

**AKUMULASI LOGAM BERAT Hg PADA AKAR DAN BUAH MANGROVE
(*Rhizophora mucronata*) DI HUTAN MANGROVE PANCER KAWASAN
CENKRONG DESA KARANGGANDU KECAMATAN WATULIMO
KABUPATEN TRENGGALEK JAWA TIMUR**

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

Oleh:

**MARSELIA CITASARI HUSNA
NIM. 115080100111003**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2016

**AKUMULASI LOGAM BERAT Hg PADA AKAR DAN BUAH MANGROVE
(*Rhizophora mucronata*) DI HUTAN MANGROVE PANCER KAWASAN
CENKONG DESA KARANGGANDU KECAMATAN WATULIMO KABUPATEN
TRENGGALEK JAWA TIMUR**

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

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
Di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan**

**Universitas Brawijaya
Malang**

**Oleh:
MARSELIA CITASARI HUSNA
NIM. 115080100111003**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2016**



SKRIPSI

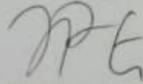
AKUMULASI LOGAM BERAT Hg PADA AKAR DAN BUAH MANGROVE
(*Rhizophora mucronata*) DI HUTAN MANGROVE PANCER KAWASAN
CENKONG DESA KARANGGANDU KECAMATAN WATULIMO KABUPATEN
TRENGGALEK JAWA TIMUR

Oleh:
MARSELIA CITASARI HUSNA
NIM. 115080100111003

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 11 Januari 2016
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No.:
Tanggal:

Menyetujui,

Dosen Penguji I

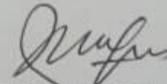


(Nanik Retno Buwono, S. Pi., MP)

NIP. 19840402 201404 2 002

Tanggal: 13 JAN 2016

Dosen Pembimbing I

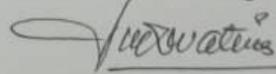


Dr. Ir. Mulyanto, M. Si

NIP. 19600317 198602 1 001

Tanggal: 13 JAN 2016

Dosen Pembimbing II



Ir. Herwati Umi S., MS

NIP. 19520402198003 2 001

Tanggal: 13 JAN 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan



(Dr. Ir. Arning Wiluleng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal: 13 JAN 2016

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar – benamerupakan 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, Januari 2016

Mahasiswa

Marselia Citasari H.
NIM. 115080100111003



UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah mengkaruniakan berkah dan kasih sayang-Nya sehingga atas izin-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul "**Akumulasi Logam Berat Hg pada Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*) di Hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur**" dengan penuh ketercapaian lainnya.

Penulis menyusun skripsi ini dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar sarjana (S1) pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK Universitas Brawijaya. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Skripsi ini tak lepas dari campur tangan berbagai pihak. Untuk itulah penulis ingin berterima kasih sebesar - besarnya dan memberikan penghargaan setinggi - tingginya kepada pihak - pihak terkait.

Dengan selesainya penulisan Skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak **Dr. Ir. Mulyanto, M.Si**, selaku Pembimbing I (ketua) dan Ibu **Ir. Herwati Umi Subarijanti, MS.**, selaku Pembimbing II (sekretaris) yang telah banyak memberikan dukungan, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penulisan Skripsi. Kepada segenap tim penguji yang menguji adrenalin, penulis haturkan terima kasih yang luar biasa. Teruntuk Ibu **Nanik Retno Buwono S. Pi., MP**, terima kasih atas segala saran, kritikan dan koreksinya sebagai tim penguji dalam penyempurnaan penulisan Skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu **Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati., MS**, selaku Dekan FPIK Universitas Brawijaya dan Ibu **Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS** selaku Ketua Jurusan

Manajemen Sumberdaya Perairan, yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi penulisan Skripsi ini.

Cinta dan dukungan berupa moril maupun materil dari kedua orang tua penulis terkasih. Terima kasih atas segala yang telah dilakukan demi penulis, dan terimakasih atas setiap cinta yang terpancar serta doa dan restu yang selalu mengiring tiap langkah penulis. Terimakasih kepada Bapak **Dwi Sungkowo Raharjo**, Mama **Mamik Itaningtyas** dan Mbah Ibu **Sutjiningsih** yang senantiasa memberikan kasih sayang sepanjang masa sehingga penulis bisa sampai ke titik ini. Tak lupa pula terimakasih penulis haturkan kepada **Hafid Panji Satrio** atas dukungan, doa, omelan, terima kasih telah senantiasa menguatkan di kala penulis terpukul dan sempat merasa tidak mampu melakukan apa-apa, serta motivasi hingga sampai detik ini penulis tetap kuat dan bersemangat dalam menyelesaikan studi. Kakak dan Adik tersayang, **Novie Tiara P.**, **Gheavanda Putri R.**, **Nurzafira Swandayani**, **Maula Dana W.**, **Tegar Sukma Yudha** penulis haturkan banyak terimakasih atas segala doa, dukungan, canda, tawa dan macam – macam bantuan dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Kepada sahabat - sahabat Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan 2011 terutama **Rachmasari Kusuma**, **Inggit Utami N.**, **Nur Fajriyah**, **Cyntia Anggi P.** dan **Nudia Mella P.** terima kasih atas segala ukiran hati bertemakan persahabatan yang tulus murni sepanjang masa pendidikan di Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan sejak awal hingga terselesainya pendidikan. Kepada **M. Ilham Rasyid**, **Febrian K. P.**, **Rudi Purnomo**, **M. Waris Muhajirin** dan **Penghuni Mertojoyo Blok P/12** terimakasih atas bantuan tenaga dan pikiran selama penyelesaian penelitian ini. Terima kasih atas segala canda, tawa dan tangisan haru serta bahagia yang telah dibagi dan turut dirasa. Terimakasih atas

rasa kekeluargaan yang begitu besar meski tanpa ikatan darah. Jalinan persahabatan ini semoga Allah jaga hingga ke Surga.

Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang – orang yang turut bersuka cita atas keberhasilan penulis menyelesaikan Skripsi ini. Alhamdulillah. Sebagai manusia biasa, tentunya penulis masih memiliki banyak kekurangan pengetahuan dan pengalaman pada topik yang diangkat dalam Skripsi ini, begitu pula dalam penulisannya yang masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis akan sangat senang jika menerima berbagai masukan dari para pembaca baik berupa kritik maupun saran yang sifatnya membangun demi penyempurnaan penulisan-penulisan Skripsi di masa yang akan datang. Harapan penulis, semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat sebesar - besarnya bagi para penuntut ilmu dan pengajar, baik dalam bangku perkuliahan, penelitian maupun berprofesi sebagai guru nantinya, guna membina generasi muda penerus bangsa yang lebih berkualitas dan berdaya saing.

Akhirnya kepada Allah-lah penulis memohon agar usaha ini dijadikan sebagai amal shalih dan diberikan pahala oleh-Nya. Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wa Sallam beserta keluarga, para sahabat dan para pengikutnya hingga hari akhir, Aamiin.

RINGKASAN

MARSELIA CITASARI H. Skripsi. Akumulasi Logam Berat Hg Pada Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*) di Hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong Desa Karanggandu Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek Jawa Timur. (dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto, M. Si** dan **Ir. Herwati Umi S. MS.**)

Perairan merupakan sumberdaya yang sangat penting. Tingginya aktivitas manusia, seperti kegiatan nelayan dan limbah rumah tangga dapat menyebabkan terjadinya degradasi kualitas perairan. Limbah yang terakumulasi akan mencemari perairan dan seluruh aspek yang memanfaatkan perairan tersebut. Salah satu kandungan senyawa toksik yang terdapat dalam lingkungan hutan mangrove tersebut adalah Hg. Apabila kandungan logam berat Hg terakumulasi dalam waktu yang lama maka dapat membahayakan biota pada lingkungan tersebut. Kemampuan vegetasi mangrove dalam mengakumulasi logam berat dapat dijadikan alternatif perlindungan perairan estuari terhadap pencemaran logam berat. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2015 yang bertujuan untuk mengetahui kadar logam berat Hg pada perairan, sedimen, akar dan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) pada masing - masing stasiun di perairan Hutan Mangrove Pancer kawasan Cengkong, Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur dan mengetahui pengaruh tanaman mangrove sebagai pengendali logam berat.

Metode yang digunakan adalah survei dengan penjelasan deskriptif pada beberapa titik pengambilan sampel dari 3 stasiun pengamatan. Stasiun 1 merupakan area ekowisata. Stasiun 2 merupakan area dermaga yang diasumsikan bahwa kadar logam berat Hg pada lokasi tersebut paling tinggi karena pasokan limbah tergolong paling tinggi. Stasiun 3 merupakan area pinggir sungai. Sampel air, sedimen, akar dan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) diambil dari 3 titik pada tiap stasiun dan dianalisa kadar logam beratnya menggunakan metode AAS serta menganalisa parameter fisika dan kimia air yang meliputi salinitas, tekstur tanah, pH air, pH tanah dan oksigen terlarut.

Hutan Mangrove Pancer mengandung logam berat Hg pada air berkisar antara 0,013 – 0,014 ppm, logam berat Hg pada sedimen berkisar antara 0,280 – 0,303 ppm, logam berat Hg pada akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) berkisar antara 0,075 – 0,085 ppm, sedangkan logam berat Hg pada buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) berkisar antara 0,022 – 0,032 ppm. Logam berat Hg pada air berada di atas ambang batas yang ditentukan oleh KMNLH No. 51 (2004), sedangkan untuk sedimen, akar dan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) berada dibawah ambang batas yang ditentukan oleh IADC/CEDA dalam Panjaitan (2009) dan SNI (2009). Hasil analisis perbandingan kadar logam berat Hg antar stasiun menggunakan regresi korelasi dengan model regresi linier sederhana dengan persamaan regresi yang terbentuk persamaan pertama yaitu $Y = 0,122 - 3,345X$ menjelaskan bahwa setiap penurunan kadar logam berat Hg pada X (air)

dapat meningkatkan kadar logam berat Hg pada Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) yaitu sebesar 3,345 yang artinya kontribusi variabel X (air) mempengaruhi variabel Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) sebesar 335%. Persamaan kedua yaitu $Y = 0,145 - 0,230X$ menjelaskan bahwa setiap penurunan kadar logam berat Hg pada X (sedimen) dapat meningkatkan kadar logam berat Hg pada Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) yaitu sebesar 0,230 yang artinya kontribusi variabel X (sedimen) mempengaruhi variabel Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) sebesar 23%. Persamaan ketiga yaitu $Y = 0,005 + 0,292X$ menjelaskan bahwa setiap kenaikan kadar logam berat Hg pada X (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) dapat meningkatkan kadar logam berat Hg pada Y (buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) yaitu sebesar 0,292 yang artinya kontribusi variabel X (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) mempengaruhi variabel Y (buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) sebesar 29,2%.

Tanaman mangrove (*Rhizophora mucronata*) tergolong dalam akumulator sedang dalam penyerapan logam berat Hg dengan rentan nilai faktor biokonsentrasi, faktor translokasi dan fitoremediasi berada di antara 1 – 10. Hasil pengukuran kualitas air salinitas berkisar antara 30 – 37 ppt, oksigen terlarut berkisar antara 5,2 – 9,2 mg/L, pH air berkisar antara 8,75 – 9,83, pH tanah berkisar antara 5,55 – 7,7 dan tekstur tanah liat, liat lempung berdebu, liat berlempung, liat berpasir dan lempung.

Kandungan logam berat di Hutan Mangrove Pancer memiliki nilai akumulasi yang berbeda. Perairan memiliki peranan paling penting sebagai pengangkut zat pencemar logam berat Hg yang terakumulasi di dalam sedimen. Tingginya kandungan logam berat Hg pada sedimen akan mempengaruhi akumulasi logam berat Hg pada akar mangrove (*Rhizophora mucronata*), kemudian berpengaruh terhadap kandungan logam berat Hg pada buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) melalui proses translokasi. Tanaman mangrove (*Rhizophora mucronata*) tergolong dalam bioakumulator sedang ditinjau dari nilai BCF yang berada pada nilai antara 0,1 – 1, namun belum bisa dikatakan sebagai tanaman *hyperaccumulator* karena nilai TF belum melebihi 1.

Ekosistem mangrove memiliki kemampuan alami untuk membersihkan lingkungan dari berbagai bentuk zat pencemar, penggunaan tanaman mangrove sebagai tumbuhan penyerap logam berat dari perairan sangatlah tepat. Diperlukan upaya untuk melakukan pengawasan dan pengendalian serta reboisasi terhadap ekosistem mangrove agar lingkungan dapat mempertahankan potensi sumberdaya alam dengan seimbang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi dengan Judul “**Akumulasi Logam Berat Hg pada Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*) di Hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong Desa Karanggandu Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek Jawa Timur**”. Laporan skripsi dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam meraih Sarjana Perikanan program Strata Satu (S-1) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan skripsi ini, penulis sangat mengharapkan masukan, kritik dan saran yang bersifat membangun kearah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Cukup banyak kesulitan yang penulis temui dalam penulisan skripsi ini, tetapi Alhamdulillah dapat penulis atasi dan selesaikan dengan baik. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Malang, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kerangka Pemikiran.....	5
1.3 Rumusan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
1.6 Waktu dan Tempat.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam Berat.....	8
2.1.1 Pengertian Logam Berat.....	8
2.1.2 Logam Berat Hg.....	9
2.1.3 Karakteristik Hg.....	10
2.1.4 Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Tumbuhan.....	11
2.2 Ekosistem Mangrove.....	12
2.2.1 Pengertian dan Fungsi Mangrove.....	12
2.2.2 Deskripsi dan Klasifikasi Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	15
2.3 Kualitas Air.....	16
2.3.1 Parameter Fisika.....	16
2.3.2 Parameter Kimia.....	19
2.4 Baku Mutu Logam Berat Hg dalam Sedimen dan Biota Perairan.....	21
2.5 Analisa Logam Berat.....	23

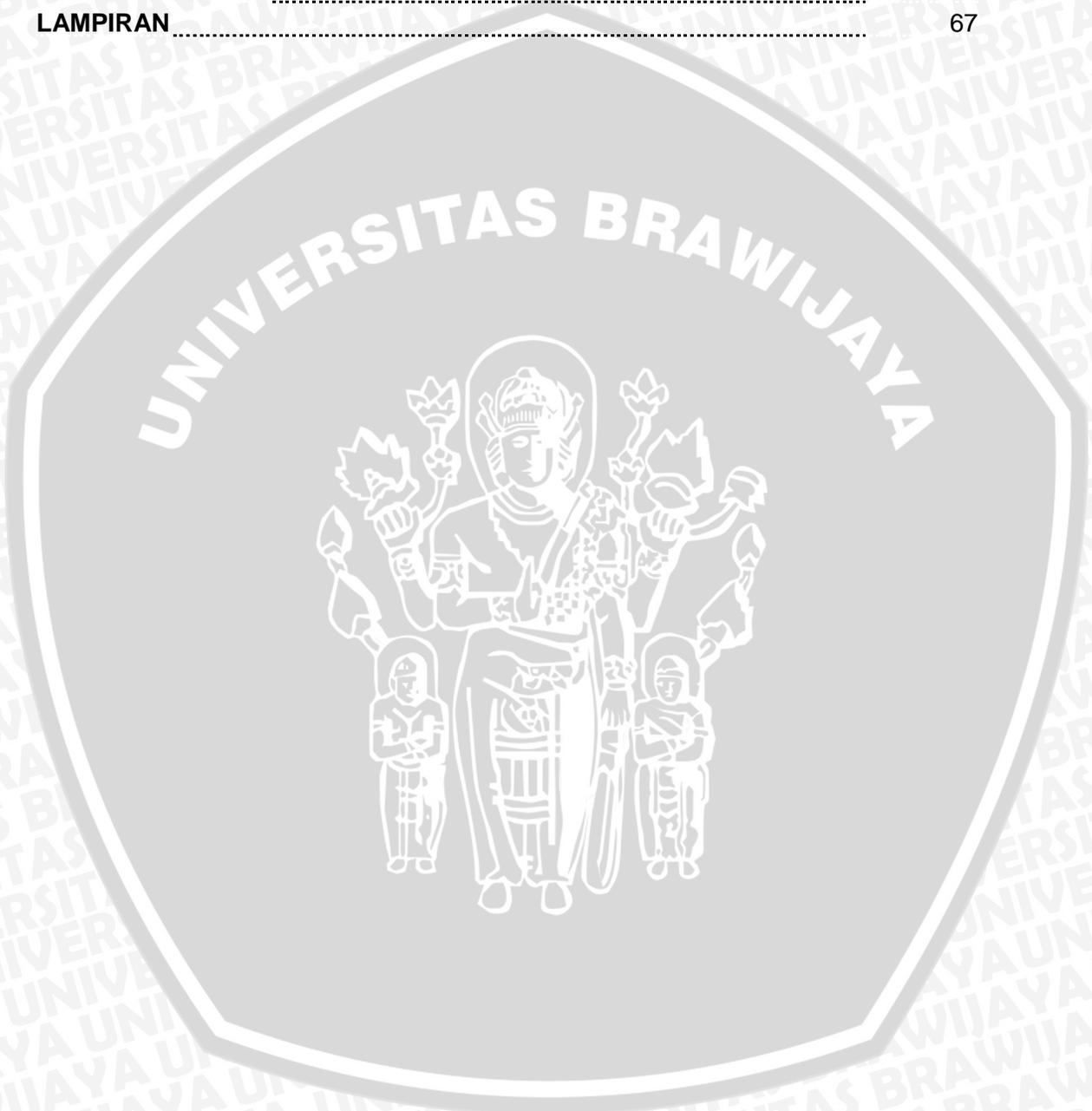
3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Metode Penelitian.....	25
3.3.1 Penetapan Stasiun Pengamatan.....	25
3.4 Prosedur Pengambilan Sampel.....	26
3.4.1 Prosedur Pengambilan Sampel Sedimen.....	26
3.4.2 Prosedur Pengambilan Sampel Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	27
3.4.3 Prosedur Pengambilan Sampel Air.....	27
3.5 Analisa Hg.....	28
3.6 Analisa Kualitas Air.....	30
3.6.1 Parameter Fisika.....	30
3.6.2 Parameter Kimia.....	31
3.7 Analisa Data.....	33
3.7.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF).....	34
3.7.2 Faktor Translokasi (TF).....	35
3.7.3 Fitoremediasi (FTD).....	35

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

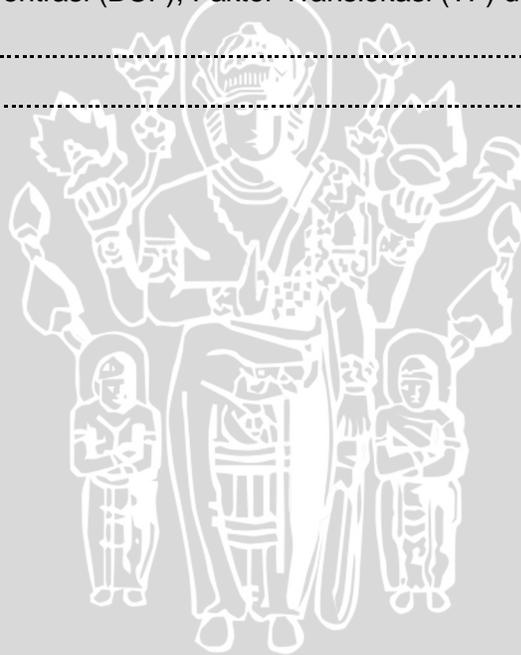
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	36
4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan.....	37
4.2.1 Stasiun 1 (Area Ekowisata).....	37
4.2.2 Stasiun 2 (Dermaga).....	38
4.2.3 Stasiun 3 (Pinggir Sungai).....	39
4.3 Analisa Kadar Logam Berat Hg.....	39
4.3.1 Perbandingan Kadar Logam Berat Hg pada Perairan, Sedimen Akar dan Buah Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>) antar Stasiun.....	41
4.3.2 Hubungan Logam Berat Hg pada Air dan Sedimen dengan Akar Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	46
4.3.3 Hubungan Logam Berat Hg pada Sedimen dengan Akar Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	47
4.3.4 Hubungan Hubungan Logam Berat Hg Akar Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>) dengan Buah Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	49
4.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), Fitoremediasi (FTD).....	50
4.5 Analisa Kualitas Air.....	54
4.5.1 Parameter Fisika.....	54
4.5.2 Parameter Kimia.....	56

5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	67



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Butiran Tanah	19
2. Baku Mutu Logam Berat dalam Sedimen	23
3. Alat dan Bahan Yang Digunakan Untuk Penelitian	25
4. Penggunaan Tanah Fasilitas Umum	36
5. Kondisi Hutan Desa Karanggandu	37
6. Kadar Logam Berat Hg pada Air, Sedimen, Akar dan Buah Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>)	40
7. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF) dan Fitoremediasi (FTD)	51
8. Analisa Kualitas Air	54

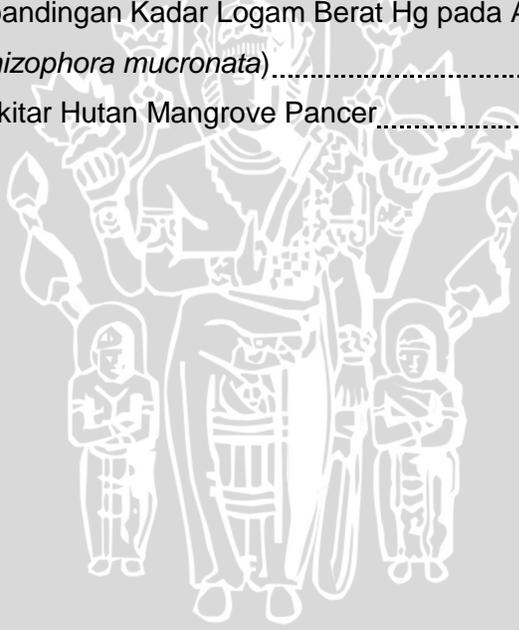


DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran Penelitian.....	5
2. Mekanisme Penyerapan Logam Berat Pada Tumbuhan.....	13
3. Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>) dan Bagian – Bagiannya: a. daun; b. buah; c. akar; d. daun.....	17
4. Segitiga Tekstur Tanah.....	20
5. Stasiun 1 (Area Ekowisata).....	38
6. Stasiun 2 (Dermaga).....	38
7. Stasiun 3 (Pinggir Sungai).....	39
8. Grafik Logam Berat Hg pada Air, Sedimen, Akar dan Buah Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>) antar Stasiun.....	41
9. Hubungan Logam Berat Hg pada Air dengan Akar Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	46
10. Hubungan Logam Berat Hg pada Sedimen dengan Akar Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	48
11. Hubungan Logam Berat Hg pada Akar dan Buah Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian	67
2. Denah Lokasi Pengambilan Sampel	68
3. Perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF), dan Fitoremediasi (FTD).....	69
4. Output Analisa Perbandingan Kadar Logam Berat Hg pada Air dan Akar Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	75
5. Output Analisa Perbandingan Kadar Logam Berat Hg pada Sedimen dan Akar Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	76
6. Output Analisa Perbandingan Kadar Logam Berat Hg pada Akar dan Buah Mangrove (<i>Rhizophora mucronata</i>).....	77
7. Foto Kegiatan di Sekitar Hutan Mangrove Pancer	78



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan pesisir dan laut merupakan sebuah ekosistem yang terpadu dan saling berkorelasi secara timbal balik. Hutan Indonesia merupakan salah satu hutan yang memiliki peranan penting dalam menjaga ekosistem lingkungan dunia. Hutan Indonesia terdiri atas berbagai jenis hutan, salah satunya adalah hutan mangrove (Purnobasuki, 2012). Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Ekosistem mangrove merupakan daerah tempat hidup dan mencari makan (*feeding ground*) bagi berbagai organisme seperti udang, kepiting, ikan, burung, dan mamalia. Secara ekologis hutan mangrove juga menyediakan tempat yang sangat baik dan ideal bagi proses pemijahan (*spawning ground*) biota laut yang ada di dalamnya. Fungsi sosial ekonomi, produk hutan mangrove dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan konstruksi, kayu bakar, bahan baku kertas, bahan makanan, pariwisata, dan sebagainya sehingga memberikan kontribusi dalam peningkatan kondisi ekonomi dan sosial masyarakat di sekitar hutan. Secara fisik, hutan mangrove memberikan perlindungan kepada pantai dari gelombang besar, angin kencang, dan badai dari arah laut sehingga dapat meminimalisir kerusakan yang dapat muncul. Berbagai fungsi hutan mangrove tersebut memberikan andil bagi proses pembangunan terutama di wilayah pesisir (Fathurrohman *et al.*, 2011).

Kabupaten Trenggalek merupakan salah satu dari 38 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur yang terletak di pesisir selatan Jawa Timur, yaitu \pm 181 km sebelah barat daya dari kota Surabaya, dengan luas wilayah 1.261,40 km² atau

126.140 Ha, dimana 2/3 bagian luasnya merupakan tanah pegunungan, terbagi menjadi 14 kecamatan dan 157 desa. Secara geografis terletak pada koordinat 111°24'00" - 112°11'00" Bujur Timur dan 7°53'00" - 8°34'00" Lintang Selatan (BPS, 2012). Salah satu sektor unggulan yang dimiliki adalah dalam sektor perikanan. Pesisir Trenggalek menyimpan potensi mangrove yang menciptakan suasana sangat asri, tenang dan hijau.

Hutan mangrove Pancer di kawasan Cengkong, Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek merupakan sumberdaya yang dikelola oleh kelompok masyarakat pengawas (POKMASWAS) Kejung Samudra. Hutan Mangrove Pancer memiliki beberapa fungsi, diantaranya digunakan sebagai tempat ekowisata, sebagai penyangga dan pelindung pantai dari kerusakan dan abrasi pantai. Menurut Ayunda *et al.* (2012), kondisi kawasan hutan mangrove Pancer di kawasan Cengkong mengalami kenaikan sebesar 45 ha pada tahun 2010 hingga tahun 2012.

Mangrove yang hanya dapat hidup pada pinggiran pantai sangat besar manfaatnya bagi kelestarian lingkungan hidup dan sumberdaya. Fungsi mangrove yang sangat penting adalah sebagai penghubung antara daratan dan lautan, tumbuhan, hewan serta benda lain yang mengalami pergeseran akan disangga oleh hutan mangrove yang ada disekitar pantai. Kemampuan vegetasi mangrove dalam mengakumulasi logam berat dapat dijadikan alternatif perlindungan perairan estuari terhadap pencemaran logam berat. Menurut Panjaitan (2009) *dalam* Deri *et al.* (2012), mangrove memiliki kemampuan dalam menyerap bahan – bahan anorganik dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Proses ini merupakan bentuk adaptasi mangrove terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. Melalui

akarnya, vegetasi ini dapat menyerap logam – logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air.

Beberapa jenis mangrove yang tumbuh pada hutan mangrove Pancer adalah Nyirih (*Xylocarpus sp.*), Bakau (*Rhizophora mucronata*), Pidada (*Sonneratia sp.*), Mentigi (*Ceriops decandra*), Lindur (*Bruguiera sp.*), dan Api - api (*Avicennia sp.*). Salah satu jenis mangrove yang mendominasi adalah dari jenis *Rhizophora mucronata*. Melalui sistem perakaran yang menghujam ke tanah dan menyebar luas diharapkan mampu menyerap kandungan polutan terutama jenis logam berat di lingkungan perairan sekitarnya, sehingga daya racun polutan tersebut pada hutan mangrove dapat berkurang.

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (UU No. 32 Tahun 2009).

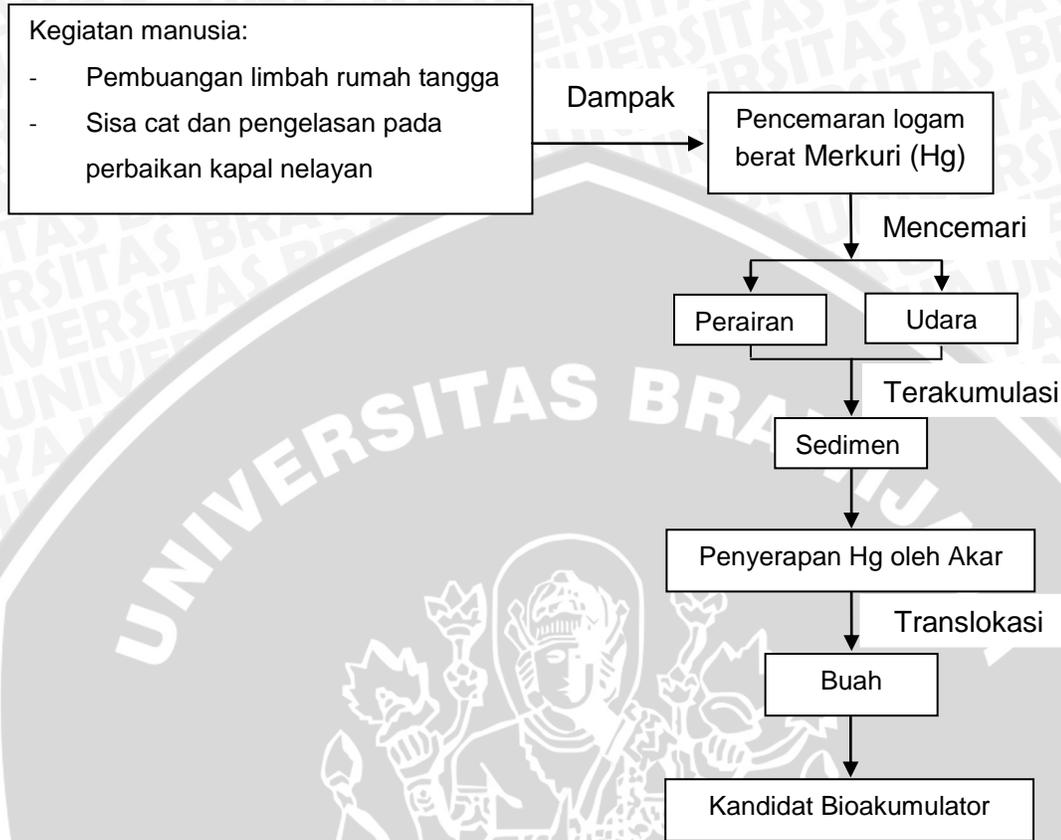
Perairan merupakan sumberdaya yang sangat penting. Tingginya aktivitas manusia, seperti kegiatan nelayan dan limbah rumah tangga dapat menyebabkan terjadinya degradasi kualitas perairan. Limbah yang terakumulasi akan mencemari perairan dan seluruh aspek yang memanfaatkan perairan tersebut. Salah satu kandungan senyawa toksik yang terdapat dalam lingkungan hutan mangrove tersebut adalah Hg. Apabila kandungan logam berat Hg terakumulasi dalam waktu yang lama maka dapat membahayakan biota pada lingkungan tersebut. Baku mutu air laut tentang konsentrasi Hg untuk wisata bahari ditetapkan sebesar 0,002 ppm,

untuk perairan pelabuhan sebesar 0,003 ppm dan untuk biota laut sebesar 0,001 ppm (KMNLH, 2004).

Dengan adanya pencemaran tersebut mangrove akan berperan sebagai agen bioremediasi alami karena akan menyerap kandungan logam berat. Mangrove memiliki kemampuan yang disebut biofilter, yaitu kemampuan untuk menyaring, mengikat dan memerangkap polusi di alam bebas berupa kelebihan sedimen, sampah dan limbah buangan rumah tangga lainnya (Ali dan Rina, 2010). Penyerapan logam berat oleh akar kemudian akan di translokasikan kepada bagian lainnya seperti batang, daun dan buah.

Berdasarkan uraian diatas maka sangat penting untuk dilakukannya penelitian dengan judul “Akumulasi Logam Berat Hg pada Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*) di Kawasan Cengkong Desa Karanggandu Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek Jawa Timur” untuk kepentingan pengelolaan sumberdaya pesisir dan sebagai rekomendasi konsumsi untuk buah mangrove (*Rhizophora mucronata*). Oleh karena itu, upaya untuk dapat mengelola potensi sumberdaya organisme pada kawasan tersebut merupakan suatu langkah yang sangat penting terutama dalam rangka pengelolaan sumberdaya pesisir secara lestari sehingga keberadaan sumberdaya tersebut tetap terjaga dari upaya pencemaran logam berat.

1.2 Kerangka Permasalahan



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

Keterangan:

Aktivitas manusia seperti pembuangan limbah rumah tangga, sisa cat dan pengelasan pada perbaikan kapal yang berasal dari kapal nelayan akan terbawa oleh aliran air yang berada di kawasan Hutan Mangrove Pancer, dimana hal tersebut mengandung logam berat Hg yang dapat mencemari perairan dan udara, kemudian akan terakumulasi pada sedimen. Tumbuhan mangrove (*Rhizophora mucronata*) dapat digunakan sebagai fitoremediasi logam berat Hg pada sedimen kemudian diserap oleh akar. Pada akar, kemudian logam berat Hg ditranslokasikan ke buah, sehingga mangrove (*Rhizophora mucronata*) dapat digunakan sebagai kandidat bioakumulator pencemaran logam berat Hg.

1.3 Rumusan Masalah

Pada hutan mangrove Pancer Kawasan Cengkong, merupakan kawasan yang dengan berbagai aktivitas manusia. Aktivitas manusia yang dilakukan pada kawasan tersebut antara lain ekowisata, tempat bersandar perahu nelayan yang sedang diperbaiki dan pembuangan limbah manusia. Aktivitas tersebut tidak memperhatikan pengelolaan limbah dengan benar sehingga dapat menyebabkan permasalahan lingkungan, seperti perubahan kualitas air, rusaknya habitat dan ekosistem perairan. Pencemaran logam berat merupakan salah satu permasalahan lingkungan di perairan yang sering terjadi.

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 (*uptaken*) 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, sedangkan ekskresinya terjadi melalui transpirasi (Ali dan Rina, 2011). *Rhizophora mucronata* termasuk jenis tumbuhan air yang mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat yang berada pada wilayah perairan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar logam berat Hg pada perairan, sedimen, akar dan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) pada masing – masing stasiun di Hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong, Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur dan mengetahui pengaruh tanaman mangrove sebagai pengendali logam berat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk menambah ilmu pengetahuan yang diperoleh di bangku kuliah melalui penelitian di lapang mengenai kandungan logam berat Hg pada perairan, sedimen, akar dan buah pada tanaman mangrove (*Rhizophora mucronata*) yang berada di Hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong, Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur.

1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2015 di Hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong, Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Lokasi ini dipilih sebagai tempat penelitian dan tempat pengambilan sampel karena diduga telah tercemar oleh limbah rumah tangga, cat dan sisa bahan bakar. Analisa kandungan Hg dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Analisa tekstur tanah dan pH tanah dilakukan di Laboratorium UPT Pengembangan Agribisnis Tanaman Pangan dan Holtikultura, Lawang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

2.1.1 Pengertian Logam Berat

Logam berasal dari bumi yang bisa berupa bahan organik dan bahan anorganik. Diantara sekian banyak logam, ada yang keberadaannya di dalam tubuh makhluk hidup baik pada tanaman, hewan atau ternak dan manusia merugikan bahkan beracun. Logam yang dimaksud umumnya digolongkan pada logam berat. Menurut Saeni (1989) bahwa yang dimaksud dengan logam berat adalah unsur yang mempunyai bobot jenis lebih dari 5 g/cm^3 yang biasanya terletak di bagian kanan bawah *sistem periodik* diantaranya: ferum (Fe), timbale (Pb), krom (Cr), cadmium (Cd), seng (Zn), tembaga (Cu), air raksa (Hg), mangan (Mn) dan arsen (As).

Menurut Darmono (1995), faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat – sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi.

Pemasok logam berat dalam tanah antara lain bahan agrokimia, asap kendaraan bermotor, bahan bakar minyak, pupuk organik, buangan limbah rumah tangga, industri dan pertambangan (Alloway, 1990).

Logam berat sejatinya unsur penting yang dibutuhkan setiap makhluk hidup. sebagai trace element, logam berat yang esensial seperti tembaga (Cu), selenium (Se), Besi (Fe) dan Zink (Zn) penting untuk menjaga metabolisme tubuh manusia dalam jumlah yang tidak berlebihan, jika berlebihan akan menimbulkan toksik pada tubuh. Logam yang termasuk elemen mikro merupakan kelompok logam berat yang nonesensial yang tidak mempunyai fungsi sama sekali dalam tubuh. Logam tersebut

bahkan sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan pada manusia yaitu Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Arsenik (As) dan Cadmium (Cd) (Agustina, 2010).

2.1.2 Logam Berat Hg

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama kimia *hydragyrum* yang berarti perak cair. Logam merkuri dilambangkan dengan Hg. Merkuri merupakan salah satu unsur logam transisi dengan golongan IIB dan memiliki nomor atom 80, memiliki bobot atom 200,59 adalah satu – satunya logam yang berbentuk cair. Merkuri merupakan elemen alami, oleh karena itu sering mencemari lingkungan. Kebanyakan merkuri yang ditemukan di alam terdapat dalam gabungan dengan elemen lainnya dan jarang ditemukan dalam bentuk elemen terpisah. Merkuri dan komponen – komponen merkuri banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Sifat – sifat kimia dan fisika merkuri membuat logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan ilmiah dan industri. Beberapa sifat tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Merkuri merupakan satu – satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25 °C) dan mempunyai titik beku terendah dari semua logam yaitu - 39 °C.
- b. Banyak logam yang larut dalam merkuri membentuk komponen yang disebut amalgam.
- c. Sifat kimia yang stabil terutama di lingkungan sedimen.
- d. Mempunyai sifat yang mengikat protein, sehingga mudah terjadi biokonsentrasi pada tubuh organisme air melalui rantai makanan.
- e. Mudah menguap dan mudah mengemisi atau melepaskan uap merkuri beracun walaupun pada suhu ruangan.

- f. Pada fase padat berwarna abu – abu dari pada fase cair berwarna putih perak.
- g. Uap merkuri di atmosfer dapat bertahan selama 3 bulan sampai 3 tahun, sedangkan bentuk yang melarut dalam air hanya bertahan selama beberapa minggu (Nicodemus, 2003 *dalam* Fika, 2008).

Merkuri (Hg) dilepaskan sebagai uap, yang kemudian mengalami proses kondensasi, sedangkan gas – gas lainnya mungkin terlepas di atmosfer. Adapun bentuk merkuri di alam antara lain:

- a. Merkuri anorganik, termasuk logam merkuri (Hg^+) dan garam – garamnya seperti merkuri klorida (HgCl_2) dan merkuri oksida (HgO).
- b. Merkuri organik atau organomerkuri, terdiri dari: pertama, aril merkuri yang mengandung hidrokarbon aromatic seperti fenil merkuri asetat. Kedua, alkil merkuri yang paling beracun seperti metal merkuri. Ketiga, alkosialkil merkuri (R-O-Hg) (Sunu, 2001).

2.1.3 Karakteristik Hg

Merkuri adalah cairan yang bersinar pada suhu biasa. Merkuri memberikan uap mono atom dan mempunyai tekanan uap ($1,3 \times 10^{-3}$ mm) pada suhu 20°C . Larut dalam cairan polar maupun non polar, karena penguapan dan toksisitas yang tinggi merkuri harus disimpan dalam kemasan tertutup dan ditangani dalam ruang yang cukup pertukaran udaranya. Dalam biosfer, merkuri beracun karena konversi oleh bakteri menjadi CH_3Hg^+ . Merkuri mudah hilang dari larutan akua garam air raksa karena reduksi oleh runtuhan bahan pereduksi, dan dengan disproporsionasi Hg_2^{2+} (Cotton dan Wilkinson, 2013).

Elemen merkuri atau air raksa merupakan bahan kimia yang digunakan pada proses pengolahan emas. Penyerapan merkuri oksida (HgO) sebagian besar melalui sistem pernafasan dan jumlah yang masuk ke dalam tubuh sama besarnya antara yang dihisap melalui hidung ataupun mulut (kurang lebih 80%) (WHO, 2000). Sebagian besar diekskresikan melalui feses atau urine dimana perbandingan ekskresi dipengaruhi oleh besarnya dosis, cara paparan, bentuk senyawa merkuri (Widowati, 2008).

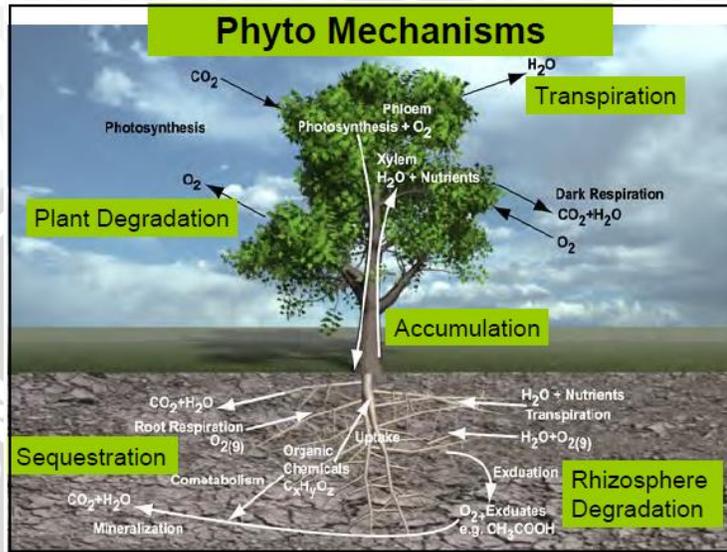
Merkuri sangat beracun serta sangat korosif jika diserap ke dalam aliran darah. Merkuri dapat bergabung dengan protein plasma, sehingga merkuri juga dapat masuk ke organ tubuh lainnya. Efek kesehatan merkuri yaitu gangguan syaraf, walaupun organ lain juga terlibat seperti sistem pencernaan, sistem pernafasan, hati, immunitas, kulit dan ginjal. Hati adalah organ utama dalam metabolisme merkuri (Hg) (Astorina et al., 2013).

2.1.4 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Oleh Tanaman

Menurut Priyanto dan Prayitno (2006), bahwa penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam berat oleh akar, translokasi logam berat dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Penyerapan oleh akar dilakukan dengan membawa logam ke dalam larutan di sekitar akar.

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus ditranslokasi di dalam tubuh tumbuhan melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem dan floem ke bagian tumbuhan yang lain. Untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi yaitu dengan mengakumulasi

logam pada jaringan, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar. Adapun mekanisme penyerapan logam berat pada tumbuhan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Tumbuhan

Menurut Tam dan Wong (1996), tumbuhan mangrove mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat di bagian akarnya. Namun demikian faktor lain seperti mobilitas dan kelarutan logam juga berpengaruh terhadap akumulasi logam berat dalam tumbuhan.

2.2 Ekosistem Mangrove

2.2.1 Pengertian dan Fungsi Mangrove

Menurut Undang – Undang No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Sedangkan arti kata mangrove adalah vegetasi hutan yang tumbuh di antara garis pasang surut, tetapi juga dapat tumbuh

pada pantai karang, pada dataran koral mati yang di atasnya ditumbuhi selapis tipis pasir atau ditimbuni lumpur atau pantai berlumpur.

Menurut Nybakken (1982) dalam Saparinto (2007), hutan bakau atau mangal adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropik yang didominasi oleh beberapa spesies pohon – pohon yang khas atau semak – semak yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dalam perairan asin. “Bakau” adalah tumbuhan daratan berbunga yang mengisi kembali pinggiran laut.

Hutan mangrove mempunyai tiga fungsi utama bagi kelestarian sumberdaya, yakni:

- Fungsi fisik, hutan mangrove secara fisik menjaga dan menstabilkan garis pantai serta tepian sungai, pelindung terhadap hempasan gelombang dan arus, mempercepat pembentukan lahan baru.
- Fungsi biologi adalah sebagai tempat asuhan (*nursery ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat berkembang biak (*spawning ground*) berbagai jenis crustaceae, ikan, burung, biawak, ular. Sebagai tempat tumbuh – tumbuhan epifit dan parasit seperti anggrek, pakis dan tumbuhan lainnya dan berbagai kehidupan. Hutan mangrove juga sebagai penghasil seresah/zat hara yang cukup tinggi produktivitasnya jika dibandingkan dengan hutan darat tropika. Unsur hara yang terkandung di dalamnya adalah nitrogen, magnesium, natrium, kalsium, fosfor, dan sulfur.
- Fungsi ekonomi yakni kawasan hutan mangrove berpotensi sebagai tempat rekreasi, lahan pertambakan, dan penghasil devisa dengan produk bahan baku industri).

Fungsi langsung dan tidak langsung yang dapat dirasakan oleh manusia dan lingkungan adalah:

a. Fungsi fisik kawasan mangrove

- ❖ Menjaga garis pantai agar tetap stabil.
- ❖ Melindungi pantai dan tebing sungai dari proses erosi atau abrasi.
- ❖ Mengurangi atau menyerap tiupan angin kencang dari laut ke darat.
- ❖ Meredam dan menahan hempasan badai tsunami.
- ❖ Menahan sedimen secara periodic sampai terbentuk lahan baru.
- ❖ Sebagai kawasan penyangga proses intrusi atau rembesan air laut ke darat, atau sebagai filter air asin menjadi tawar.

b. Fungsi kimia kawasan mangrove

- ❖ Sebagai tempat terjadinya proses daur ulang yang menghasilkan oksigen dan menyerap karbondioksida.
- ❖ Sebagai pengolah bahan – bahan limbah hasil pencemaran industri dan kapal – kapal di lautan.

c. Fungsi biologi kawasan mangrove

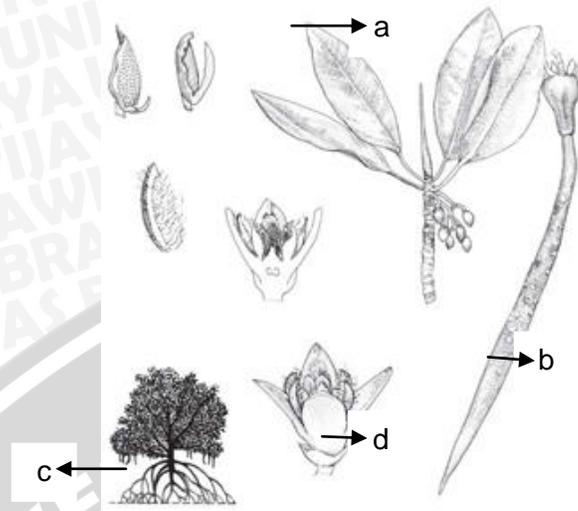
- ❖ Merupakan penghasil bahan pelapukan (*decomposer*) yang merupakan sumber makanan penting bagi invertebrata kecil pemakan bahan pelapuk (*detritus*), yang kemudian berperan sebagai sumber makanan bagi hewan yang lebih besar.
- ❖ Merupakan kawasan untuk berlindung, bersarang, serta berkembang biak bagi burung dan satwa lain.
- ❖ Sebagai sumber plasma nutfah dan sumber genetika.
- ❖ Sebagai habitat alami bagi berbagai jenis biota darat dan laut lainnya (Saparinto, 2007).

2.2.2 Deskripsi dan Klasifikasi Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Rhizophora mucronata memiliki pohon tinggi mencapai 40 m, memiliki batang silindris, kulit luar berwarna coklat keabu – abuan sampai hitam, pada bagian luar kulit terlihat retak – retak. Bentuk akar tanaman ini menyerupai akar tunjang (akar tongkat). Akar tunjang digunakan sebagai alat pernafasan karena memiliki lentisel pada permukaannya. Akar tanaman tersebut tumbuh menggantung dari batang atau cabang yang rendah dan dilapisi semacam sel lilin yang dapat dilewati oksigen tetapi tidak tembus air. Memiliki daun melonjong, berwarna hijau dan mengkilap dengan panjang tangkai 17 – 35 mm. Tanaman ini umumnya memiliki bunga berwarna kuning yang dikelilingi kelopak berwarna kuning – kecoklatan sampai kemerahan. Proses penyerbukan dibantu oleh serangga dan terjadi pada April sampai Oktober. Penyerbukan menghasilkan buah berwarna hijau yang umumnya memiliki panjang 36 – 70 cm dan diameter 2 cm (Sudarmadji, 2004).

Klasifikasi *Rhizophora mucronata* menurut Duke (2006) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Mytales
Famili	: Rhizophoraceae
Genus	: Rhizophora
Spesies	: <i>Rhizophora mucronata</i>



Gambar 3. Mangrove (*Rhizophora mucronata*) dan Bagian - bagiannya: a. daun; b. buah; c. akar; d bunga

2.3 Kualitas Air

Kualitas air adalah kondisi kualitatif air yang diukur berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan perundang – undangan yang berlaku. Kualitas air seringkali menjadi ukuran standart terhadap kondisi kesehatan ekosistem lingkungan di sekitar perairan tersebut. Kualitas air dapat dinyatakan dengan parameter kualitas air yang meliputi parameter fisika, kimia dan biologi.

2.3.1 Parameter Fisika

a. Salinitas

Salinitas sangat berhubungan dengan tekanan osmotik air sehingga organisme berada pada kondisi yang seimbang dengan medium tempat hidupnya. Perubahan salinitas dapat menyebabkan masalah terhadap osmotik pada organisme yang mungkin akan menimbulkan kematian. Perubahan salinitas dapat terjadi

karena adanya pasang surut, aliran air dari daratan, penguapan air bersalinitas maupun adanya air hujan (Nybakken, 1998).

Di perairan samudera, salinitas biasanya berkisar antara 34-35 ppt (*part per thousand*). Di perairan pantai, karena terjadi pengenceran aliran sungai, salinitas biasanya turun. sebaliknya, di daerah dengan penguapan yang sangat tinggi biasanya salinitas meningkat drastis. Air payau adalah istilah umum yang digunakan untuk memberi nama air berdasarkan salinitasnya., misalnya menurut Valikangas dapat disederhanakan sebagai berikut: air tawar 0 – 0,05 ppt; air payau 0,5 – 17 ppt; dan air laut diatas 17 ppt (Ghufran dan Kordi, 2010).

Salinitas perairan laut dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut (Hutagalung, 1991). Penurunan salinitas dalam perairan dapat menyebabkan tingkat biokonsentrasi dalam logam berat pada organisme menjadi semakin besar (Mukhtasor, 2007).

b. Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah pembagian ukuran butir tanah. Butir – butir yang paling kecil adalah butir liat, diikuti oleh butir debu (silt), pasir, dan kerikil. Selain itu, ada juga tanah yang terdiri dari batu – batu. Tekstur tanah dikatakan baik apabila komposisi antara pasir, debu dan litany hampir seimbang. Tanah seperti itu disebut tanah lempung (Ruijter dan Agus, 2004).

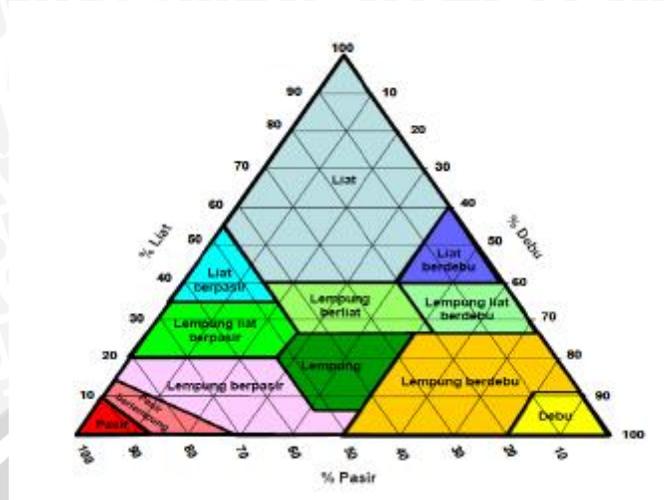
Tekstur tanah, biasa juga disebut besar butir tanah, termasuk salah satu sifat tanah yang paling sering ditetapkan. Hal ini disebabkan karena tekstur tanah berhubungan erat dengan pergerakan air dan zat terlarut, udara, pergerakan panas, berat volume tanah, luas permukaan spesifik (*specific surface*), kemudian tanah memadat (*compressibility*), dan lain – lain (Hillel, 1982).

Semakin halus butir – butir tanah (semakin banyak butir liatnya), maka semakin kuat tanah tersebut memegang air dan unsur hara. Tanah yang kandungan liatnya terlalu tinggi akan sulit diolah, apabila tanah tersebut basah maka akan menjadi lengket. Tanah jenis ini sulit melewatkan air sehingga bila tanahnya datar akan cenderung tergenang dan pada tanah berlereng erosinya akan tinggi. Pada tanah, semakin halus teksturnya maka semakin tinggi kekuatan untuk mengikat logam berat. Tanah pasir memiliki kapasitas menahan kelembaban yang sangat rendah dan kandungan hara juga rendah. Akan tetapi tanah pasir sangat penting karena dapat meningkatkan ruang pori dan memperbaiki aerasi tanah (Mohamad, 2013).

Tabel 1. Klasifikasi Butiran Tanah

No.	Nama Butiran	Diameter (mm)
1	Pasir sangat kasar	1.00 - 2.00
2	Pasir kasar	≥ 0.50
3	Pasir sedang	≥ 0.25
4	Pasir halus	≥ 0.10
5	Pasir sangat halus	≥ 0.05
6	Debu	≥ 0.002
7	Liat	< 0.002

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



Gambar 4. Segitiga Tekstur Tanah (LPT, 1979)

2.3.2 Parameter Kimia

a. Derajat Keasaman Air (pH Air)

Menurut Purwanto (2009), nilai pH suatu perairan mencirikan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan merupakan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan. Adanya karbonat, hidrokarbon dan bikarbonat menaikkan kebasaaan air. Sementara adanya asam – asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan keasaman.

Derajat keasaman (pH) mempengaruhi konsentrasi logam. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam. Perubahan dari tingkat stabil dari kelarutan tersebut biasanya terlihat dalam bentuk pergeseran persenyawaan. Umumnya pH yang semakin tinggi, kestabilan akan bergeser dari karbonat ke hidroksida (Palar, 1994). Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa – senyawa logam tersebut (Palar, 2012).

b. Derajat Keasaman Tanah (pH Tanah)

Derajat keasaman (pH) tanah merupakan ukuran keasaman atau kebasaaan dalam tanah. Derajat keasaman (pH) didefinisikan sebagai logaritma negatif dari aktivitas ion hidrogen (H^+) dalam larutan. Hal ini berkisar dari 0 sampai dengan 14 dengan 7 menjadi netral. Sebuah pH di bawah 7 bersifat asam dan pH di atas 7 bersifat basa. Derajat keasaman (pH) tanah dianggap sebagai variabel master dalam tanah karena mengendalikan banyak proses kimia yang terjadi. Secara khusus mempengaruhi ketersediaan nutrisi tanaman dengan mengendalikan bentuk kimia dari zat gizi tersebut. Rentang pH optimum untuk kebanyakan tanaman adalah antara 6 dan 7,5, namun banyak tanaman telah beradaptasi untuk berkembang pada pH di luar kisaran ini.

Derajat keasaman (pH) tanah atau yang sering disebut dengan kadar asam pada tanah merupakan faktor lain yang mempengaruhi menurunnya tingkat kesuburan tanah selain cara pengolahan yang tidak sesuai atau pengolahan yang salah. Pada kenyataannya tanah pada suatu daerah akan memiliki tingkat keasamaan yang berbeda dengan tanah di daerah lain. Tingkat derajat asam pada tanah merupakan hal yang penting untuk diperhatikan. Karena jika kesuburan tanah terus menurun, maka juga akan berimbas pada menurunnya hasil produksi (Fibrian, 2015). Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 2012).

c. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem perairan, terutama sekali dibutuhkan oleh proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Kelarutan oksigen di dalam air sangat dipengaruhi terutama oleh faktor suhu. Konsentrasi menurun sejalan dengan meningkatnya suhu air. Peningkatan suhu menyebabkan konsentrasi oksigen menurun dan sebaliknya suhu yang semakin rendah meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut (Barus, 2011).

Sumber utama oksigen dalam air laut adalah udara melalui proses difusi dan dari proses fotosintesis fitoplankton. 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 anorganik (Simanjuntak, 2012). 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 (Ramlat 1987 dalam Maslukah, 2006).

2.4 Baku Mutu Logam Berat Hg dalam Sedimen dan Biota Perairan

Menurut Wulandari (2006), baku mutu logam berat di dalam lumpur atau sedimen di Indonesia belum ditetapkan, sehingga sebagai acuan dapat digunakan baku mutu yang dikeluarkan oleh *Dutch Quality Standart For Metals in Sediment* (IADC/CEDA, 1997), mengenai kandungan logam berat yang dapat ditoleransi keberadaannya dalam sedimen sekaligus melihat tingkat/level dari pencemaran logam berat dalam sedimen, seperti dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Baku Mutu Logam Berat dalam Sedimen

Logam Berat	Level Target (ppm)	Level Limit (ppm)	Level Test (ppm)	Level Intervensi (ppm)	Level Bahaya (ppm)
Cadmium (Cd)	0.8	2	7.5	12	30
Timbal (Pb)	85	530	530	530	1000
Merkuri (Hg)	0.3	0.5	1.6	10	15

Sumber: IADC/CEDA (1997) dalam Panjaitan (2009).

Keterangan:

- Level target. Jika konsentrasi kontaminan yang ada pada sedimen memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai level target, maka substansi yang ada pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi lingkungannya.
- Level limit. Jika konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen memiliki nilai maksimum yang dapat ditolerir bagi kesehatan manusia maupun ekosistem.
- Level tes. Jika konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen berada pada kisaran nilai antara level limit dan level tes, maka dikategorikan sebagai tercemar ringan.
- Nilai intervensi. Jika konsentrasi kontaminan yang ada di sedimen berada pada kisaran nilai antara level tes dan level intervensi, maka dikategorikan sebagai tercemar sedang.
- Level bahaya. Jika konsentrasi kontaminan berada pada nilai yang lebih besar dari baku mutu level bahaya maka harus dengan segera dilakukan pembersihan sedimen.

2.5 Analisa Logam Berat

Spektroskopi yang paling banyak digunakan untuk analisis logam adalah *atomic spectroscopy* (AAS) atau spektroskopi serapan atom (SSA). Pada metode ini elektron-elektron dari ion logam diatomisasi ke orbital yang lebih tinggi dengan cara mengabsorpsi sejumlah energi (misalnya energi cahaya pada panjang gelombang tertentu). Panjang gelombang ini khusus dan spesifik untuk transisi elektron bagi unsur logam tertentu, sehingga setiap panjang gelombang hanya berkaitan dengan satu unsur logam. Oleh karena itu, teknik ini bersifat selektif untuk masing-masing logam. Prinsip ini berdasarkan Hukum Beer-Lambert, dan energi yang ditransmisikan menjadi signal yang terdeteksi pada detektor. Jumlah energi yang di transmisikan ini sebanding dengan konsentrasi logam (Lestari, 2010 *dalam* Dwipayani, 2015).

Spectrofotometer serapan atom (SSA) merupakan suatu alat yang teknik analisisnya berdasarkan absorpsi radiasi elektromagnetik. Spectrofotometer memiliki beberapa kelebihan dalam analisis logam berat karena: 1) analisisnya sering tidak memerlukan pemisahan pendahuluan dimana suatu unsur dapat ditentukan walaupun ada unsur lainnya, 2) cukup peka untuk mengukur kadar logam dalam jumlah mikro. Dalam spectrofotometri serapan atom berlaku juga hukum Lambert-Beer yang dituliskan dengan persamaan (Adijuana, 1989 *dalam* Dewi, 2009).

3 MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah akumulasi logam berat Hg pada air, sedimen, akar dan buah mangrove *Rhizophora mucronata*. Serta analisis kualitas air dan sedimen sebagai pendukung dari kehidupan mangrove *Rhizophora mucronata* yaitu: parameter fisika yang meliputi salinitas dan tekstur tanah; parameter kimia yang meliputi pH air, pH tanah dan DO.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam Penelitian Skripsi ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Alat dan Bahan yang Digunakan untuk Penelitian

	Parameter	Alat	Bahan	
Biologi	Akar, buah mangrove dan substrat	Pisau, paralon 20 cm dan cetok	Kertas label, plastik kresek dan plastik klip	
Fisika	Salinitas (ppt)	Refraktometer	Aquades dan tissue	
	Tekstur Tanah	Skop dan plastic	Kertas label dan tissue	
Kimia	Oksigen Terlarut (DO) (mg/L)	DO meter	Aquades dan tissue	
	pH Air	pH meter	Aquades dan tissue	
	pH Tanah	Skop dan plastic	Aquades dan tissue	
	Merkuri (Hg) (ppm)	-	- Lampu elektroda Hg	- Sampel substrat, air, akar dan buah mangrove
			- Timbangan Sartorius	
		- Oven	- Kertas saring	
		- Hot plate	- Aquades	
		- Beaker glass	- Larutan standart	
		- Labu ukur		
		- AAS		

3.3 Metode Penelitian

Dalam Penelitian ini menggunakan metode survei yang dilakukan secara langsung dengan mendatangi lokasi hutan mangrove Pancer Kawasan Cengkong, Desa Karangandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur, guna mengetahui kondisi lapang secara langsung. Kondisi lapang yang dimaksud adalah keadaan kawasan mangrove atau gejala – gejala yang berhubungan dengan penelitian nantinya akan membantu dalam pengumpulan data yang telah dirumuskan sebelumnya, serta kondisi dan aktivitas masyarakat di sekitar kawasan mangrove.

Metode survei adalah penyelidikan yang diperoleh untuk mendapatkan fakta dari gejala – gejala yang ada dan mencari keterangan – keterangan secara faktual, baik tentang kondisi sosial masyarakat atau kegiatan ekonomi misalnya seperti perdagangan dari suatu kelompok ataupun suatu daerah (Nazir, 2003 *dalam* Musdalifah, 2013).

3.3.1 Penetapan Stasiun Pengamatan

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu ditetapkan daerah – daerah tempat pengambilan sampel atau stasiun dengan melihat lokasi dan kondisi kawasan mangrove agar memudahkan mekanisme pengambilan sampel. Penentuan didasarkan atas daerah yang mendapatkan gangguan dari luar. Pada Penelitian ini terdapat 3 tempat lokasi pengambilan sampel, yaitu area ekowisata, dermaga, dan pinggir sungai. Penelitian dilakukan dengan 1 kali pengambilan sampel yaitu pada hari Minggu pukul 08.30 WIB dengan mengambil dari 9 pohon mangrove (*Rhizophora mucronata*). Pengambilan sampel yang dilakukan pada beberapa stasiun berbeda bertujuan untuk mendapatkan variasi data, menjaga keakuratan

hasil dan mengurangi *human error*, sedangkan pengambilan data pada pukul 08.30 WIB dikarenakan waktu tersebut mendekati air laut pasang sehingga memudahkan saat pengambilan sampel. Hal ini sesuai dengan Arikunto (2006), bahwa penentuan lokasi berdasarkan atas adanya tujuan tertentu dan sesuai dengan pertimbangan peneliti sendiri sehingga mewakili populasi.

3.4 Prosedur Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilakukan dua tahap, yaitu tahap pertama pengambilan sampel dilakukan di wilayah hutan mangrove Pancer kawasan Cengkong, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Tahap kedua yaitu analisis kandungan Hg di Laboratorium MIPA, Universitas Brawijaya, Malang, analisis tekstur tanah dan pH tanah di Laboratorium Pengembangan Agribisnis Tanaman Pangan dan Holtikultura, Lawang.

3.4.1 Prosedur Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan cetok atau menggunakan paralon dengan panjang >20 cm, sampel sedimen yang diambil merupakan sedimen pada bagian permukaan dasar perairan yang memiliki ketebalan sekitar 20 cm. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menggali tanah dengan kemiringan 30° sampai membentuk segitiga siku - siku. Sampel tanah diambil dari sisi tegak lurus segitiga. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pengambilan sampel sedimen. Kemudian sampel sedimen dimasukkan ke dalam plastik klip sebanyak 200 gram untuk masing – masing titik pengambilan sampel dan diberi label. Hal ini sesuai dengan pendapat Apriadi (2005), yang menyatakan

bahwa sampel tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik dan selanjutnya diukur kandungan Hg dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*).

3.4.2 Prosedur Pengambilan Sampel Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Sampel akar dan buah diambil masing – masing dari 3 pohon *Rhizophora mucronata* yang memiliki ukuran tinggi pohon berkisar 3 – 5 m dari setiap stasiun.

Cara pengambilan akar dan buah mangrove antara lain:

1. Akar

Sampel akar yang diambil adalah akar nafas (pneumatophora). Akar diambil dengan hati – hati menggunakan tangan dan pisau dari hutan mangrove Pancer Kawasan Cengkong, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Sampel akar dikumpulkan dari akar yang berukuran ≥ 4 cm, sebanyak 5 gr pada satu pohon.

2. Buah

Sampel buah yang diambil adalah buah yang sudah tua dan berwarna hijau. Buah dalam keadaan tua diharapkan memiliki kandungan nutrisi yang paling optimal sehingga diasumsikan pada ukuran tersebut sudah dapat dianalisa kandungan logam berat Hg nya. Sampel buah diambil sebanyak 2 buah dengan berat 5 gr.

3.4.3 Prosedur Pengambilan Sampel Air

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

3.5 Analisa Logam Berat Hg

Penentuan kandungan Hg pada sedimen, akar dan buah mangrove dianalisa menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*) di Laboratorium Kimia Dasar Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.

a. Analisa Hg pada Sedimen

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

1. Menimbang sampel sedimen ± 5 gr dengan timbangan sartorius untuk mendapatkan berat basar.
2. Mengoven sampel sedimen pada suhu $\pm 105^\circ$ selama 3 – 5 jam sampai mendapatkan berat konstan.
3. Menimbang berat konstan dengan timbangan sartorius sebagai berat kering.
4. Masukkan sampel yang sudah kering ke dalam *beaker glass* 100 ml.
5. Menambahkan HNO_3 dengan perbandingan 1:1 (HNO_3 : HCl) sebanyak ± 10 – 15 ml dan kemudian dipanaskan diatas *hot plate*.
6. Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml.
7. Mengulang proses penyaring sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam *beaker glass*.
8. Menganalisis sampel dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* pada panjang gelombang 283,3 nm dan mencatat hasilnya menggunakan satuan ppm.

b. Analisa Hg pada Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Analisa Hg pada akar dan buah mangrove (Housemethods FMIPA UB, 2015) adalah sebagai berikut:

1. Menimbang sampel akar dan buah ± 5 gr dengan timbangan sartorius untuk mendapatkan berat basah.
2. Mengoven sampel sedimen pada suhu $\pm 105^\circ$ selama 3 – 5 jam sampai mendapatkan berat konstan.
3. Menimbang berat konstan dengan timbangan sartorius sebagai berat kering.
4. Masukkan sampel yang sudah kering ke dalam *beaker glass* 100 ml.
5. Menambahkan HNO_3 dengan perbandingan 1:1 (HNO_3 : HCl) sebanyak ± 10 – 15 ml dan kemudian dipanaskan diatas *hot plate*.
6. Menyaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml.
7. Mengulang proses penyaring sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam *beaker glass*.
8. Menganalisis sampel dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* pada panjang gelombang 283,3 nm dan mencatat hasilnya menggunakan satuan ppm.

c. Analisa Hg pada Air

Prosedur yang dilakukan dalam analisa logam berat Hg pada air 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 kering lalu didinginkan.

3. Menambahkan 10 ml HNO_3 2,5 N, dipanaskan hingga mendidih dan didinginkan.
4. Menyaring sampel yang sudah didinginkan ke labu ukur 50 ml, menambahkan aquadest sampai tanda batas, dikocok sampai homogen.
5. Membaca sampel dengan menggunakan AAS memakai lampu Katoda yang sesuai dengan logam yang akan diuji.

3.6 Analisa Kualitas Air

Analisa kualitas perairan yang diukur merupakan parameter yang mendukung kehidupan mangrove yaitu terdiri dari parameter fisika meliputi suhu dan salinitas serta parameter kimia yang meliputi pH air dan DO (Oksigen Terlarut).

3.6.1 Parameter Fisika

a. Salinitas (Hariyadi *et al.*, 1992)

Prosedur pengukuran salinitas adalah sebagai berikut:

1. Mengkalibrasi kaca prisma refraktometer menggunakan aquades, keringkan menggunakan tissue. Menetesi kaca prisma dengan air sampel menggunakan pipet tetes.
2. Menutup penutup kaca prisma pada kemiringan 45° , agar tidak terdapat gelembung, diamati didaerah datangnya sumber cahaya, dicatat hasil salinitas pada skala disebelah kanan.

b. Tekstur Tanah

Analisis Tekstur Substrat menurut menurut Taqwa (2010), yaitu tekstur substrat sangat dipengaruhi oleh komposisi dari butiran liat, debu dan pasir. Pengambilan sampel substrat dilakukan pada masing-masing kerapatan. Analisa ukuran butir substrat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode mekanis untuk mengetahui prosentase fraksi substrat kasar ($d > 0,05$ mm) dan metode hidrometrik untuk melihat prosentase dari butiran debu dan liat.

3.6.2 Parameter Kimia

a. Derajat Keasaman Air (pH Air) (Hariyadi *et al.*, 1992)

Prosedur pengukuran pH adalah sebagai berikut:

1. pH meter dikalibrasi terlebih dahulu; Bilas elektroda dengan larutan penyangga pH 7,415 sebanyak tiga kali kemudian keringkan dengan kertas yang lembut, ukur pH larutan buffer dan atur alat sehingga skala pH menunjukkan angka 7,415.
2. Membilas elektroda dengan larutan penyangga pH 4,004 sebanyak tiga kali kemudian keringkan dengan kertas yang lembut, ukur pH larutan buffer dan atur alat sehingga skala pH menunjukkan angka 4,004.
3. Membilas elektroda dengan larutan penyangga pH 9,183 sebanyak tiga kali kemudian keringkan dengan kertas yang lembut, ukur pH larutan buffer dan atur alat sehingga skala pH menunjukkan angka 9,183.
4. Kemudian mencelupkan pH meter pada perairan di lapang, lalu Derajat Keasaman (pH) dapat langsung dibaca dari skala atau digital alat pH meter.

b. Derajat Keasaman Tanah (pH Tanah)

Cara kerja analisis pH yang dilakukan di Laboratorium UPT Pengembangan Agribisnis Tanaman Pangan dan Holtikultura, Lawang yaitu timbang 10 gr bahan, kemudian hancurkan dengan mortal martil sampai halus, kemudian tambahkan dengan aquades dan diamkan selama 10 menit. Saring larutan dan tamping filtrate pada labu takar 100 ml. Tambahkan aquades sampai batas. Masukkan dalam gelas kimia dan ukur dengan pH meter dengan cara mencelupkan probe pH meter yang telah dikalibrasi sebelumnya dengan buffer 4 dan buffer 7. Catat nilai pH yang tertera pada layar.

c. Oksigen Terlarut (DO) (Hariyadi *et al.*, 1992)

Prosedur pengukuran oksigen terlarut adalah sebagai berikut:

1. Menekan tombol power untuk menyalakan DO meter.
2. Mengkalibrasi sensor (probe) DO meter dengan aquadest dan lakukan pengaturan dengan menggeser tombol pada tulisan O₂, tunggu hingga menunjukkan angka 20,9, lalu dimatikan.
3. Menekan tombol power untuk menyalakan DO meter dan menggeser tombol pada satuan mg/l.
4. Menyelupkan sensor (probe) ke dalam perairan, tunggu hingga angka yang menunjukkan DO dan suhu berhenti.
5. Membaca angka yang tertera pada DO meter (jika angka tidak stabil, tekan tombol "HOLD").
6. Mencatat hasil pengukuran oksigen terlarut dengan satuan mg/l.

3.7 Analisa Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan regresi korelasi dengan model regresi linier sederhana, yaitu analisa yang mampu menjelaskan hubungan antara logam berat Hg pada variabel bebas (X) dengan logam berat Hg pada variabel terikat (Y). Hal ini digunakan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara variabel X terhadap variabel Y. Adapun persamaan model regresi linier berganda yang digunakan menurut Walpole (1995), yaitu:

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = Variabel terikat

a = Intersep atau perpotongan dengan sumbu tegak

b = Kemiringan atau gradien variabel bebas

X = Variabel bebas

3.7.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Untuk mengetahui kandungan logam berat dalam sedimen, akar dan buah maka data tersebut digunakan untuk menghitung kemampuan *Rhizophora mucronata* mengakumulasi logam berat Hg melalui tingkat biokonsentrasi faktor (BCF). Menurut Panjaitan (2009), akumulasi logam berat dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat dengan rumus :

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

Di perairan, faktor biokonsentrasi (BCF) adalah rasio konsentrasi bahan kimia dalam organisme dari konsentrasi kimia di perairan tersebut. BCF sering dinyatakan dalam suatu 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 organism perairan dan lingkungan perairan (Hemond dan Fecher, 2000 dalam Dwipayani, 2015).

3.7.2 Faktor Translokasi (TF)

Untuk memperoleh nilai BCF, maka selanjutnya melakukan perhitungan TF (perbandingan antara kandungan logam pada akar dan buah) untuk menentukan kemampuan tanaman *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi logam berat Hg sehingga dapat dikatakan sebagai bioakumulator logam berat Hg. Menurut Novia *et al.* (2013), untuk mengetahui nilai TF tersebut maka dihitung menggunakan rumus:

$$TF \text{ Cd} = \frac{Hg \text{ Buah}}{Hg \text{ Akar}}$$

Penghitungan nilai Faktor Translokasi (translocation factor/TF) juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk mentranslokasi 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 (Siahaan *et al.*, 2013 dalam Dwipayani, 2015).

3.7.3 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: $FTD = BCF - TF$.

Berdasarkan hasil perhitungan FTD pada penelitian Hamzah dan Pancawati (2013) dalam Dwipayani (2015), bahwa proses akumulasi dan mobilisasi logam dengan menggunakan jaringan akar dikenal dengan istilah fitostabilisasi. Cara kerja fitostabilisasi adalah menggunakan kemampuan akar mengubah kondisi lingkungan. Tumbuhan akan menghentikan pergerakan logam yang diserap dan diakumulasikan oleh akar.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kawasan Cengkong pesisir Desa Karangandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek yang memiliki batas – batas wilayah sebelah utara Desa Margomulyo, sebelah selatan Samudra Hindia, sebelah timur Desa Tasikmadu dan sebelah barat Kecamatan Munjungan.

Secara topografi, Desa Karangandu terbagi atas dataran 15 ha dan pegunungan atau perbukitan seluas 25 ha, jarak ke Kecamatan yaitu 4 km dan jarak ke Kabupaten 40 km, serta memiliki 2 dusun yakni Gading dan Gandu. Peta Desa Karangandu dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Penggunaan lahan sebagian besar digunakan untuk hutan lindung, sehingga masih banyak ditemui hutan lebat di sepanjang jalan. Penggunaan tanah fasilitas umum dapat dilihat pada **Tabel 4** sebagai berikut :

Tabel 4. Penggunaan Tanah Fasilitas Umum

No.	Penggunaan Tanah	Luas (Ha)
1.	Kas desa/kelurahan	
	Tanah bengkok	13
	Sawah desa	95
2	Lapangan olah raga	2
3	Perkantoran pemerintah	1
4	Tempat pemakaman desa	2
5	Pertokoan	0,50
6	Fasilitas pasar	1
7	Jalan	4
	Total luas	123

Sumber : Laporan Tahunan Desa Karangandu Tahun 2014

Tabel 5. Kondisi Hutan Desa Karanggandu

No.	Jenis Hutan	Kondisi Baik (Ha)	Kondisi Rusak (Ha)	Total (Ha)
1	Hutan Bakau/Mangrove	15	-	15
2	Hutan Produksi	50	-	50
3	Hutan Lindung	35	-	35
4	Hutan Suaka Marga Satwa	-	-	-
5	Hutan Suaka Alam	-	-	-

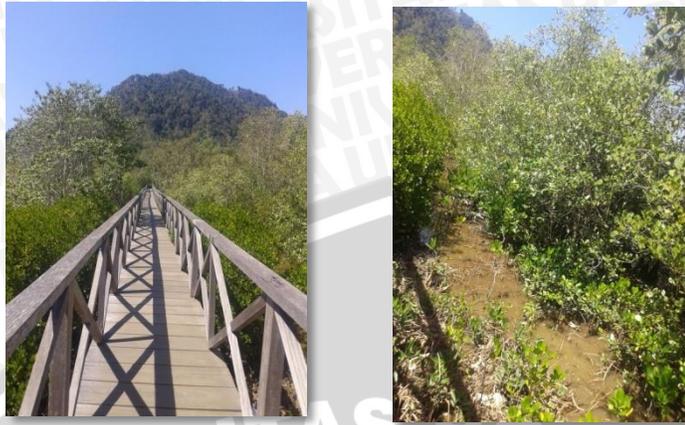
Sumber : Laporan Tahunan Desa Karanggandu Tahun 2014

4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

Pengambilan sampel perairan, sedimen, akar dan buah pada mangrove (*Rhizophora mucronata*) dilakukan pada 3 stasiun pengamatan di Hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong, Desa Karanggandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Penetapan stasiun pengamatan dipilih berdasarkan pada perbedaan limbah yang menghasilkan logam berat sehingga selanjutnya dapat dibandingkan antara ketiga lokasi pengamatan tersebut.

4.2.1 Stasiun 1 (Area Ekowisata)

Stasiun 1, merupakan lokasi yang paling jauh dari laut namun memiliki aktivitas yang cukup tinggi sehingga diasumsikan bahwa kadar logam pada stasiun ini berada pada kisaran sedang karena belum mengalami pengenceran dari air sungai. Stasiun 1 berada pada koordinat 111°11'4" LS – 8°30'38" BT. Lokasi pengambilan sampel pada stasiun 1 dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Stasiun 1 (Area Ekowisata)

4.2.2 Stasiun 2 (Dermaga)

Stasiun 2, merupakan lokasi yang terletak antara stasiun 1 dan stasiun 3, lokasi ini menjadi tempat para nelayan memperbaiki perahu. Lokasi ini merupakan muara sungai yang berhubungan langsung dengan laut sehingga air sungai telah mengalami banyak pengenceran oleh air laut. Stasiun 2 berada pada koordinat $111^{\circ}10'52''$ LS – $8^{\circ}30'38''$ BT. Lokasi pengambilan sampel pada stasiun 2 dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Stasiun 2 (Dermaga)

4.2.3 Stasiun 3 (Pinggir Sungai)

Stasiun 3, merupakan stasiun yang jauh dari aktivitas manusia sehingga diasumsikan bahwa kadar logam berat Hg tersebut memiliki nilai yang paling rendah dari stasiun 1 dan 2. Stasiun 3 berada pada koordinat $111^{\circ}10'39''$ LS – $8^{\circ}30'22''$ BT. Lokasi pengambilan sampel pada stasiun 3 dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Stasiun 3 (Pinggir Sungai)

Pada ketiga stasiun tersebut memiliki pengaruh masuknya logam berat ke dalam tanaman mangrove (*Rhizophora mucronata*) karena setiap lokasi pengambilan sampel memiliki kondisi yang berbeda.

4.3 Kadar Logam Berat Hg

Penelitian ini dilakukan pengukuran kadar logam berat Hg pada sampel air, sedimen dan mangrove (*Rhizophora mucronata*) yang diambil dari 3 stasiun dengan karakteristik kondisi lingkungan yang berbeda. Data hasil pengukuran kadar logam berat pada air, sedimen, akar dan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Kadar Logam Berat Hg pada Air, Sedimen, Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Stasiun	Sampel	Kadar Logam Berat Hg (ppm)			
		Air	Sedimen	<i>Rhizophora mucronata</i>	
				Akar	Buah
1	1	0,012	0,338	0,067	0,032
	2	0,007	0,261	0,099	0,044
	3	0,019	0,309	0,059	0,021
	Rata – rata	0,013	0,303	0,075	0,032
2	1	0,011	0,241	0,123	0,036
	2	0,015	0,289	0,052	0,024
	3	0,014	0,341	0,079	0,032
	Rata – rata	0,013	0,290	0,085	0,031
3	1	0,009	0,221	0,075	0,012
	2	0,015	0,317	0,091	0,036
	3	0,017	0,302	0,063	0,019
	Rata – rata	0,014	0,280	0,076	0,022
Standart		* < 0,003	** < 0,5	*** < 0,2	

Keterangan: * KMNLIH No. 51 tentang Baku Mutu Air Laut (2004)

** IADC/CEDA dalam Panjaitan (2009)

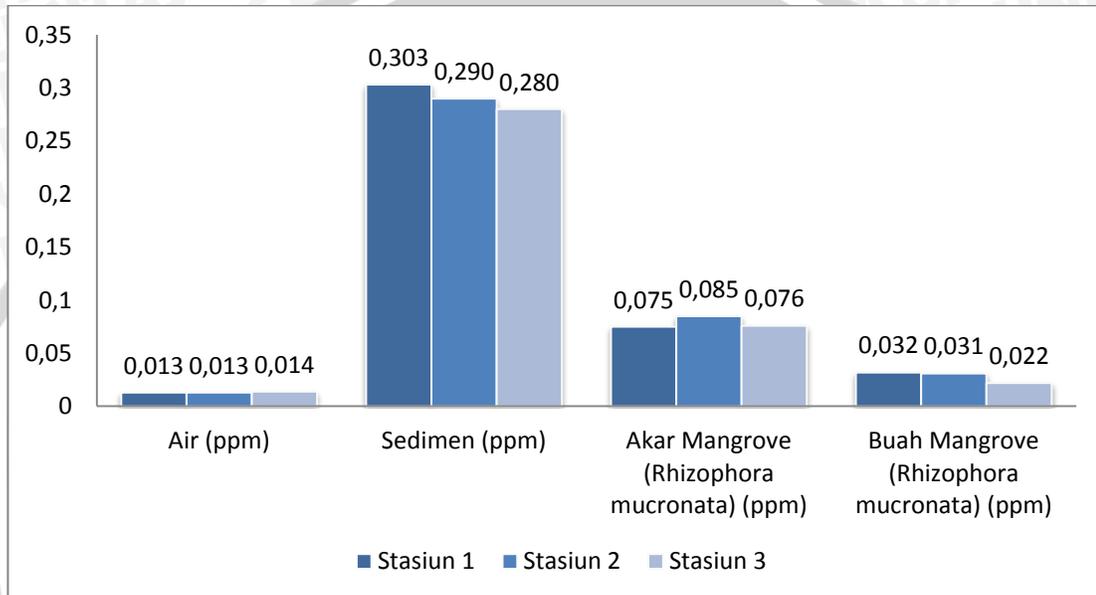
*** Standart Nasional Indonesia (2009)

Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh hasil yang beragam pada sampel air, sedimen, akar maupun buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) dari tiap stasiun. Nilai kandungan logam berat yang terdapat di perairan tergolong sudah melampaui baku mutu air tentang konsentrasi Hg yang sudah ditetapkan, sedangkan untuk nilai kandungan logam berat dalam sedimen, akar dan buah mangrove masih berada di bawah standart yang sudah ditentukan.

Data pada **Tabel 6** memperlihatkan bahwa hasil dari stasiun 1 merupakan stasiun yang memiliki nilai rata – rata logam berat lebih tinggi jika dibandingkan dengan stasiun 2 maupun stasiun 3.

4.3.1 Perbandingan Kadar Logam Hg Perairan, Sedimen, Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*) antar Stasiun

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa rata – rata kandungan logam berat Hg pada air, sedimen, akar dan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Logam Berat Hg pada Air, Sedimen, Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Data pada gambar di atas, terlihat bahwa rata – rata kandungan Hg pada perairan berkisar antara 0,013 – 0,014 ppm. Nilai tertinggi berada pada stasiun 3 sebesar 0,014 ppm. Stasiun 1 dan 2 memiliki nilai dengan kandungan logam berat Hg yang sama, yaitu sebesar 0,013 ppm. Hutan mangrove Pancer, stasiun 2 merupakan area dermaga yang diasumsikan memiliki kandungan logam berat paling tinggi karena aktivitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan stasiun lain, tetapi hasil penelitian membuktikan bahwa stasiun 3 yang merupakan pinggir sungai memiliki kandungan logam berat yang lebih tinggi, yaitu 0,014 ppm. Kondisi ini diduga karena pada stasiun 1 merupakan lokasi dengan tanaman mangrove yang

berlimpah, sehingga mampu menyerap zat – zat pencemar lebih banyak dan pada stasiun 2 telah mengalami pencemaran oleh air laut, sedangkan pada stasiun 3 limbah logam berat masih berasal dari air sungai itu sendiri. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chester (1990) dalam Maslukah (2006), bahwa proses pengenceran menyebabkan konsentrasi logam berat berubah jadi menurun di sepanjang daerah estuari, tergantung dari sumber utama logam yang berasal dari sungai, adanya proses pengenceran oleh air laut menyebabkan konsentrasi logam akan menurun.

Berdasarkan data pada **Gambar 8**, pada stasiun 1 diperoleh kadar logam berat Hg sebesar 0,013 ppm, pada stasiun 2 sebesar 0,013 ppm, sedangkan pada stasiun 3 sebesar 0,014 ppm. Hasil yang diperoleh dari ketiga stasiun menunjukkan kadar logam berat Hg pada perairan berada di atas ambang batas menurut nilai baku mutu yang dikeluarkan oleh KMNLH No. 51 (2004), mengenai batas minimum logam berat Hg pada perairan adalah sebesar $< 0,003$ ppm.

Logam berat yang masuk ke perairan pantai selain akan mencemari air juga akan mengendap di dasar perairan yang mempunyai waktu tinggal (*residence time*) sampai ribuan tahun dan logam berat akan terkonsentrasi ke dalam tubuh makhluk hidup dengan proses bioakumulasi dan biomagnifikasi (Darmono, 2001). Senyawa logam berat yang terlarut di dalam kolom air dapat diabsorpsi oleh partikulat dan masuk ke dalam sedimen yang terdiri dari penghancuran batuan dan rangka organisme laut (Hutabarat dan Evans, 1985).

Berdasarkan **Gambar 8**, dapat dilihat bahwa rata- rata kadar logam berat Hg pada sedimen berkisar antara 0,280 – 0,303 ppm. Nilai tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 0,303 ppm dan terendah berada pada stasiun 3 sebesar 0,280 ppm. Kondisi seperti ini diduga karena sedimen pada lokasi ini memiliki tekstur yang hampir sama dengan tekstur cukup halus, sehingga daya serap terhadap logam

berat Hg juga tinggi. Menurut Defew *et al.* (2004), menyatakan bahwa logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen bagi partikel yang berukuran halus. Tingginya kadar logam berat dalam sedimen menunjukkan bahwa terjadi akumulasi dalam sedimen. Hal ini terlihat dari komposisi (tekstur) sedimen tersebut yang berupa lumpur berwarna hitam, dimana lumpur tersebut mempunyai pori – pori yang cukup kecil, daya absorpsinya cukup tinggi sehingga kadar logam berat yang didapat cukup tinggi (Rochyatun *et al.*, 2006). Menurut Lindsey *et al.* (2005), logam berat yang terikat dalam sedimen relatif sukar untuk lepas kembali, sehingga semakin banyak jumlah sedimen maka semakin besar kandungan logam berat di dalamnya.

Berdasarkan **Gambar 8**, diperoleh hasil pada stasiun 1 yaitu sebesar 0,303 ppm, stasiun 2 sebesar 0,290 ppm dan stasiun 3 sebesar 0,280 ppm. Dari hasil yang diperoleh pada ketiga stasiun menunjukkan kadar logam berat Hg pada sedimen masih berada di bawah ambang batas menurut nilai baku mutu yang dikeluarkan oleh IADC/CEDA dalam Panjaitan (2009), mengenai batas minimum logam berat Hg pada sedimen yaitu sebesar $< 0,5$ ppm. Menurut Emiyarti (2004), adanya unsur logam berat yang terikat di dalam sedimen menunjukkan bahwa akumulasi sudah berlangsung lama sehingga memungkinkan terjadinya penumpukan bahan tertentu seperti logam berat.

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.*, 2012). Hutan mangrove melalui sistem perakarannya yang menghujam ke tanah dan menyebar luas diharapkan mampu berfungsi menyerap kandungan polutan terutama jenis logam berat di lingkungan perairan sekitarnya, sehingga daya racun polutan tersebut pada hutan mangrove dapat berkurang (Heriyanto dan Endro, 2011).

Berdasarkan **Gambar 8** dapat dilihat bahwa rata – rata kadar logam berat Hg pada akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) berkisar antara 0,075 – 0,085 ppm. Nilai tertinggi berada pada stasiun 2 sebesar 0,085 ppm, sedangkan nilai terendah berada pada stasiun 1 sebesar 0,075 ppm. Nilai yang didapatkan ini diduga diakibatkan oleh kondisi lingkungan yang hampir sama juga, sehingga menyebabkan serapan logam berat pada akar juga hampir sama pada masing – masing stasiunnya. Kondisi lingkungan tersebut seperti diantaranya seperti nilai salinitas yang sama – sama tinggi, tekstur sedimen yang hampir cukup halus dan juga pH tanah yang cukup rendah. Kadar logam berat yang terdapat pada akar akan kemudian akan di transportasikan ke organ lain seperti buah. Menurut Priyanto dan Prayitno (2009) dalam Hidayatus *et al.* (2014), menyatakan bahwa tanaman yang tumbuh di daerah tercemar logam dapat mengakumulasi logam berat tersebut melalui penyerapan dari akar, diikuti pembentukan senyawa kelat dengan protein yang disebut fitokelatin, mengumpulkan ke jaringan tubuh, kemudian mentransportasikannya ke batang, daun, buah dan bagian lainnya. Fitokelatin merupakan suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin.

Data pada **Gambar 8**, terlihat bahwa nilai tertinggi berada pada stasiun 1 sebesar 0,032 ppm, dan nilai terendah berada pada stasiun 3 sebesar 0,022 ppm. Tingginya kadar logam berat pada akar yang terletak pada stasiun 2 tidak

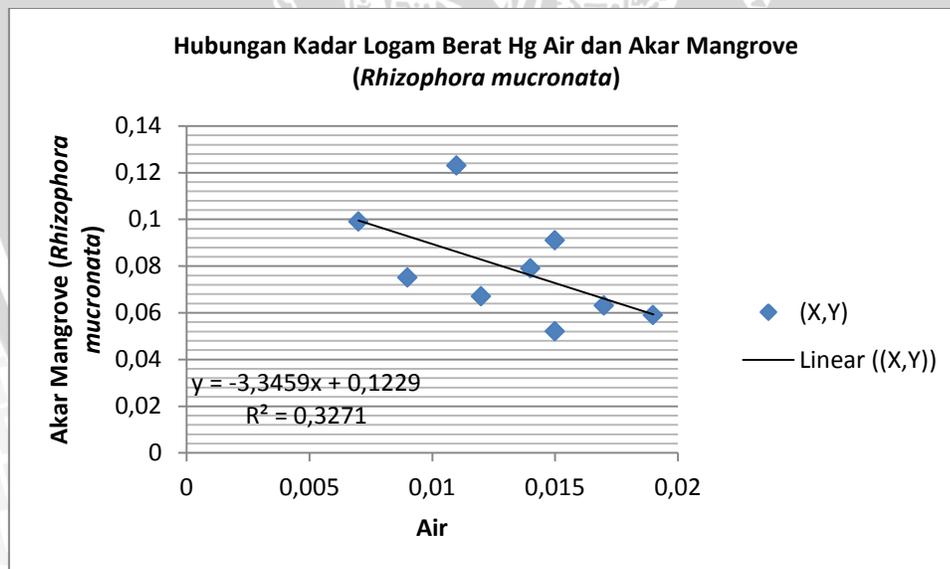
menyebabkan nilai kadar logam berat dalam buah pada stasiun 2 juga mendapatkan nilai tertinggi. Menurut Grant *et al.* (1998) dalam Moenir (2010), menyatakan bahwa pada konsentrasi tertentu logam berat dapat meracuni tanaman dan untuk mencegah terjadinya peracunan tersebut, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, yaitu dengan cara melokalisasi logam berat dalam jaringan tanaman tertentu dan berbeda antara satu tanaman dengan tanaman lainnya.

Bagian mangrove yang paling penting untuk mencegah masuknya pencemaran logam berat ke dalam bagian – bagian penting mangrove adalah akar. Hal ini menyebabkan berapapun tingginya konsentrasi pencemar logam berat yang ada dalam sedimen, jumlahnya dapat ditekan di dalam jaringan daun. Akar yang ada di dalam tanah melepaskan oksigen yang membentuk kepingan besi, yang menempel pada permukaan dan mencegah logam dari sedimen memasuki sel akar. Akar yang dimasuki oleh logam terjadi mekanisme yang membuat logam tidak bisa tersirkulasi secara bebas kedalam tanaman (Kathiresan dan Bingham, 2001 dalam Teguh *et al.*, 2013). Akibatnya, jumlah konsentrasi logam berat semakin berkurang dari akar ke buah.

Berdasarkan **Gambar 8**, akumulasi logam berat Hg dalam akar dan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) masih berada di bawah ambang batas yang ditentukan oleh SNI (2009), yaitu batas maksimum cemaran Hg dalam buah dan sayur adalah 0,2 ppm.

4.3.2 Hubungan Logam Berat Hg pada Air dan Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Hasil analisa regresi antara kadar logam berat Hg pada air (X) dengan akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) (Y) mempunyai koefisien korelasi (r) sebesar 0,571 (**Lampiran 3**) yang menandakan hubungan variabel X (air) mempunyai korelasi kuat Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,327 yang artinya kontribusi variabel X (air) mempengaruhi variable Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) sebesar 32,7% dan persamaan regresi yang terbentuk yaitu $Y = 0,122 - 3,345X$ menjelaskan bahwa setiap penurunan kadar logam berat Hg pada X (air) dapat meningkatkan kadar logam berat Hg pada Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) yaitu sebesar 3,345 yang artinya kontribusi variabel X (air) mempengaruhi variabel Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) yaitu sebesar 335%.



Gambar 9. Hubungan Logam Berat Hg pada Air dan Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

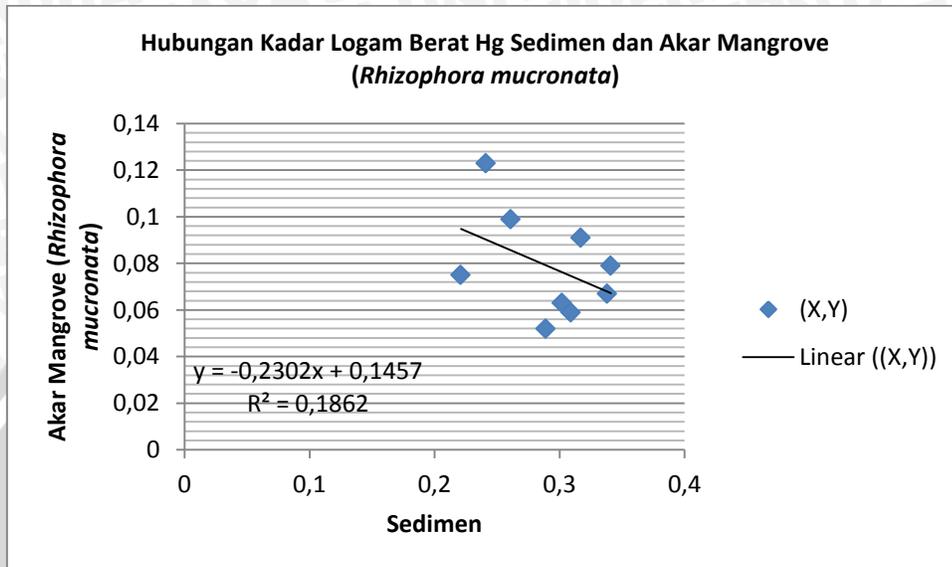
Kandungan logam berat Hg pada air akan meningkatkan kandungan logam berat Hg pada akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) yang akan menjadi berbahaya apabila dibiarkan dan tidak mendapatkan perhatian lebih karena akan mengganggu ekosistem dan lingkungan, maka akan berdampak pula pada organisme di dalamnya. Hal ini dibenarkan oleh pernyataan Suhendrayatna (2001), bahwa pencemaran logam berat di lingkungan dikarenakan tingkat keracunannya yang tinggi dalam seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Pada konsentrasi yang sedemikian rendah saja logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Logam berat dapat mengganggu kehidupan biota dalam lingkungan.

Kandungan kadar logam berat Hg di hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong menunjukkan bahwa logam berat Hg telah mencemari perairan lokasi tersebut.

4.3.3 Hubungan Logam Berat Hg pada Sedimen dan Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Hasil analisa regresi antara kadar logam berat Hg pada sedimen (X) dengan akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) (Y) mempunyai koefisien korelasi (r) sebesar 0,431 (**Lampiran 4**) yang menandakan hubungan variabel X (sedimen) mempunyai korelasi kuat Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,186 yang artinya kontribusi variabel X (sedimen) mempengaruhi variable Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) sebesar 18,6% dan persamaan regresi yang terbentuk yaitu $Y = 0,145 - 0,230X$ menjelaskan bahwa setiap penurunan kadar logam berat Hg pada X (sedimen) dapat meningkatkan kadar logam berat Hg pada Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) yaitu sebesar 0,230 yang artinya kontribusi

variabel X (sedimen) mempengaruhi variabel Y (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) yaitu sebesar 23%.



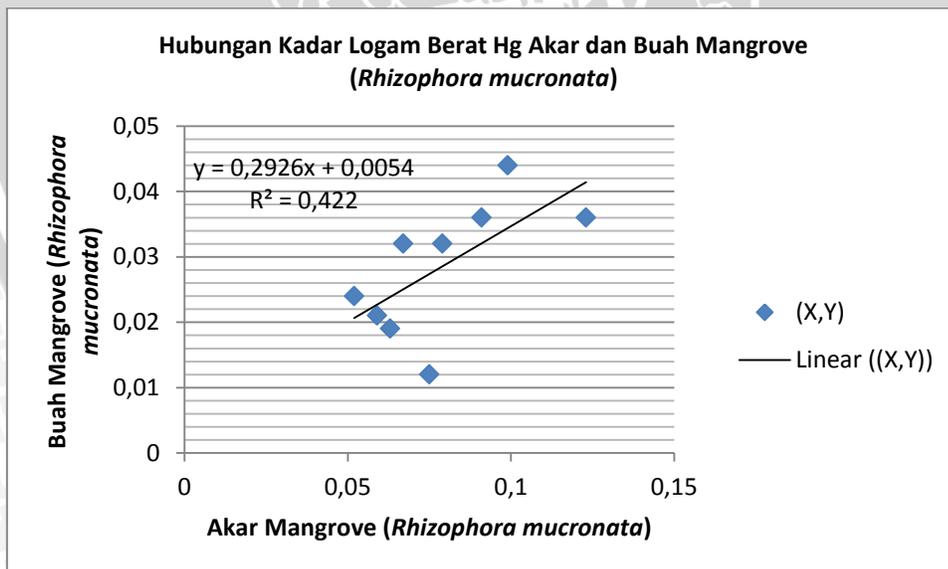
Gambar 10. Hubungan Logam Berat Hg pada Sedimen dan Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Kandungan logam berat pada perairan sangat mempengaruhi keberadaan logam berat pada sedimen. Tingginya kadar logam berat dalam sedimen menunjukkan bahwa terjadi akumulasi dalam sedimen. Dilihat dari tekstur dan warna tanah yang bertekstur lumpur berwarna hitam menandakan bahwa telah terjadi akumulasi logam berat dalam jangka yang cukup lama.

Menurut Lindsey *et al.* (2005), logam berat yang terikat dalam sedimen relatif sukar untuk lepas kembali, sehingga semakin banyak jumlah sedimen maka semakin besar kandungan logam berat di dalamnya.

4.3.4 Hubungan Logam Berat Hg pada Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Hasil analisa regresi antara kadar logam berat Hg pada akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) (X) dengan buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) (Y) mempunyai koefisien korelasi (r) sebesar 0,649 (**Lampiran 5**) yang menandakan hubungan variabel X (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) mempunyai korelasi kuat Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,422 yang artinya kontribusi variabel X (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) mempengaruhi variabel Y (buah mangrove (*Rhizophora mucronata*)) sebesar 42% dan persamaan regresi yang terbentuk yaitu $Y = 0,005 + 0,292X_1$ menjelaskan bahwa setiap kenaikan kadar logam berat Hg pada X (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) dapat meningkatkan kadar logam berat Hg pada Y (buah mangrove (*Rhizophora mucronata*)) yaitu sebesar 0,292 yang artinya kontribusi variabel X (akar mangrove (*Rhizophora mucronata*)) mempengaruhi variabel Y (buah mangrove (*Rhizophora mucronata*)) sebesar 29,2%.



Gambar 11. Hubungan Logam Berat Hg pada Akar dan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Kandungan logam berat Hg pada akar mangrove (*Rhizophora mucronata*) akan meningkatkan kandungan logam berat Hg pada buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) yang akan menjadi berbahaya apabila dibiarkan dan tidak mendapatkan perhatian lebih. Hal ini dibenarkan oleh pernyataan Subowo *et al.* (1999), bahwa adanya logam berat dalam tanah dapat menurunkan produktifitas dan kualitas yang dapat membahayakan kesehatan manusia yang dihasilkan dari tanah yang tercemar logam berat tersebut.

Kandungan kadar logam berat Hg di hutan Mangrove Pancer Kawasan Cengkong menunjukkan bahwa logam berat Hg yang terkandung telah mengalami pengendapan dalam jangka waktu yang cukup lama.

4.4 Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF) dan Fitoremidiasi (FTD)

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 Tam dan Wong (1996) dalam Kariada dan Andin (2014), bahwa tumbuhan mangrove sebagai fitostabilisator yang mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat dibagian akarnya dan bekerja menggunakan kemampuan akar untuk mengubah kondisi lingkungan. Tumbuhan akan menghentikan pergerakan logam yang diserap dan diendapkan. Proses tersebut yang nantinya dapat membantu mengurangi logam berat dalam rantai makanan (Hamzah dan Pancawati, 2013).

Tabel 7. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF) dan Fitoremediasi (FTD) Logam Berat Hg di Hutan Mangrove Pancer

Stasiun	Sampel	BCF	TF	TDF
1	1	0.198	0.478	-0.280
	2	0.379	0.444	-0.065
	3	0.191	0.359	-0.168
Rata – rata		0.256	0.427	-0.171
2	1	0.510	0.293	0.217
	2	0.180	0.462	-0.282
	3	0.232	0.405	-0.173
Rata – rata		0.307	0.387	-0.079
3	1	0.339	0.160	0.179
	2	0.287	0.396	-0.109
	3	0.209	0.302	-0.093
Rata – rata		0.278	0.286	-0.008

Keterangan:

- BCF : *Bioconcentration Factor* yaitu perbandingan kandungan logam berat antara akar dan sedimen.
- TF : *Translocation Factor* yaitu perbandingan kandungan logam berat antara akar dan buah.
- TDF : *Fitoremediation 1* yaitu selisih antara BCF_2 dengan TF.

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh bahwa hasil tertinggi berada pada stasiun 2 dengan nilai BCF sebesar 0,307, sedangkan nilai terendah berada pada stasiun 1 dengan nilai sebesar 0,256. Hal ini menunjukkan bahwa akumulasi logam berat yang relatif kecil dari sedimen ke akar mangrove. Berbeda dengan pendapat MacFarlane *et al.* dalam Kariada dan Andin (2014), bahwa sebagian studi menunjukkan korelasi yang signifikan antara kadar logam dalam sedimen dan logam di jaringan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mangrove menghindari penyerapan logam dalam sedimen.

Secara teori seharusnya kandungan logam dalam akar tanaman mangrove lebih besar dari kandungan dalam sedimen, akan tetapi kemungkinan akar yang terambil merupakan akar yang berada di luar tanah sehingga kandungan logam berat tidak sebesar yang berada dalam tanah. Seperti yang disampaikan oleh Krupadan *et al.* (2007), bahwa konsentrasi logam pada jaringan tanaman meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dalam tanah.

Menurut Kr'bek *et al.* (2011), mangrove merupakan *hyperaccumulators* yang baik, mangrove bukan saja mampu tumbuh di tanah dengan konsentrasi unsur beracun tinggi, tetapi mereka juga mengakumulasi unsur tersebut di dalam dalam organnya. Ekosistem mangrove memainkan peranan penting sebagai filter dan pengendali polusi alami karena kekhasan sistem akarnya yang berhasil mengendalikan kualitas air dan merupakan perangkap sedimen serta partikel yang diangkut oleh arus ke lautan. Nilai BCF 1 – 10 menunjukkan tumbuhan tergolong akumulator tinggi, 0,1 – 1 menunjukkan akumulator sedang, 0,01 – 0,1 menunjukkan tergolong akumulator rendah, dan $< 0,01$ tanaman tergolong nonakumulator (Malayeri *et al.*, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman mangrove (*Rhizophora mucronata*) tergolong bioakumulator sedang.

Stasiun 1 memiliki nilai TF sebesar 0,427, pada stasiun 1 nilai TF sebesar 0,387, sedangkan pada stasiun 3 nilai TF sebesar 0,286. Menurut Siahaan *et al.* (2013), menyatakan bahwa untuk menjadi tumbuhan hiperakumulator, besar faktor translokasi harus lebih dari 1. Ditambah oleh pernyataan Baker dan Brooks (1984) dalam Siahaan *et al.* (2013), bahwa tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi pada jaringan permukaan di habitat alaminya. Sehingga dengan demikian, dapat

dikatakan bahwa mangrove *Rhizophora mucronata* bukanlah tumbuhan hiperakumulator karena nilai TF pada ketiga stasiun adalah <1 .

Nilai FTD stasiun 1 sebesar $-0,171$. Nilai FTD stasiun 2 sebesar $-0,790$. Nilai FTD stasiun 3 sebesar $-0,008$. Nilai negatif yang didapat dikarenakan nilai TF yang lebih besar daripada nilai BCF. Menurut Kariada dan Andin (2014), bahwa rendahnya nilai FTD menunjukkan tingkat efektifitas biokonsentrasi logam oleh akar dan translokasi logam dari akar ke daun yang berimbang. Sedangkan nilai FTD yang tinggi digunakan untuk mengurangi polutan di dalam sedimen karena efektivitas akumulasi pada akar. Proses ini menggunakan kemampuan akar tanaman mangrove untuk mengubah kondisi lingkungan yang tercemar.



4.5 Analisa Kualitas Air

Pengamatan dan pengukuran kualitas air baik fisika (salinitas dan tekstur tanah) maupun kimia (pH air, pH tanah dan DO) mendukung kehidupan mangrove dan berpengaruh terhadap pencemaran logam berat. Data hasil pengukuran kualitas air dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Data Analisa Kualitas Air di Hutan Mangrove Pancer

Stasiun	Sifat Fisika Kimia							
	Perairan			Sedimen				
	Salinitas (ppt)	DO (mg/L)	pH	pH	Tekstur			Kelas Tekstur
					Pasir (%)	Liat (%)	Debu (%)	
1	30	7,3	8,75	5,99	22	38	40	Liat
					20	42	38	Liat Lempung Berdebu
					31	36	33	Liat Berlempung
2	37	9,2	9,5	7,12	50	17	33	Liat Berpasir
					53	28	19	Liat Berlempung
					45	24	31	Lempung
3	32	5,2	9,83	7,3	13	46	41	Liat
					25	42	33	Liat Lempung Berdebu
					32	39	29	Liat Berlempung

4.5.1 Parameter Fisika

a. Salinitas

Nilai salinitas pada pengamatan ini diperoleh hasil yaitu, pada stasiun 1 sebesar 30 ppt, pada stasiun 2 dengan nilai salinitas terbesar yaitu sebesar 37 ppt dan pada stasiun 3 sebesar 32 ppt. Salinitas merupakan parameter fisika yang penting untuk kehidupan biota dan organisme di perairan laut serta perairan payau. Penyebaran vegetasi mangrove ditentukan oleh berbagai faktor lingkungan, diantaranya adalah salinitas (Sukardjo, 1984). Perbedaan komposisi jenis mangrove di tiap kerapatan disebabkan oleh karakteristik dari masing – masing jenis terhadap habitatnya. Jarak setiap kerapatan dari garis pantai berbeda, sehingga dapat

mengakibatkan perbedaan salinitas substrat, frekwensi penggenangan oleh air pasang dan komposisi substrat (Taqwa, 2010).

Penurunan salinitas menyebabkan bioakumulasi semakin besar karena ketersediaan logam berat menjadi semakin meningkat (Hutagalung *et al.*, 1997). Pada salinitas yang rendah akan terjadi peningkatan konsentrasi kation logam bebas, karena yang membentuk molekul atau ion kompleks relatif kecil. Hal ini diduga dapat menyebabkan kenaikan toksisitas akut logam berat pada kondisi salinitas rendah. Penurunan salinitas akan meningkatkan toksisitas logam berat (Sullivan, 2000 *dalam* Yudiati *et al.*, 2009). Hal ini dikuatkan oleh pernyataan Bryan (1976) *dalam* Asia *et al.* (2015), bahwa salinitas perairan mempengaruhi keberadaan merkuri yang cenderung mudah berikatan dengan garam.

b. Tekstur Tanah

Prosentase hasil analisa tekstur tanah didapatkan nilai pada stasiun 1 pohon 1 yaitu pasir 22%, liat 38%, debu 40% tergolong dalam kelas tekstur liat, pohon 2 yaitu pasir 20%, liat 42%, debu 38% tergolong dalam kelas tekstur liat lempung berdebu, pohon 3 yaitu pasir 31%, liat 36%, debu 33% tergolong dalam kelas tekstur liat berlempung. Stasiun 2 pohon 1 yaitu pasir 50%, liat 17%, debu 33% tergolong dalam kelas tekstur liat berpasir, pohon 2 yaitu pasir 53%, liat 28%, debu 19% tergolong dalam kelas tekstur liat berlempung, pohon 3 yaitu pasir 45%, liat 24%, debu 31% tergolong dalam kelas tekstur lempung. Stasiun 3 pohon 1 yaitu pasir 13%, liat 46%, debu 41% termasuk dalam kelas tekstur liat, pohon 2 yaitu pasir 25%, liat 42%, debu 33% termasuk dalam kelas tekstur liat lempung berdebu, pohon 3 yaitu pasir 32%, liat 39%, debu 29% termasuk dalam kelas tekstur liat berlempung. Dari masing – masing stasiun memiliki kelas tekstur yang hampir sama yaitu liat, liat

lempung berdebu, liat lempung berpasir, lempung, liat berpasir dan liat berdebu. Hal ini sesuai dengan pendapat Sukardjo (1984), bahwa tanah hutan mangrove di Indonesia umumnya bertekstur liat, liat berlempung, liat berdebu dan lempung yang berupa lumpur yang tebal, dan yang terdapat di bagian tepi – tepi sungai, muara, parit dan hamparan lumpur. Pada tanah berlumpur lunak, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia* spp, *Avicennia* spp. tumbuh berlimpah.

Tekstur sedimen mempengaruhi kadar logam berat yang terkandung dalam sedimen, dimana sedimen dengan tekstur lempung berdebu lebih banyak terjadi pengendapan logam berat khususnya merkuri (Hg). Tekstur yang memiliki bentuk padat dan mudah mengikat logam berat dalam proses pengendapan (Novia *et al.*, 2013). Hal ini juga sesuai seperti pernyataan Rafni (2004), bahwa partikel sedimen yang halus biasanya mempunyai kandungan bahan pencemar yang tinggi. Harahap (1991) dalam Rachmawatie *et al.* (2009) menguatkan bahwa logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, sehingga biasanya kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air.

4.5.2 Parameter Kimia

a. Derajat Keasaman Air (pH Air)

Nilai pH pada pengamatan ini diperoleh hasil yaitu, pada stasiun 1 sebesar 8,75, pada stasiun 2 sebesar 9,5 dan pada stasiun 3 sebesar 9,83. Menurut Odum (1993), pH merupakan faktor pembatas bagi organisme yang hidup di suatu perairan. Perairan dengan pH yang terlalu tinggi atau rendah akan mempengaruhi ketahanan hidup organisme yang hidup didalamnya. Conell dan Miller (1995), menyatakan bahwa kenaikan pH di perairan akan diikuti dengan penurunan logam

berat, sehingga logam berat cenderung mengendap. Sebaliknya ketika pH air rendah maka racun dari logam berat akan meningkat.

Nybakken (1992) *dalam Asia et al.* (2015), menyatakan bahwa pH air laut biasanya bervariasi. Semakin kecil nilai pH maka semakin besar konsentrasi senyawa – senyawa bersifat asam, sedangkan peningkatan pH perairan ditandai dengan bergesernya kestabilan dari karbona ke hidroksida (basa) sehingga perubahan pH perairan akan mempengaruhi kelarutan dari logam berat merkuri di badan perairan. Peningkatan pH perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari merkuri, sebaliknya penurunan pH perairan dikhawatirkan akan meningkatkan kelarutan merkuri di perairan sehingga menyebabkan merkuri bertransformasi menjadi toksik yang lebih tinggi. Perubahan pH di perairan disebabkan karena masuknya polutan di perairan.

b. Derajat Keasaman Tanah (pH Tanah)

Nilai pH pada pengamatan ini diperoleh hasil yaitu, pada stasiun 1 sebesar 5,99, stasiun 2 sebesar 7,12 dan stasiun 3 sebesar 7,3. Kisaran nilai pH tanah lebih rendah bila dibandingkan dengan pH perairan. Perubahan pH erat kaitannya dengan proses biologi dan kimia yang terjadi dalam sedimen seperti dekomposisi yang menghasilkan ion hydrogen (Novia *et al.*, 2013). Semakin rendah nilai pH, maka keasaman tanah makin tinggi. pH tanah sangat berpengaruh terhadap aktivitas penyebaran logam berat dalam tanah. Dengan demikian kisaran pH rendah mengakibatkan tingginya kandungan merkuri (Hg) dalam tanah (Mirdat *et al.* 2013).

c. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut dibutuhkan semua jasad hidup untuk pernafasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2000). Menurut Odum (1971) dalam Salmin (2005), kadar oksigen di dalam air laut akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan akan berkurang dengan semakin tingginya salinitas.

Kandungan oksigen terlarut pada saat pengamatan diperoleh hasil yaitu pada stasiun 1 sebesar 7,3 mg/L, stasiun 2 sebesar 9,2 mg/L dan stasiun 3 sebesar 5,2 mg/L. Kandungan oksigen terlarut di perairan hutan mangrove Pancer tergolong dalam keadaan subur. Hal ini sesuai menurut KMNLH No. 51 Tahun 2004, bahwa baku mutu DO di perairan yaitu ≥ 5 mg/L. Menurut Wahyuni *et al.* (2013), menyatakan bahwa pengaruh oksigen terlarut terhadap logam berat yaitu berbanding terbalik dimana semakin rendah kadar oksigen terlarut, maka semakin tinggi toksisitas logam berat, begitu juga sebaliknya. Namun pada perairan yang diperuntukkan untuk perikanan sebaiknya kadar oksigen tidak kurang dari 5 mg/liter.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah kandungan logam berat Hg di Hutan Mangrove Pancer memiliki nilai akumulasi yang berbeda. Perairan memiliki peranan paling penting sebagai pengangkut zat pencemar logam berat Hg yang terakumulasi di dalam sedimen. Tingginya kandungan logam berat Hg pada sedimen mempengaruhi akumulasi logam berat Hg pada akar mangrove (*Rhizophora mucronata*), kemudian berpengaruh terhadap kandungan logam berat Hg pada buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) melalui proses translokasi. Tanaman mangrove (*Rhizophora mucronata*) tergolong dalam bioakumulator sedang ditinjau dari nilai BCF yang berada pada nilai antara 0,1 – 1, namun belum bisa dikatakan sebagai tanaman *hyperaccumulator* karena nilai TF belum melebihi 1.

5.2 Saran

Ekosistem mangrove memiliki kemampuan alami untuk membersihkan lingkungan dari berbagai bentuk zat pencemar, penggunaan tanaman mangrove sebagai tumbuhan penyerap logam berat dari perairan sangatlah tepat. Diperlukan upaya untuk melakukan pengawasan dan pengendalian serta reboisasi terhadap ekosistem mangrove agar lingkungan dapat mempertahankan potensi sumberdaya alam dengan seimbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. 2010. Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. *TEKNUBUGA*. 2(2): 53 – 65.
- Ali, M. dan Rina. 2010. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2 (2): 28 – 36.
- Alloway, B. J. 1990. *Heavy Metals In Soils*. John Willey and Sons, Inc. New York. ISBN 0470215984.
- Anwar. 1997. *Metode Penelitian*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cr Pada Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) Di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Arikunto. Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rhineka Cipta.
- Astorina, N. Y. D., Anny Setiani, dan Nurjazuli. 2013. Hubungan Paparan Merkuri (Hg) dengan Kejadian Gangguan Fungsi Hati pada Pekerja Tambang Emas di Wonogiri. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia* 12 (1).
- Ayu, W. F. 2009. Keterkaitan Makrozoobenthos dengan Kualitas Air dan Substrat di Situ Rawa Besar, Depok. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ayunda, Arini Tri, Erlinda Idriyani, dan Edi Susilo. 2012. Penerapan Konsep *Co – Management* Dalam Pengelolaan Kawasan Hutan Mangrove di Pantai Damas dan Cengkong Desa Karangandu, Kecamatan Watulimo, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur. Skripsi tidak diterbitkan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Azwar, S. 1997. *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta.
- Barus, Sedia Willing. 2011. *Jurnalistik, Petunjuk Teknis Menulis Berita*. Jakarta.

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Trenggalek. 2012
- Connel D. W. G. J., Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI – Press. Hal. 520.
- Cotton F. A. dan G. Wilkinson. 2013. Kimia Anorganik Dasar. UI Press. Jhon Willey dan Sons, Inc: New York.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press: Jakarta.
- _____. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. UI – Press: Jakarta.
- Defew, L. H., M.M. James, and M.G. Hector. 2004. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 547-552.
- Deri, Emiyarti, dan La Ode Alirman Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut*. 1(1). ISSN: 2303 – 3959 (38 – 48).
- Dewi, K. S. P. 2009. Kemampuan Adsorpsi Batu Pasir Yang Dilapisi Besi Oksida (Fe_2O_3) Untuk Menurunkan Kadar Pb Dalam Larutan. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 1 (1): 38 – 48.
- Dwipayani, Galuh Tutus. 2015. Akumulasi Logam Berat Cd Pada Akar, Batang, Daun Dan Buah Mangrove (*Sonneratia caseolaris*) Di Kawasan Mangrove Dusun Tlocor Desa Kedung Pandan Kecamatan Jabon Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Emiyarti. 2004. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. IPB: Bogor.
- Fathurrohmah, Septiana, Karina Bunga Hati, dan Bramantiyo Marjuki. 2011. Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Hutan Mangrove Sebagai Salah Satu Sumberdaya Wilayah Pesisir. Laporan Penelitian (Studi Kasus di Delta Sungai Wulan Kabupaten Demak). Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta.
- Fibrian. 2015. Pengertian pH Tanah, Zat Asam Dan Cara Penanggulangan Zat Asam. <https://fibrians26.wordpress.com/tag/pengertian-ph-tanah/>
- Fika, Yudha D. 2008. Studi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Di Tambak Sekitar Perairan Rejoso Kabupaten Pasuruan. Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri. Malang.

- Ghufran M. H., Kordi K. 2010. Nikmat Rasanya, Nikmat Untungnya – Pintar Budi Daya Ikan di Tambak Secara Intensif (bandeng, beronang, kakap, kerapu, nila). Andi Offset: Yogyakarta.
- Hariyadi, S., Suryadiputra dan B. Widigdo. 1992. Limnologi Metode Kualitas Air. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Hamzah, T. dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Lgam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. 2 (2): 41 – 52.
- Hamzah, Faisal dan Pancawati Yuli. 2013. Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. Vol. 18. No. 4
- Heriyanto, N. M. 2011. Kandungan Logam Berat Padatumbuhan, Tanah, Air, Ikan dan Udang di Hutan Mangrove. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman. 8(4): 197 – 205.
- Heriyanto, N. M. dan Endro Subiandono. 2011. Penyerapan Logam Berat Hg, Pb dan Cu oleh Jenis – Jenis Mangrove. Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi.
- Hidayatus. 2014. Analisa Logam Berat Hg, Cd dan Pb pada Air dan Sedimen di Perairan Pulau Panggang. Skripsi. IPB: Bogor.
- Hillel, D. 1982. Introduction to Soil Rhysics. Academic Press, Inc. San Diego. California.
- Hutabarat, S. dan Evans S. 1985. Pengantar Oseanografi. UI – Press: Jakarta.
- Hutagalung, H. P. 1991. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat. Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P30 – LIPI: Jakarta.
- Hutagalung, H. P., Setia Permana D. dan Riyono S. H. 1997. Metode Analisa Air Laut. Sediment dan Biota. Buku Kedua. Jakarta. P – 30. LIPI. 182: 59 – 77.
- IADC/CEDA. 1997. Convention, Codes, and Conditions: Marine Disposal. Environmental Aspects of Dredging 2a.
- Kariada, Nana T. M. dan Andin Irsadi. 2014. Peranan Mangrove sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. 2 (21): 188 – 189.
- KMNLH. 2004. Keputusan Kependudukan Dan Lingkungan Hidup Nomor: 51/MENLH/ 2004 Tahun 2004 Tentang Penetapan Baku Mutu Air Laut Dalam Himpunan Peraturan Di Bidang Lingkungan Hidup. Jakarta.

- Kr'bek, B., Mihaljevic, M., Sracek, O., Kne'sl. I., Ettlner, V. dan Nyambe, I. 2011. The Extent of Arsenic and of Metal Uptake by Aboveground Tissues of *Pteris vittata* and *Cyperus involutracus* Growing in Copper – and Cobalt – Rich Tailing of the Zambian Copperbelt. *Arch Environ Contam Toxicol*. 61: 228 – 242.
- Krupadan, Sulivan dan Bang. 2007. Kajian Teknik Analisis Merkuri yang Sederhana, Selektif, Prekonsentrasi dan Penentuannya secara Spektrofotometri. 4 (1): 49 – 54.
- Lindsey, H. D., James, M. M., Hector, M. G. 2005. An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin*, 50: 547–552.
- LPT (Lembaga Penelitian Tanah). 1979. Penuntun Analisa Fisika Tanah. Lembaga Penelitian Tanah. Bogor.
- Malayeri, Rosalina dan B. Jack. 2008. Konsentrasi Logam Berat Hg dan Pb pada Sedimen dan Tanaman. 32 (1): 21 - 39.
- Marzuki. 1983. Metodologi Riset. Fakultas Ekonomi Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Maslukah, L. 2006. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Pola Sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- MacFarlane G. R. dan Burchett M. D. 2011. Photosynthetic Pigments and Peroxidase Activity as Indicators of Heavy Metal Stress in the Grey Mangrove. 42 (3): 233 – 240.
- Mirdat, Yosep S, Patadungan dan Isrun. 2013. Status Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Tanah pada Kawasan Pengolahan Tambang Emas di Kelurahan Poboya, Kota Palu. ISSN: 2338 – 3011. 1 (2): 127 – 134.
- Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. 1(2): 115 – 123.
- Mohamad, E. 2013. Pengaruh Variasi Waktu Kontak Tanaman Bayam Duri terhadap Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd). *Jurnal Entropi*, VIII (1): 562-571.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Penerbit PT. Pradnya.
- Musdalifah, F. E. 2013. Hubungan Ikan Dengan Faktor Abiotiknya Di Sungai Brantas Bagian Hulu. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya: Malang.

- Novia, Frisca Trisnawaty, Emiyarti dan L. O. Alirman Afu. 2013. Hubungan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) pada Sedimen dengan Struktur Komunitas Makrozoobenthos di Perairan Sungai Tahi Ite Rarowatu Kabupaten Bombana. ISSN: 2302 – 3959. (2): 68 – 80.
- Nybakken, J. W. 1998. Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis. PT. Gramedia: Jakarta.
- Odum, E. P. 1993. Dasar – Dasar Ekologi. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta.
- _____. 2012. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta.
- Panjaitan, G. Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove. Skripsi. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara: Medan.
- Priyanto B. dan Prayitno J. 2006. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. <http://ltil.bppt.tripod.com/sublab/floral.htm>.
- Purnobasuki, Hery. 2012. Pemanfaatan Hutan Mangrove Sebagai Penyimpan Karbon. Dept. Biologi. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Purwanto. 2009. Evaluasi Hasil Belajar. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.
- Rachmawati, Z., Hidayah, dan I. W. Abida. 2009. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd) di Muara Sungai Porong Sebagai Area Buangan Limbah Lumpur Lapindo. Jurnal Kelautan. 2(1): 42 – 52.
- Rafni, R. 2004. Kajian Kapasitas Asimilasi Beban Pencemar di Perairan Teluk Jobokuto Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- 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.
- Ruijter J. dan Agus F. 2004. Tanah. Pidra. World Agroforestry Center
- Saeni, M. S. 1989. Kimia Lingkungan. Bogor. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayati. IPB.
- Salmin. 2000. Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Sungai Dadap, Goba, Muara Karang dan Teluk Banten dalam: Foraminifera sebagai Indikator Pencemar. LIPI P.30: 42 – 46.

- _____. 2005. Oksigen Terlarut dan Kebutuhan Oksigen Biologi sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. ISSN 0216 – 1877. 3 (30): 21 – 26.
- Saparinto, Cahyo. 2007. Pendayagunaan Ekosistem Mangrove. Dahara Price: Semarang.
- Sayfullah, Ageng. 2013. Anova Satu Arah dan Anova Dua Arah. Data Analysis Service Center.
- 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.
- Standart Nasional Indonesia (SNI). 2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat. SNI: 7387:2009.
- Subarijanti, H. U. 1994. Diktat Kuliah Limnology. NUFFIC/ UNIBRAW/ LUW/ FISH. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sudarmadji. 2004. Deskripsi Jenis – Jenis Anggota Suku Rhizophoraceae di Hutan Mangrove Taman Nasional Baluran Jawa Timur. 5(2). ISSN: 1412 – 033x (66-70).
- Suhendaryatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Sinergy Forum PPI Tokyo Institute of Technology.
- Sukardjo, Sukristijono. 1984. Ekosistem Mangrove. Oseana. 9(4). ISSN: 0216 – 1877: 102 – 115.
- Sunu, Pramudya. 2001. Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 1400. Grasindo: Jakarta.
- Tam , N. N. F. Y. dan Y. S. Wong. 1996. Retention and Distribution of Heavy Metals in Mangrove Soils Receiving Wastewater. Environmental Pollution, 94 (3): 283-291.
- Taqwa, A. 2010. Analisis Produktivitas Primer Fitoplankton Dan Struktur Komunitas Fauna Makrozoobenthos Berdasarkan Kerapatan Mangrove Di Kawasan Konservasi Mangrove Dan Bekantan Kota Tarakan, Kalimantan Timur. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Teguh, Michael A. S., Ambariyanto dan Bambang Yulianto. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) dengan Konsentrasi 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.

Undang – Undang. 1999. Undang – Undang No. 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan. Jakarta.

Undang – Undang. 2009. Undang – Undang No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta.

Wahyuni, H., S. B. Sasongko, dan D. P. Sasongko. 2013. Kandungan Logam Berat pada Air, Sedimen dan Plankton di Daerah Penambangan Masyarakat Desa Batu Belubang Kabupaten Bangka Tengah. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan.

WHO Regional Officer For Europe. 2000. Air Quality Guidelines. Second Edition. Copenhagen: Denmark.

Widowati, Wahyu. 2008. Efek Toksik Logam. Penerbit Andi: Yogyakarta.

Wulandari, A, 2006. Keterkaitan Akumulasi Logam Berat (Hg, Cd, Pd) Pada Kerang Laut (*Anadara granosa*, *Tcarhycardium* sp. dan *Meritrix meritrix*) di Perairan Ujungpanga, Jawa Timur. Departemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IOB. Bogor.

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

Yudiati, E., S. Sedjati, I. Enggar dan I. Hasibuan. 2009. Dampak Pemaparan Logam Berat Kadmium pada Salinitas yang Berbeda terhadap Mortalitas dan Kerusakan Jaringan Insang Juvenile Udang Vaname (*Litopeneus vannamei*). Jurnal Ilmu Kelautan. 14 (4): 29 – 35.

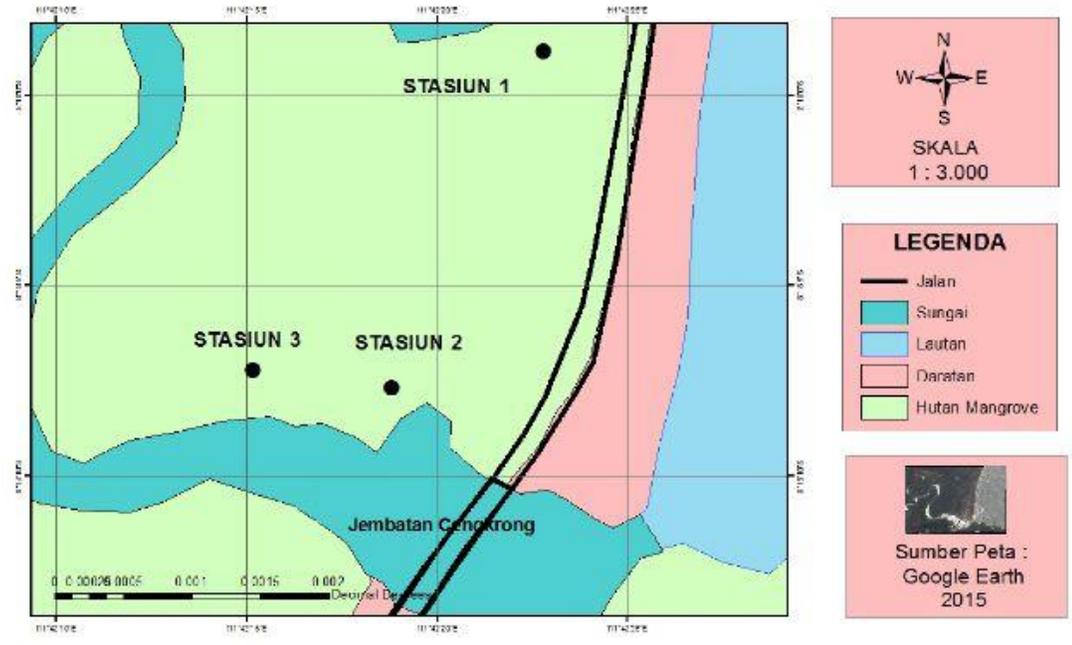
LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian



Lampiran 2. Denah Lokasi Pengambilan Sampel

**PETA WILAYAH CENKRONG KECAMATAN WATULIMO
KABUPATEN TRENGGALEK, JAWA TIMUR**



Lampiran 3. Perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF), Faktor Translokasi (TF) dan Fitoremediasi (FTD)

- Stasiun 1 (Area Ekowisata)

a. Pohon 1

$$BCF_{Hg} = \frac{(\text{Logam Berat Hg})_{Akar}}{(\text{Logam Berat Hg})_{Sedimen}}$$

$$= \frac{0.067}{0.338}$$

$$= 0.198$$

$$TF_{Hg} = \frac{(\text{Logam Berat Hg})_{Buah}}{(\text{Logam Berat Hg})_{Akar}}$$

$$= \frac{0.032}{0.067}$$

$$= 0.478$$

$$FTD = BCF_2 - TF$$

$$= 0.198 - 0.478$$

$$= - 0.280$$

b. Pohon 2

$$BCF_{Hg} = \frac{(\text{Logam Berat Hg})_{Akar}}{(\text{Logam Berat Hg})_{Sedimen}}$$

$$= \frac{0.099}{0.261}$$

$$= 0.379$$

Lampiran 3. Lanjutan

$$\begin{aligned}
 \text{TF}_{\text{Hg}} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Buah}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}} \\
 &= \frac{0.044}{0.099} \\
 &= 0.444
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FTD} &= \text{BCF}_2 - \text{TF} \\
 &= 0.379 - 0.444 \\
 &= -0.065
 \end{aligned}$$

c. Pohon 3

$$\begin{aligned}
 \text{BCF}_{\text{Hg}} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Sedimen}} \\
 &= \frac{0.059}{0.309} \\
 &= 0.191
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TF}_{\text{Hg}} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Buah}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}} \\
 &= \frac{0.021}{0.059} \\
 &= 0.359
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FTD} &= \text{BCF}_2 - \text{TF} \\
 &= 0.191 - 0.359 \\
 &= -0.168
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Lanjutan

- Stasiun 2 (Dermaga)

a. Pohon 1

$$BCF_{Hg} = \frac{(Logam\ Berat\ Hg)_{Akar}}{(Logam\ Berat\ Hg)_{Sedimen}}$$

$$= \frac{0.123}{0.241}$$

$$= 0.510$$

$$TF_{Hg} = \frac{(Logam\ Berat\ Hg)_{Buah}}{(Logam\ Berat\ Hg)_{Akar}}$$

$$= \frac{0.036}{0.123}$$

$$= 0.293$$

$$FTD = BCF_2 - TF$$

$$= 0.510 - 0.293$$

$$= 0.217$$

b. Pohon 2

$$BCF_{Hg} = \frac{(Logam\ Berat\ Hg)_{Akar}}{(Logam\ Berat\ Hg)_{Sedimen}}$$

$$= \frac{0.052}{0.289}$$

$$= 0.180$$



Lampiran 3. Lanjutan

$$\begin{aligned}
 TF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Buah}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}} \\
 &= \frac{0.024}{0.052} \\
 &= 0.462
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FTD &= BCF_2 - TF \\
 &= 0.180 - 0.462 \\
 &= -0.282
 \end{aligned}$$

c. Pohon 3

$$\begin{aligned}
 BCF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Sedimen}} \\
 &= \frac{0.079}{0.341} \\
 &= 0.232
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Buah}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}} \\
 &= \frac{0.032}{0.079}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FTD_2 &= BCF_2 - TF \\
 &= 0.232 - 0.405 \\
 &= -0.173
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Lanjutan

- **Stasiun 3**

- a. Pohon 1**

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

$$= \frac{0.075}{0.221}$$

$$= 0.339$$

$$\text{TF Hg} = \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{Buah}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{Akar}}$$

$$= \frac{0.012}{0.075}$$

$$= 0.160$$

$$\text{FTD} = \text{BCF}_2 - \text{TF}$$

$$= 0.339 - 0.160$$

$$= 0.179$$

- b. Pohon 2**

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

$$= \frac{0.091}{0.317}$$

$$= 0.287$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Lampiran 3. Lanjutan

$$\begin{aligned}
 TF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Buah}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}} \\
 &= \frac{0.036}{0.091} \\
 &= 0.396
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FTD_2 &= BCF_2 - TF \\
 &= 0.287 - 0.396 \\
 &= -0.109
 \end{aligned}$$

c. Pohon 3

$$\begin{aligned}
 BCF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Sedimen}} \\
 &= \frac{0.063}{0.302} \\
 &= 0.209
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TF_{Hg} &= \frac{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Buah}}{(\text{Logam Berat Hg}) \text{ Akar}} \\
 &= \frac{0.019}{0.063} \\
 &= 0.302
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FTD &= BCF_2 - TF \\
 &= 0.209 - 0.302 \\
 &= -0.093
 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Output Analisa Perbandingan Kadar Logam Berat Hg pada Air dengan Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

SUMMARY
OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.571886951
R Square	0.327054685
Adjusted R Square	0.23091964
Standard Error	0.019668437
Observations	9

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0.001316068	0.001316068	3.402033932	0.107638414
Residual	7	0.002707932	0.000386847		
Total	8	0.004024			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0.12290737	0.02486559	4.94286912	0.0016697	0.06410959	0.18170516	0.06410959	0.18170516
X Variable	-3.3459357	1.81404591	-1.8444603	0.10763841	-7.6354727	0.94360122	-7.6354727	0.94360122

Lampiran 5. Output Analisa Perbandingan Kadar Logam Berat Hg pada Sedimen dengan Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

SUMMARY
OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.431475379
R Square	0.186171003
Adjusted R Square	0.069909718
Standard Error	0.021629503
Observations	9

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0.000749152	0.000749152	1.60131554	0.246208371
Residual	7	0.003274848	0.000467835		
Total	8	0.004024			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept	0.145662139	0.053431478	2.726148385	0.029502354	0.019316769	0.272008	0.019317	0.272008
X Variable	-0.230224989	0.181934056	-1.26543097	0.246208371	-0.660430671	0.199981	-0.66043	0.199981

Lampiran 6. Output Analisa Perbandingan Kadar Logam Berat Hg pada Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*) dengan Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.649630261
R Square	0.422019476
Adjusted R Square	0.33945083
Standard Error	0.008209407
Observations	9

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.000344462	0.000344	5.111135	0.058264
Residual	7	0.000471761	6.74E-05		
Total	8	0.000816222			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.005428319	0.010541962	0.514925	0.622462	-0.0195	0.030356	-0.0195	0.030356
X Variable 1	0.292577866	0.12941446	2.260782	0.058264	-0.01344	0.598594	-0.01344	0.598594

Lampiran 7. Foto Kegiatan di Sekitar Hutan Mangrove Pancer



Gambar 4.1. Kawasan Sumberdaya Hutan Mangrove Pancer



Gambar 4.2 Pintu Masuk Kawasan Ekowisata



Gambar 4.3 Dokumentasi Pengambilan Sampel