals in *Typha Angustifolia* and *Phragmites Australis* Species Growing along Qalyasan Stream in Sulaimani City. *Journal of Zankoy Sulaimani*- Part A. **16** (4): 93-109.

Malayeri, B.E., A. Chehregani, N. Yousefi, and B. Lorestani. 2008. Identification of the hyperaccumulator plants in copper and iron mine in Iran. Pakistan Journal of Biological Sciences. 11: 490-492.

Mardekawati, L., Burhanudin dan I. Dewantara. 2013. Kemampuan Empat Jenis Tanaman dalam Menyerap Cemaran Merkuri di Media Tailing. Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Maslukah, L. 2006. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Misbahuddin dan I. Hasan. 2013. Analisis Data Penelitian dengan Statistik. Bumi Aksara. Jakarta:

Nontji, A. 2005. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.

Noor, R, Y., M. Khazali, dan I. N. N. Suryadiputra. 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP. Bogor.

Palar, H. 2012. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.

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

Payung, F. L., Ruslan dan A. B. Birawida. 2013. Studi Kandungan Distribusi Spasial Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen dan Kerang *(Anadara sp)* di Wilayah Pesisir Kota Makassar. Fakultas Kesehatan Masyrakat. Universitas Hassanuddin. Makassar.

Petra, J. L., S. Sastrawibawa, dan I. Riyantini. 2012. Pengaruh Kerapatan Mangrove terhadap Laju Sedimen Transpor di Pantai Karangsong Kabupaten Indramayu. Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan. **3** (3): 329-337

Purnawan, S., R. Sikana, dan Prismawiryamti. 2013. Distribusi Logam Merkuri pada Sedimen Laut di Sekitar Muara Sungai Poboya. Online Jurnal of Natural Science. **2** (1): 18-24.

Purwiyanto, A. I. S. 2013. Daya Serap Akar dan Daun Mangrove Terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. Maspari Journal. **5** (1): 1-5.

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 Reaseacrh. **3** (1): 44-53.

Putranto, T. T. 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air Tanah. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. **32** (1). 62-71

Rochyatun, E., M. T. Kaisupy, dan A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. Makara Sains. **10** (1): 35-40

Rohmawati, 2007. Daya Akumulasi Tumbuhan Avicennia marina Terhadap Logam Berat (Cu, Cd, Hg) Di Pantai Kenjeran Surabaya. Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Biologi. Universitas Islam Negeri Malang.

Safar, G., W. P. P. Barus, I. A. Saputra, dan A. A. Jayanti, T. Hermoza. 2007. Modul: Metode Statistika II. Program Studi Statistika FMIPA, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Safitri, R. 2008. Pemberian Mikroorganisme dan Asam Humik pada Tanah Latosol dan *Tailing* untuk Memperbaiki Pertumbuhan dan Produksi *Centrosema pubescens* Benth. Program Studi Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

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

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

Simanjuntak, M. 2012. Kualitas Air Laut ditinjau dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut, dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. **4** (2): 290-303.

Sudarmaji., J. Mukono dan Corie I. P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. Kesehatan Lingkungan FKM. Universitas Airlangga. Surabaya

Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremeval By Micriorganisme: A Literatur Study). Di Sampaikan Pada Seminar On-Air Bioteknologi Untuk Indonesia Abad 21, 1-14 Februari 2001, Seminar Forum PPI Tokyo Institute Of Technology.

Ulqodry, T. Z., D. G. Bengen, dan R. F. Kaswadji. 2010. Karakteristik Perairan Mangrove Tanjung Api – Api Sumatera Selatan Berdasarkan Sebaran Parameter Lingkungan Perairan dengan Menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA). Maspari Journal. **01** (2010): 16-21

Ummah, F., A. M. Nugroho, dan D. Asikin. 2014. Rumah Susun dengan Konsep Tanggap Iklim di Romokalisari Surabaya. Jurusan Arsitektur. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya. Malang.

Wibowo, C., C. Kusmana, A. Suryani, Y. Hartati, dan P. Oktadiyani. 2009. Pemanfaatan pohon mangrove api-api *(Avicennia spp)* sebagai bahan pangan dan obat. Prosiding Seminar Hasil – Penelitian. Institut Pertanian Bogor. Bogor

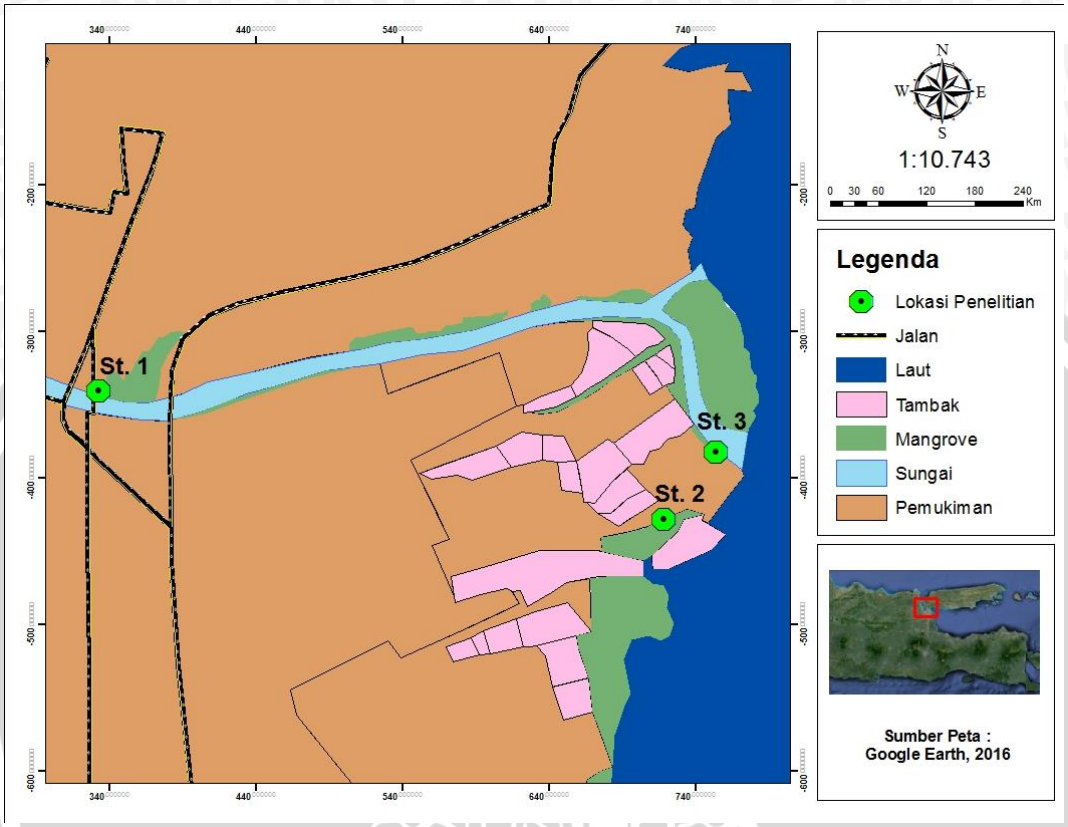
Widowati, W., A. Sastiono dan R. Jusuf. R. 2008. Efek Toksik Logam. Penerbit Andi. Yogyakarta.

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

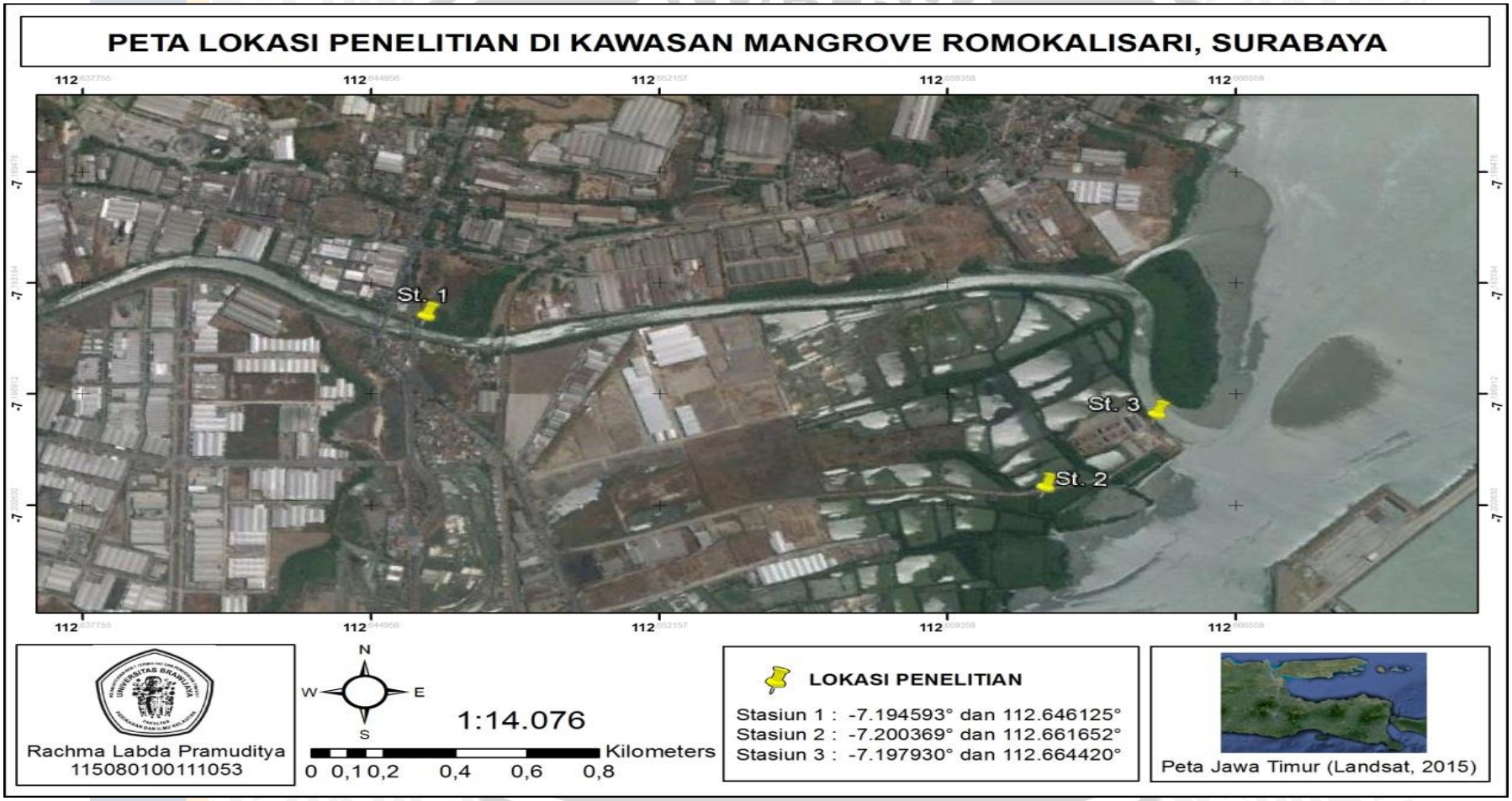
Zainuri, M., Sudrajat, dan E. S. Siboro. 2011. Kadar Logam Berat Pb pada Ikan Beronang *(Siganus sp),* Lamun, Sedimen dan Air di Wilayah Pesisir Kota Bontang-Kalimantan Timur. Jurnal Kelautan. **4** (2): 1-18

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian



Lampiran 1. Lanjutan



Lampiran 2. Alat dan Bahan yang digunakan pada Penelitian

Parameter	Alat atau Metode	Bahan	Satuan
Hg dalam air, sedimen, akar dan daun mangrove	AAS	1. HNO_3 2. HCl 3. Aquadest	ppm
Suhu	Thermometer Hg	-	ºC
Salinitas	Refraktometer	-	Ppt
pH	pH meter	-	-
Oksigen Terlarut	DO meter	-	mg/l

Lampiran 3. Data Logam Berat Hg di Air, Sedimen, Akar dan Daun Mangrove *Avicennia marina*

Stasiun		Kadar Logam Berat Hg (ppm)			
		Air	Sedimen	Akar	Daun
1	1	0.011	0.162	0.028	0.009
	2			0.057	0.028
	3			0.031	0.002
Total				0.039	0.013
2	1	0.007	0.132	0.048	0.020
	2			0.019	0.005
	3			0.024	0.002
Total				0.030	0.009
3	1	0.013	0.183	0.046	0.026
	2			0.051	0.011
	3			0.026	0.007
Total				0.041	0.015

Lampiran 4. Perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD)

- **Stasiun 1**

$$BCF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg)Akar}{(Logam\ Berat\ Hg)Sedimen}$$

$$= \frac{0{,}039}{0{,}162}$$

$$= 0{,}24$$

$$TF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg)\ Daun}{(Logam\ Berat\ Hg)Akar}$$

$$= \frac{0{,}013}{0{,}039}$$

$$= 0{,}33$$

$$FTD = BCF - TF$$

$$= 0{,}24 - 0{,}33$$

$$= -0{,}09$$

- **Stasiun 2**

$$BCF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg)Akar}{(Logam\ Berat\ Hg)Sedimen}$$

$$= \frac{0{,}030}{0{,}132}$$

$$= 0{,}23$$

$$TF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg)\ Daun}{(Logam\ Berat\ Hg)Akar}$$

$$= \frac{0{,}009}{0{,}030}$$

$$= 0{,}30$$

Lampiran 4. Lanjutan

$$FTD = BCF - TF$$

$$= 0{,}23 - 0{,}30$$

$$= -0{,}07$$

- **Stasiun 3**

$$BCF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg)Akar}{(Logam\ Berat\ Hg)Sedimen}$$

$$= \frac{0{,}041}{0{,}183}$$

$$= 0{,}23$$

$$TF\ Hg = \frac{(Logam\ berat\ Hg)\ Daun}{(Logam\ Berat\ Hg)Akar}$$

$$= \frac{0{,}015}{0{,}041}$$

$$= 0{,}37$$

$$FTD = BCF - TF$$

$$= 0{,}23 - 0{,}37$$

$$= -0{,}14$$

Lampiran 5a. Output Hasil Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Hg dalam Akar Mangrove *Avicennia marina* antar 3 Stasiun

Descriptives

Akar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Stasiun 1	3	.03867	.015948	.009207	-.00095	.07828	.028	.057
Stasiun 2	3	.03033	.015503	.008950	-.00818	.06884	.019	.048
Stasiun 3	3	.04100	.013229	.007638	.00814	.07386	.026	.051
Total	9	.03667	.013820	.004607	.02604	.04729	.019	.057

Test of Homogeneity of Variances

Akar

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.142	2	6	.870

ANOVA

Akar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.423	.673
Within Groups	.001	6	.000		
Total	.002	8			

Lampiran 5b. Output Hasil Analisis Perbandingan Kadar Logam Berat Hg dalam Daun Mangrove *Avicennia marina* antar 3 Stasiun

Descriptives

Daun								
					95% Confidence Interval for Mean			
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound	Minimum	Maximum
Stasiun 1	3	.01300	.013454	.007767	-.02042	.04642	.002	.028
Stasiun 2	3	.00900	.009644	.005568	-.01496	.03296	.002	.020
Stasiun 3	3	.01467	.010017	.005783	-.01022	.03955	.007	.026
Total	9	.01222	.009997	.003332	.00454	.01991	.002	.028

Test of Homogeneity of Variances

Daun

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.340	2	6	.725

ANOVA

Daun					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.204	.821
Within Groups	.001	6	.000		
Total	.001	8			