

**AKUMULASI LOGAM BERAT SENG (Zn) PADA AKAR, DAUN, BUAH
MANGROVE *Sonneratia caseolaris* DAN *Avicennia alba* DI KAWASAN
MANGROVE PULAU DEM SIDOARJO, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

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

Oleh:

IZZATUL FITRIA

NIM. 125080100111097



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

**AKUMULASI LOGAM BERAT SENG (Zn) PADA AKAR, DAUN, BUAH
MANGROVE *Sonneratia caseolaris* DAN *Avicennia alba* DI KAWASAN
MANGROVE PULAU DEM SIDOARJO, 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**

**Oleh :
IZZATUL FITRIA
NIM.125080100111097**



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

SKRIPSI

AKUMULASI LOGAM BERAT SENG (Zn) PADA AKAR, DAUN, BUAH
MANGROVE *Sonneratia caseolaris* DAN *Avicennia alba* DI KAWASAN
MANGROVE PULAU DEM SIDOARJO, JAWA TIMUR

Oleh:
IZZATUL FITRIA
NIM. 125080100111097

Telah dipertahankan di depan penguji
Pada tanggal 20 Juni 2016
Dan dinyatakan telah memenuhi Syarat
SK Dekan No. :
Tanggal :

Dosen Penguji I

(Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H, MS)

NIP. 19570704 198403 2 001

Tanggal : 20 JUL 2016

Dosen Penguji II

(Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi., MP)

NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal : 20 JUL 2016

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Kusriani, MP)

NIP. 19560417 198403 2 001

Tanggal : 20 JUL 2016

Dosen Pembimbing II

(Ir. Putut Widjanarko, MP)

NIP. 19540101 198303 1 006

Tanggal : 20 JUL 2016

Mengetahui,

Ketua Jurusan MSP



(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal : 20 JUL 2016



PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang, Juni 2016

Mahasiswa

Izzatul Fitria
NIM. 125080100111097

UCAPAN TERIMA KASIH

Bismillahirrahmanirrahim.

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

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

- Yang teristimewa kedua orang tua tercinta H. Achmad Zainuddin dan Dra. Hj Sunnah Fariyah, M.si beserta adik saya tercinta Rahmad Ferdiansyah yang tidak ada hentinya memberikan do'a dan semangat sehingga perjalanan penelitian ini bisa lancar dan memiliki banyak hikmah
- Ibu Ir. Kusriani, MP selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ir. Putut Widjanarko, MP selaku dosen pembimbing II atas ketersediaan waktunya, kesabarannya dan segala ilmu serta semua nasehat yang diberikan selama penulisan skripsi
- Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H, MS selaku dosen penguji I dan Agus Maizar S.H., S.Pi., MP selaku dosen penguji 2 atas kritik dan saran yang telah diberikan.
- Koramil Jabon Sidoarjo atas bimbingannya ketika berada dilapang dan juga berkenan menyediakan perahu dalam pengambilan sampel mangrove
- Teman seperjuangan yang membantu dan mendukung penelitian saya Yuni Andhika Sari, Nila Eva, Siti Nafi'atul Romadhotin (U'ul).

- Orang yang memotivasi saya, Mochammad Hariyanto yang telah memberikan do'a, semangat, dorongan, motivasi, pesan dan nasehat kepada penulis selama menjalankan penelitian ini
- Seluruh keluarga besar MSP 2012 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu nama yang ada, akan tetapi keberadaan kalian didalam hidup penulis mengukir sebuah cerita tersendiri yang tidak akan terlupakan.
- Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuan, semangat hingga kelancaran proses penyelesaian tugas akhir ini

Semoga skripsi ini bermanfaat untuk para pembaca

Malang, Juni 2016

Penulis



RINGKASAN

IZZATUL FITRIA. Skripsi tentang Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) Pada Akar, Daun dan Buah Mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* di Kawasan Mangrove Sidoarjo, Jawa Timur (dibawah bimbingan **Ir. Kusriani, MP** dan **Ir. Putut Widjanarko, MP**).

Pengaruh pembuangan limbah industri serta buangan Lumpur Lapindo ke Perairan umum khususnya sungai Porong berpotensi mengandung logam berat Zn yang lebih tinggi. Tumbuhan mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* mempunyai kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi Zn dari lingkungan ke dalam tubuh melalui membrane sel, memiliki sistem perakaran besar dan luas dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah, sehingga mencegah tersebarnya bahan tercemar ke area yang lebih luas dan memungkinkan tersebarnya bahan pencemar secara fisik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan kandungan logam berat Zn di perairan, akar, daun dan buah *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* Di Kawasan Mangrove Pulau Dem Sidoarjo, Jawa Timur. Zn ditinjau dari nilai factor bioakumulasi (BAC), nilai faktor biokonsentrasi (BCF) dan nilai faktor translokasi (TF)

Penelitian dilakukan di kawasan hutan mangrove Pulau Dem Sidoarjo pada bulan Februari 2016. Metode yang digunakan adalah metode survei dengan pengambilan sampel secara langsung di beberapa titik dari 3 stasiun pengamatan yaitu stasiun daerah muara dekat sungai dan dermaga, stasiun 2 sebelah kiri pulau sarinah dan stasiun 3 dekat laut lepas. Sampel diambil secara *insitu* dari tiap stasiun meliputi sampel air, akar, daun dan buah mangrove *Sonneratia caseolaris* dan dianalisis kandungan logam berat Pb menggunakan metode AAS serta menganalisis parameter kualitas lingkungan yaitu pH air, salinitas, suhu, Oksigen terlarut dan tekstur tanah.

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Zn di air ketiga stasiun rata-rata sebesar 0,34 ppm yang berada dalam kisaran diatas baku mutu sebesar 0,008 ppm berdasarkan Kepmen LH No.51 Tahun 2004 untuk biota laut. Konsentrasi Zn di akar *Avicennia alba* rata-rata sebesar $1,75 \times 10^{-5}$, di daun sebesar $1,2 \times 10^{-5}$, di buah sebesar $0,7 \times 10^{-5}$. Sedangkan di akar *Sonneratia caseolaris* rata-rata sebesar $1,6 \times 10^{-5}$ ppm, di daun sebesar $1,5 \times 10^{-5}$, di buah rata-rata $0,9 \times 10^{-5}$ dengan hasil yang menunjukkan adanya perbedaan Zn pada kedua jenis mangrove tersebut dengan dibuktikan menggunakan perhitungan uji t statistik menunjukkan bahwa pada akar $F\text{-hit}(22,620) > F\text{-tab}(19,00)$ dan nilai $Thit(6986,03)$, $Ttab(4,30)$. Konsentrasi Zn pada daun menunjukkan adanya perbedaan dengan dibuktikan menggunakan uji T statistik dimana $F\text{-hit}(2,89) > F\text{-tab}(19,00)$ dan nilai $Thit(-4,37 \times 10^{13})$, $Ttab(2,78)$, sedangkan konsentrasi Zn pada buah juga menunjukkan ada perbedaan dimana $F\text{-hit}(2342,56) > F\text{-tab}(19,00)$ dan nilai $Thit(143348,07)$, $Ttab(4,30)$. Hasil pengukuran kualitas air lingkungan yaitu rata-rata nilai suhu adalah 27,9°C; nilai rata-rata salinitas yaitu 18 ppt; nilai rata-rata pH sebesar 7,69; dan rata-rata nilai DO sebesar 3,5 mg/l. nilai tekstur tanah didapatkan bahwa yang mendominasi adalah jenis liat.

Perhitungan nilai BAC pada mangrove jenis *Avicennia alba* yaitu sebesar $3,47 \times 10^{-5}$, sedangkan nilai BAC pada mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* sebesar $4,4 \times 10^{-5}$. Perhitungan nilai BCF pada mangrove jenis *Avicennia alba* sebesar 5×10^{-5} dan pada mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* sebesar $4,6 \times 10^{-5}$. Berdasarkan perhitungan nilai BCF, maka tanaman mangrove *Avicennia alba*

tergolong tumbuhan lebih baik dalam mengakumulasi logam berat Zn. Sedangkan perhitungan TF menunjukkan bahwa TF *Avicennia alba* sebesar 0,71 dan TF *Sonneratia caseolaris* sebesar 1,13. Tumbuhan *Avicennia alba* lebih baik dalam penyerapan logam berat Zn dikarenakan *Avicennia alba* berada pada urutan paling depan dari laut ke darat, sehingga berhadapan langsung dengan perairan, selain itu juga pada lokasi penelitian dan pada tiap stasiun akar nafas mangrove *Avicennia alba* lebih meluas. Hal ini juga mempengaruhi penyerapan logam berat, dimana akar yang meluas kemungkinan dapat menyerap lebih beragam.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan Judul “Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) Pada Akar, Daun dan Buah Mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* di Kawasan Mangrove Sidoarjo, Jawa Timur”. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang.

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

Malang, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Maksud dan Tujuan	6
1.4 Hipotesis	6
1.5 Manfaat	6
1.6 Waktu dan Tempat Penelitian	7
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Ekosistem Mangrove	8
2.1.1 Pengertian dan Habitat	8
2.1.2 Struktur dan Zonasi Hutan Mangrove	9
2.2 Morfologi dan Klasifikasi	11
2.2.1 <i>Avicennia alba</i>	11
2.2.2 <i>Sonneratia caseolaris</i>	12
2.3 Logam Berat Seng (Zn)	13
2.3.1 Logam Berat	13
2.3.2 Seng (Zn)	15
2.3.3 Logam Berat Zn di Perairan	17
2.3.4 Sumber Logam Zn	18
2.3.5 Kandungan Logam Berat dalam Perairan	20
2.3.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Zn dan Pengaruhnya pada Tumbuhan Mangrove	21
2.4 Parameter Kualitas Air	23
2.4.1 Parameter Fisika	22
2.4.2 Parameter Kimia	24



3. MATERI DAN METODE

3.1 Metode Penelitian	29
3.2 Ruang Lingkup Penelitian	29
3.3 Variabel Penelitian	30
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	30
3.5 Teknik Pengambilan Sampel	31
3.5.1 Penetapan Stasiun Pengambilan Sampel.....	31
3.5.2 Teknik Pengambilan Sampel Tanaman Mangrove <i>Sonneratia caseolaris</i> dan <i>Avicennia alba</i>	32
3.5.3 Teknik Pengambilan Sampel Air	33
3.6 Analisis Zn	33
3.6.1 Analisis Zn pada sampel Akar, Daun dan Buah	33
3.6.2 Analisis Zn pada sampel air	34
3.7 Prosedur Parameter Kualitas Air	34
3.7.1 Parameter Fisika	34
3.7.2 Parameter Kimia	35
3.8 Analisis Data	37
3.8.1 Faktor Biokonsentrasi (BAC)	37
3.8.2 Faktor Biokonsentrasi	37
3.8.3 Faktor translokasi	38
3.8.4 Perhitungan Uji T	38

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	40
4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan.....	41
4.2.1 Deskripsi Stasiun 1	41
4.2.2 Deskripsi Stasiun 2	41
4.2.3 Deskripsi Stasiun 3	42
4.3 Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn) Perairan.....	43
4.4 Kandungan Zn ²⁺ pada akar, daun dan buah <i>Avicennia alba</i> dan <i>Sonneratia caseolaris</i>	45
4.5 Kualitas air pada kawasan mangrove	48
4.5.1 suhu	49
4.5.2 salinitas	50
4.5.3 Derajat Keasaman(pH)	52
4.5.4 Oksigen Terlarut(DO)	53
4.6 Tekstur tanah.....	54
4.7 Analisis Data.....	54
4.6.1 Faktor Biokonsentrasi (BAC)	55
4.6.2 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	56

4.6.3 Faktor Translokasi (TF)	58
5. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	69



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	7
2. Variabel Penelitian	29
3. Alat dan Bahan yang Diperlukan digunakan dalam Penelitian	29
4. Hasil rata-rata kandungan logam berat Zn pada perairan	42
5. Hasil rata-rata kandungan logam berat Zn^{2+} pada akar, daun dan buah <i>Avicennia alba</i> dan <i>Sonneratia caseolaris</i>	44
6. Hasil parameter fisika kimia air dikawasan mangrove	47
7. Hasil Pengukuran Tekstur Tanah	54
8. Nilai Faktor Bioakumulasi (BAC) mangrove <i>Avicennia alba</i> dan <i>Sonneratia caseolaris</i>	56
9. Nilai Faktor Biokonsentrasi(BCF)	57
10. Nilai Faktor Translokasi(TF)	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pola Zonasi Mangrove.....	10
2. Stasiun 1.....	40
3. Stasiun 2.....	41
4. Stasiun 3.....	41
5. Kandungan Logam Berat Zn pada air	43
6. Grafik Suhu.....	48
7. Grafik Sallinitas.....	49
8. Grafik Derajat Keasaman(pH)	51
9. Grafik Oksigen Terlarut	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pengukuran Parameter Kualitas Air	69
2. Metode Penggunaan AAS	72
3. Dokumentasi Penelitian	73
4. Baku Mutu KepMen LH 51 2004	74
5. Perhitungan Kandungan Zn^{2+}	76
6. Perhitungan Uji T (akar)	78
7. Perhitungan Uji T (Buah)	81
8. Perhitungan Uji T (Daun)	83



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya. Mangrove juga merupakan tempat mencari makan, memijah dan berkembang biak bagi udang dan ikan serta kerang dan kepiting. Ekosistem mangrove bagi manusia juga bermanfaat baik secara langsung dan tidak langsung terhadap sosio-ekonomi penduduk sekitar. Selain itu, ekosistem mangrove juga berfungsi sebagai perangkap sedimen dan mencegah erosi serta penstabil bentuk daratan di daerah estuari (Harty, 1997). Disamping kegunaan mangrove yang begitu banyak, adapula usaha dan aktivitas lain yang menyebabkan luasan mangrove berkurang. Kegiatan ini seperti reklamasi pantai, pembukaan lahan untuk pertanian dan perikanan budidaya, industri serta pengembangan perumahan di daerah pesisir (Eong, 1995).

Menurut Nybakken (1993), hutan mangrove merupakan 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. Hutan mangrove meliputi pohon dan semak yang tergolong ke dalam 8 famili yang terdiri dari atas 12 genera tumbuhan berbunga yaitu *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Languncularia*, *Aegiceras*, *Aegiatilis*, *Snaeda* dan *Conocarpus* (Bengen, 2000).

Mangrove merupakan tumbuhan tropis yang tumbuh di daerah pasang surut dan sepanjang garis pantai, seperti tepi pantai, dan tepi sungai yang dipengaruhi oleh kondisi pasang surut air laut. Definisi lain dari mangrove adalah

pohon dan semak-semak yang tumbuh di bawah ketinggian air pasang tertinggi sampai dengan surut terendah. Mangrove termasuk varietas yang besar dari famili tumbuhan yang beradaptasi pada lingkungan tertentu (Gunarto, 2010). Menurut Nybakken (1992), hutan mangrove 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

Fungsi dan manfaat mangrove telah banyak diketahui baik sebagai tempat pemijahan ikan di perairan, pelindung daratan dan abrasi oleh ombak, pelindung dari tiupan angin, habitat satwa liar, tempat singgah migrasi burung, mengendapkan lumpur dan menyerap kandungan logam berat (Taryana, 1995).

Logam berat merupakan salah satu jenis polutan pencemar yang umumnya mencemari perairan dan berbahaya jika jumlahnya melebihi baku mutu yang ditetapkan. Pada dasarnya logam berat berbahaya karena sifatnya yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi oleh biota yang berada disekitarnya sehingga membawa dampak berbahaya bagi lingkungan (Wood, 1979 dalam Hamzah dan Setiawan, 2013). Jika di suatu daerah terakumulasi logam berat, maka sifat logam tersebut akan merusak lingkungan dan meningkatkan daya racun (MacFarlene dan Burchett, 2001 dalam Nazli dan Hashim, 2010).

Berdasarkan jenis pemanfaatannya oleh organisme logam berat dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu logam berat makro dan logam berat mikro. Logam berat mikro adalah logam berat yang dibutuhkan oleh organisme dalam jumlah tertentu seperti Logam berat Zn. Logam berat makro merupakan logam berat yang belum diketahui secara pasti fungsi dan kegunaannya bagi organisme dan bersifat racun apabila jumlahnya melebihi ambang batas seperti logam berat Cd, Pb, Cr dan Hg.

Menurut NAS (1974) dalam Hutagalung (1984). Nilai toksisitas logam berat berbanding lurus dengan kadarnya yang berarti semakin besar kadar logam berat maka semakin tinggi nilai toksisitasnya.

Pada dasarnya logam berat di perairan berasal dari berbagai sumber mulai dari tanah dan batuan, badan air bahkan pada lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Umumnya logam berat di perairan ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain dan sangat jarang ditemukan dalam bentuk elemen tunggal (Palar, 2012). Umumnya logam berat yang sering mencemari lingkungan perairan adalah Zn dalam bentuk mikro yang dapat digunakan untuk pertumbuhan di dalam jumlah yang sesuai batas aman (Tarigan *et al.*, 2003). Logam berat masuk kedalam perairan laut melalui aliran air sungai, angin, proses hidrotermal, difusi sedimen dan kegiatan antropogenik (Romimohtarto, 1994).

Kebutuhan seng sangat kecil, jika terjadi kelebihan sedikit saja tanaman akan keracunan. Unsur seng didalam tanaman tidak dapat dipindahkan dari jaringan tua ke jaringan yang muda sehingga gejala defisiensi akan terlihat lebih awal pada daun muda. Kegunaan seng sangat penting antara lain sebagai katalisator dalam pembentukan protein, mengatur pembentukan asam yang berfungsi sebagai zat pengatur tumbuh tanaman. Ketersediaan seng dalam tanah 1-20Ppm, sedangkan kebutuhan normal tanaman 25-125ppm. Gejala kekurangan seng dapat menyebabkan klorosis, ruas pada bagian pucuk lebih pendek, pembentukan bakal buah terhambat atau tanaman tidak dapat sama sekali berbuah, pembentukan warna kuning diantara tulang daun. kemudian diikuti kematian pada jaringan daun, ukuran menjadi lebih kecil, sempit dan menebal (Tarigan *et al.*, 2003).

Pemanfaatan ekosistem mangrove di estuari sebagai upaya pemeliharaan dan peningkatan kualitas lingkungan terhadap pencemaran logam berat dan dapat dilakukan dengan memanfaatkan karakteristik logam berat yang

mudah teradsorpsi dalam organisme hidup terutama mangrove. Mengingat mangrove merupakan ekosistem yang paling khas disuatu daerah muara estuari. Menurut Dahuri (2003), Walaupun banyak masukan sumber bahan pencemar, mangrove memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat. Hal ini menunjukkan bahwa mangrove secara aktif menyerap logam berat pada jaringan daun mangrove serta bagaimana efek akumulasi logam berat tersebut terhadap salah satu kondisi fisiologis tanaman, yaitu kandungan klorofil daunnya. Mangrove memiliki karakteristik yang khas karena memiliki daya *treatment* khas secara alami melalui organ akar (Kamaruzaman *et al.*, 2008).

Menurut Mastaller (1996) mangrove merupakan spesies yang khas dan berlimpah di daerah estuari dan memiliki kemampuan dalam menyerap bahan organik dan bahan anorganik ke dalam tubuhnya melalui membran sel pada akar, daun dan batang mangrove. Pemilihan jenis spesies, lokasi dan kondisi lingkungan menjadi pertimbangan tersendiri dalam usaha mencari spesies mangrove yang memiliki potensi dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungannya. Menurut MacFarland dan Burchret (2002) menyatakan bahwa akumulasi logam berat oleh spesies mangrove terdapat pada bagian akar yang tumbuh, batang dan daun.

Zink sangat berguna dalam sistem enzim, enzim aktivator dalam proses respirasi dan hormon pertumbuhan. Mills (1995) telah melakukan observasi terhadap beberapa logam berat yang masuk ke daerah estuari, dan hasilnya adalah sebagian besar logam yang masuk kedalam estuari berasal dari aktivitas industri antara lain Zn. Logam tersebut masuk kedaerah estuari dengan konsentrasi yang tinggi dengan peningkatan nilai konsentrasi sampai dengan 2000 $\mu\text{g Zn g}^{-1}$ didalam sedimen yang terkontaminasi (Irvine dan Birch, 1998). Sehingga untuk mengurangi pencemaran tersebut dibutuhkan reboisasi

mangrove secara terencana sebagai upaya penanggulangan pencemaran di daerah pesisir

Penelitian pendahuluan di kawasan Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur menunjukkan adanya kandungan logam berat terlarut jenis Zn yang telah melewati ambang batas (baku mutu) air laut. Berdasarkan data pendahuluan, kandungan logam berat Zn yang ada pada perairan memiliki rata-rata sebesar 0,141 ppm. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 tahun 2004 mengenai baku mutu air laut untuk biota laut, untuk kandungan Zn sebesar 0,05 mg/l. Penelitian ini menjelaskan tentang akumulasi logam berat Zn pada akar mangrove, daun mangrove dan buah mangrove *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia alba* di Di Kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Penelitian ini juga memberikan informasi kepada masyarakat sekitar tentang bagaimana kualitas perairan Kabupaten Sidoarjo dilihat dari parameter fisika, parameter kimia, dan parameter biologi.

1.2 Rumusan Masalah

Padatnya kegiatan industri di Sidoarjo menjadi penyebab potensial pencemaran logam berat khususnya Zn yang berasal dari padatnya aktivitas perindustrian. Salah satu usaha yang efektif untuk mengurangi pencemaran logam berat di lingkungan adalah dengan teknologi fitoremediasi menggunakan mangrove, dimana mangrove telah diketahui mampu mengakumulasi logam berat di lingkungannya. Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Adakah perbedaan akumulasi logam berat Zn pada akar, daun dan buah Jenis *Sonneratia Caseolaris* Dan *Avicennia Alba* Di Kawasan Mangrove Pulau

Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis perbedaan kandungan logam berat Zn di perairan, akar, daun dan buah Jenis *Sonneratia caseolaris* Dan *Avicennia alba* Di Kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

1.4 Hipotesis

Adapun hipotesis yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

H₀: Diduga tidak terdapat perbedaan akumulasi logam berat Zn pada akar, daun dan buah Jenis *Sonneratia Caseolaris* Dan *Avicennia Alba* Di Kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

H₁: Diduga terdapat perbedaan akumulasi logam berat Zn pada akar, daun dan buah Jenis *Sonneratia Caseolaris* Dan *Avicennia Alba* Di Kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dengan mengetahui tingkat pencemaran logam berat yang terjadi dapat memberikan informasi dan rujukan kepada pemerintah dalam menentukan kebijakan terhadap pengelolaan sumberdaya pesisir kawasan hutan mangrove secara terpadu untuk membatasi perkembangan pembangunan di sekitar wilayah tersebut.
2. Mahasiswa dapat mempelajari, mengetahui, dan menambah pengetahuan atau wawasan mengenai pencemaran kandungan logam berat Zn beserta

manfaatnya pada *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia alba*, sehingga dapat dijadikan sebagai bioakumulator terhadap lingkungan sekitar dan dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya

1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2016 di kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Analisa kandungan logam berat seng (Zn) dilakukan di Laboratorium FMIPA Universitas Brawijaya, Malang. Adapun jadwal penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Februari 2016				Maret 2016				April 2016			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pembuatan Proposal	■	■	■									
2.	Uji Pendahuluan				■								
4.	Uji sesungguhnya					■	■						
5.	Analisa hasil pengukuran sampel dan Penyusunan Laporan					■	■	■	■	■	■	■	■

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Mangrove

2.1.1 Pengertian dan Habitat

Menurut Adiwijaya (2009), mangrove adalah suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas tersebut di daerah pasang surut. Hutan mangrove adalah tipe hutan yang secara alami dipengaruhi oleh pasang surut air laut, tergenang pada saat pasang naik dan bebas dari genangan pada saat pasang rendah. Ekosistem mangrove adalah suatu sistem yang terdiri atas lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi. Sedangkan menurut Duke (1992) dalam Hiralal (2008), mangrove merupakan hutan atau kumpulan tanaman yang meliputi pohon jenis tropik, semak atau palem dimana tanaman tersebut ditengah-tengah laut dan di daratan dekat pantai. Jenis-jenis dari mangrove adalah jenis tanaman yang mampu beradaptasi dalam salinitas tertentu dengan sedimen yang masih menggenang oleh air laut .

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang hidup di daerah estuari, dimana daerah estuari merupakan daerah mangrove. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya. Mangrove juga merupakan tempat untuk mencari makan, memijah dan berkembang biak bagi udang, ikan, kerang dan kepiting. Ekosistem mangrove bagi manusia juga bermanfaat baik secara langsung dan tidak langsung terhadap sosio-ekonomi penduduk sekitar. Selain itu, ekosistem mangrove juga berfungsi sebagai perangkap sedimen dan mencegah erosi serta menstabilkan bentuk daratan di daerah estuari (Harty, 1997).

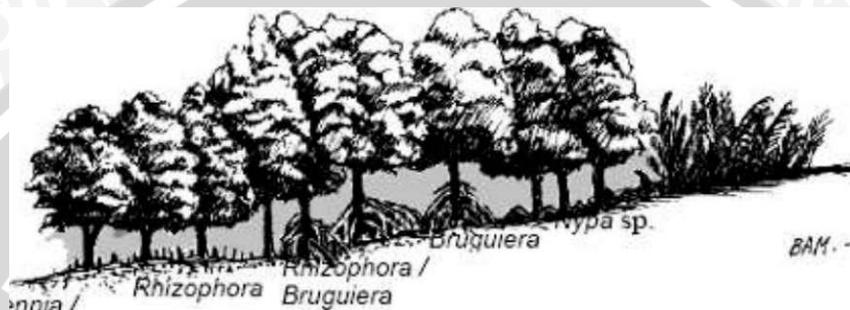
2.1.2 Struktur dan Zonasi Hutan mangrove

Keragaman jenis hutan mangrove secara umum relatif rendah jika dibandingkan dengan hutan alam tipe lainnya, hal ini disebabkan oleh kondisi lahan hutan mangrove yang senantiasa atau secara periodik digenangi oleh air laut, sehingga mempunyai salinitas yang tinggi dan berpengaruh terhadap keberadaan jenisnya. Jenis yang dapat tumbuh pada ekosistem mangrove adalah jenis halofit, yaitu jenis-jenis tegakan yang mampu bertahan pada tanah yang mengandung garam dari genangan air laut (Talib, 2008). Penjelasan tersebut diperkuat dengan pendapat Bengen dan Dutton (2004) bahwa zonasi mangrove dipengaruhi oleh salinitas, toleransi terhadap ombak dan angin, toleransi terhadap lumpur (keadaan tanah) dan frekuensi tergenang oleh air laut. Daya adaptasi tiap jenis akan menentukan komposisi jenis tiap zonasi.

Zonasi hutan mangrove yang masih alami menurut Arief (2003) pada umumnya membentuk zonasi mulai dari arah laut ke daratan berturut-turut, sebagai berikut :

1. Zona *Avicennia*, terletak pada lapisan paling luar dari hutan mangrove. Pada zona ini, tanah berlumpur lembek dan berkadar garam tinggi. Jenis *Avicennia* banyak ditemui berasosiasi dengan *Sonneratia* spp. Karena tumbuh di bibir laut, jenis-jenis ini memiliki perakaran yang sangat kuat yang dapat bertahan dari hempasan ombak laut. Zona ini juga merupakan zona perintis atau pioner, karena terjadinya penimbunan sedimen tanah akibat cengkaman perakaran tumbuhan jenis ini.
2. Zona *Rhizophora*, terletak di belakang zona *Avicennia* dan *Sonneratia*. Pada zona ini, tanah berlumpur lembek dengan kadar garam lebih rendah. Perakaran tanaman tetap terendam selama air laut pasang.

3. Zona *Bruguiera*, terletak di belakang Zona *Rhizophora*. Pada zona ini, tanah berlumpur agak keras. Perakaran tanaman lebih peka serta hanya terendam pasang naik dua kali sebulan.
4. Zona *Nypa*, yaitu zona pembatas antara daratan dan lautan, namun zona ini sebenarnya tidak harus ada, kecuali jika terdapat air tawar yang mengalir (sungai) ke laut.



Gambar 1. Pola Zonasi Mangrove (Adiwijaya, 2009)

Menurut Kitamura et al., (2003) mengatakan terdapat 32 jenis spesies mangrove sejati dan 20 asosiasi mangrove tumbuh subur di Indonesia. Jenis-jenis mangrove tersebut antara lain: *Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera parviflora*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Nypa fruticans*, *Xylocarpus granatum*, *Excoecaria agallocha*, *Pandanus furentus*, *Bruguiera cylindrica*, *Sonneratia alba*, *Xylocarpus moluccensis*, *Camptostemon schultzei*, *Myristica hollrungii*, *Heritiera littoralis*, *Manilkara fasciculata*, *Inocarpus fagiferus*, *Pandanus tectorius*, *Aegiceras corniculatum*, *Lumnitzera littorea* dan *Pemphis acidul*.

Pada sebagian besar hutan mangrove yang sudah dipengaruhi kegiatan manusia (antropogenik) pada umumnya zonasi sulit ditentukan, selain itu zonasi mangrove juga bisa dipengaruhi tingginya sedimentasi dan perubahan habitat. Dalam hal ini ketersediaan propagul diduga lebih berpengaruh dalam proses reproduksi mangrove akan bereproduksi apabila kondisi lingkungan cocok atau

sesuai. Hal ini berkaitan dengan daya adaptasi mangrove terhadap kondisi yang ekstrim dimana akan didominasi tumbuhan yang propagulnya paling banyak sampai di tempat tersebut (Djohan, 2001 *dalam* Setyawan, 2008).

2.2 Morfologi dan Klasifikasi

2.2.1 *Avicennia alba*

Avicennia alba merupakan tumbuhan yang biasanya mendominasi di daerah terbuka yaitu seperti tepi sungai atau daerah berlumpur. Dimana daerah tersebut merupakan daerah yang sangat mendukung bagi pertumbuhan tanaman mangrove, sehingga hal tersebut mempengaruhi hubungan geomorfologi dengan erosi pantai (Bird, 1986; Rodtassana dan Pounparn, 2012). Menurut Tomlinson (1996) *dalam* Mulyadi *et al.* (2009), pohon *Avicennia alba* telah dimasukkan dalam suku tersendiri yaitu *Avicenniaceae*, setelah sebelumnya dimasukkan dalam suku *Verbenaceae*, karena *Avicennia* memiliki perbedaan mendasar dalam bentuk organ reproduksi dan cara berkembang biak dengan anggota suku *Verbenaceae* lainnya.

Mangrove jenis *Avicennia alba* merupakan spesies mangrove yang berkayu, berbiji dan merupakan tanaman yang banyak ditemui di sepanjang garis pantai atau daerah intertidal termasuk daerah estuari dan laguna. Jenis ini memiliki cara adaptasi yang unik yaitu dapat berkembang biak di lingkungan yang tanaman lain tidak bisa tumbuh (Kamaruzzaman, 2011). *Avicennia* spp. memiliki sistem perakaran yang unik dan berfungsi sebagai habitat organisme yang hidup di daerah mangrove, selain itu akar dari *Avicennia* spp. juga berfungsi sebagai *nursery ground* untuk juvenil-juvenil ikan dan udang. Oleh sebab itu *Avicennia alba* mempunyai peranan penting baik secara langsung maupun tidak langsung dari segi sosio-ekonomi. *Avicennia alba* juga

menyediakan mitigasi erosi dan stabilisasi untuk bentang alam pesisir yang berdekatan (Harty, 1997 dalam Kumar *et al.*, 2011).

Berjak *et al.*, (1977) mengemukakan bahwa cara adaptasi yang tinggi terhadap habitat yang luas dari *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* dengan sistem perakaran yang dangkal yaitu berbentuk cakar ayam dan tidak mempunyai pusat. Tetapi memiliki sederet cabang akar berbentuk pensil yang tumbuh tegak lurus ke permukaan substrat secara horizontal yang keluar dari pangkal batang di kedalaman 200-500 mm di bawah permukaan tanah dan juga berfungsi sebagai jangkar pohon pada substrat yang lembek. Karakteristik dari cabang akar ini disebut *pneumatophores* dengan rata-rata ketinggian 10-15 cm dan berdiameter 6 mm. Amaliyah (2008) menjelaskan dalam penelitiannya, bahwa tanaman mangrove jenis *Avicennia alba* memiliki akar napas (*pneumatophor*) yang berperan dalam sistem aerial. Penonjolan *pneumatophor* yang tumbuh secara horizontal dari akar kawat menyebabkan rawan terjadi kerusakan.

2.2.2 *Sonneratia caseolaris*

Sonneratia caseolaris merupakan jenis mangrove yang termasuk kedalam kelompok mayor, yaitu komponen yang hanya ada pada lingkungan mangrove dan tidak terdapat pada komunitas daratan yang lain (Kustanti 2011). Nama lokal dari *Sonneratia caseolaris* adalah pedada, perepat, pidada, Sogem, rambai, wahat merah dan posi-posi merah. *Sonneratia caseolaris* memiliki pohon dengan ketinggian mencapai 15 meter dan memiliki akar napas vertikal seperti kerucut yang tingginya bisa mencapai 1 meter. Pedada memiliki tangkai daun kemerahan, lebar dan sangat pendek serta letaknya berlawanan. Pucuk bunganya berbentuk bulat telur yang terletak diujung, daun mahkota berwarna merah dan mudah rontok, buahnya seperti bola, mempunyai tangkai dan bagian

dasarnya terbungkus kelopak bunga. *Soneratia caseolaris* tumbuh di bagian yang kurang asin di hutan mangrove, disepanjang sungai kecil dengan air yang mengalir pelan dan terpengaruh pasang surut serta di area yang didominasi oleh air tawar dengan salinitas kurang dari 10%. Penyebarannya dari Sri Lanka, seluruh Asia Tenggara, termasuk Indonesia, Malaysia, Filipina hingga Australia (Noor *et al.*, 1999).

Pedada memiliki tiga jenis, yaitu *S. alba*, *S. caseolaris*, *S. ovata*. Kadang-kadang daun muda ke tiga jenis tersebut dapat disayur dan atau dimakan mentah sebagai lalap. Pneumatofornya yang masih muda dikenal pula sebagai sumber obat dan jamu. Seduhan air buahnya dan pneumatofor dikenal pula sebagai obat untuk menghaluskan kulit dan menjaga ketahanan kulit terhadap sengatan panas matahari. Air buah *S. caseolaris* yang telah difermentasikan digunakan sebagai obat untuk menghentikan pendarahan, sedangkan air buah setengah matang bermanfaat sebagai obat batuk (Sukardjo, 1984).

2.3 Logam Berat Seng (Zn)

2.3.1 Logam Berat

Logam berat menurut Connell dan Miller (1995) dalam Wibowo (2010), merupakan suatu logam dengan berat jenis lebih besar dari 5 gr/cm³ dan mempunyai nilai atom lebih besar dari 21 dan terletak di bagian tengah daftar periodik. Memiliki karakter yang lunak, berkilau, daya hantar panas dan listrik yang tinggi, bersifat kimiawi, yaitu sebagai dasar pembentukan reaksi dengan asam. Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria - kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaan terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini masuk atau diberikan ke dalam tubuh organisme hidup (Heryanto, 2004). Logam berat banyak ditemukan di daerah

zona intertidal yang berasal dari transportasi *fluvial*, deposisi atmosfer dan buangan air limbah (Feng *et al.*, 2004).

Secara umum, logam berat untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan dibagi menjadi dua yaitu logam esensial dan non esensial (Hamzah dan Setiawan, 2010). Sumber utama *anthropic* logam berat (termasuk yang ada di alam) berasal dari aktivitas yang berkaitan dengan residu (terutama Cr, Cu, Pb, Zn, Mn, dan Ni), bahan bakar fosil (Cu, Ni, Pb), pengolahan industri besi dan baja (Cr dan Zn), pupuk (Cu, Fe, Mn, Ni, dan Zn) dan buangan limbah (Zn, Mn dan Pb) (Ribeiro *et al.*, 2006).

Logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), cadmium (Cd), kromium (Cr), seng (Zn), dan nikel (Ni), merupakan salah satu bentuk materi anorganik yang sering menimbulkan berbagai permasalahan yang cukup serius pada perairan. Penyebab terjadinya pencemaran logam berat pada perairan biasanya berasal dari masukan air yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri dan pertambangan (Ali dan Rina 2010). Urutan tingkat toksisitas logam berat tersebut berturut-turut adalah Hg, Cd, Pb, As, Cu, dan Zn (Fajri, 2001).

Logam berat tidak dapat terbiodegradabel dan akan mengendap di dalam sedimen dalam jangka waktu yang lama (MacFarlene and Burchett, 2001). Faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar menurut Darmono (1995), karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi. Babich dan Stotzky (1978) dalam Darmono (1995) mengemukakan bahwa berbagai faktor lingkungan berpengaruh terhadap logam berat yaitu keasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral liat, dan unsur lain. pH merupakan faktor penting yang menentukan transformasi logam. Penurunan pH secara umum dapat

meningkatkan ketersediaan logam berat kecuali Mo dan Se (Klein dan Trayer, 1995 dalam Darmono, 1995).

Organisme yang pertama terpengaruh akibat penambahan polutan logam berat ke tanah atau habitat lainnya adalah organisme dan tanaman yang tumbuh di tanah atau pada habitat tersebut. Dalam ekosistem alam terdapat interaksi antar organisme baik interaksi positif maupun negatif yang menggambarkan bentuk transfer energi antar populasi dalam komunitas tersebut. Dengan demikian pengaruh logam berat tersebut pada akhirnya akan sampai pada rantai makanan tertinggi yaitu manusia (Saeni, 1997).

2.3.2 Seng (Zn)

Seng (Zn) termasuk dalam kelompok logam berat. Seng (Zn) mempunyai nomor atom 30, berat atom 65,37 dan seng memiliki valensi +2. Titik cair Zn berada pada suhu 419,6°C dan titik leburnya pada suhu 906°C (Heslop dan Robinson, 1960). Seng memiliki konfigurasi elektron $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$ dan merupakan unsur golongan 12 tabel periodik. Seng cukup reaktif dan merupakan reduktor kuat. Seng secara umum memiliki keadaan oksidasi +2. Ketika senyawa dengan keadaan oksidasi +2 terbentuk, elektron pada kelopak elektron terluar s akan terlepas, dan ion seng yang terbentuk akan memiliki konfigurasi $[\text{Ar}]3d^{10}$. Hal ini mengizinkan pembentukan empat ikatan kovalen dengan menerima empat pasangan elektron dan mematuhi kaidah oktet. Stereokimia senyawa yang dibentuk ini adalah tetrahedral dan ikatan yang terbentuk dapat dikatakan sebagai sp^3 . Pada larutan akuatik, kompleks oktahedral, $[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$, merupakan spesi yang dominan. Seng dapat dikatakan logam berat karena memiliki densitas 7,135 yang berarti lebih dari 5 gr/cm^3 . Logam berat Zn merupakan suatu logam berat putih keperakan dan dapat larut dalam air. jika dilihat dari deretan volta, logam berat Zn berada pada sebelah kiri yang artinya merupakan logam berat

yang mudah mengalami oksidasi (reduktor). Sumber logam berat Zn terbagi dua yaitu: (1) secara alamiah dapat berasal dari batu dan lumpur lahar, (2) berasal dari aktivitas manusia seperti: proses produksi elektroda, baterai kimia, dan juga dalam air buangan penambangan logam berat serta industri baja besi. Logam berat seng dimanfaatkan dalam produksi cat, bahan keramik, gelas, lampu dan pestisida (Darmono,1995).

Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri alloy, keramik, kosmetik, pigmen dan karet (Hardjojo dan Djokosetiyo. 2005). Pada dasarnya Zn bukanlah unsur radioaktif sehingga unsur tersebut pada konsentrasi rendah memiliki fungsi secara biologis. Hal tersebut karena Zn memiliki daya afinitas yang tinggi dan rendah untuk mengikat enzim. Zn dibutuhkan untuk proses metabolisme dalam tubuh, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Bagi mikroorganisme termasuk mikroalga, Zn berfungsi sebagai penstabil struktur dari protein, reaksi redoks dan hidrolisis serta menjadi pemicu suatu rangkaian proses.

Menurut keputusan MENLH ambang batas logam berat Zn dalam air limbah adalah 5 ppm untuk kualitas ringan dan 10 ppm untuk kualitas berat. Limbah industri yang mengandung logam Zn di buang ke perairan dalam jumlah banyak. maka dapat menimbulkan pencemaran perairan. Senyawa Zn mempunyai kemampuan yang relative tinggi untuk melarutkan sehingga logam tersebut tersebar luas di perairan (Llyod, 1992 dalam Damaiyanti, 1997). Apabila konsentrasi logam berat Zn dalam perairan berada pada konsntrasi yang tinggi. maka kemungkinan besar logam Zn dapat terakumulasi dalam tubuh biota air.

Pada konsentrasi yang tinggi logam berat Zn dapat bersifat racun bagi mikroorganisme. Kadar Zn sebesar 0,015 ppm dapat menurunkan aktivitas fotosintesa tumbuhan perairan dan konsentrasi 0.02 ppm dapat menurunkan proses pertumbuhan fitoplankton (Clark, 1986).

2.3.3 Logam Zn di Perairan

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi. Biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya. Makin tinggi kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut. Faktor lingkungan perairan seperti pH, kesadahan, temperature dan salinitas juga mempengaruhi daya racun logam berat. Penurunan pH air akan menyebabkan daya racun logam berat semakin besar. Kesadahan yang tinggi dapat mempengaruhi daya racun logam berat, karena logam berat dalam air yang berkesadahan tinggi akan membentuk senyawa kompleks yang mengendap dalam dasar perairan (Rochyatun dan Abdul, 2007).

Seng merupakan unsur yang berguna dalam tubuh manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Karena kegunaannya tersebut maka Zn ditemukan dalam air, tanaman maupun binatang. Menurut Permenkes standar dalam air minum maksimum yang diperbolehkan adalah 15 mg/l. Efek racun Zn pada manusia adalah pada konsentrasi yang tinggi antara 300-360 ppm, yaitu menyebabkan gangguan fisik seperti diare yang berat, keram perut dan muntah. Suatu sumber air minum yang mengandung Zn 26,6 mg/l tidak berbahaya bagi manusia, tetapi untuk air minum dengan kadar Zn 30,8 mg/l sudah mual dan mabuk. Dari segi estetika air yang mengandung Zn 30 mg/l akan tampak seperti susu dan bila direbus timbul suatu lapisan seperti minyak pada permukaan airnya (Suprijanto dan Agustina, 1988).

Salah satu jenis logam berat hasil pengolahan nikel adalah Zinc atau yang lebih populer dikenal dengan sebutan seng (Zn). Logam Zn termasuk sebagai mineral mikronutrien, artinya logam ini dibutuhkan sebagai nutrien yang esensial oleh organisme dalam jumlah yang relatif sedikit. Kadar Zn yang tinggi dapat bersifat racun, dan dapat menyebabkan gangguan metabolisme Fe dan Cu, gejala teratoma, seminoma serta choriopithelioma. Semakin rendah pH maka akan semakin banyak gugus basa lemah yang terprotonisasi pada permukaan akibatnya terjadi penurunan jumlah serapan ion logam Zn dikarenakan kemampuan untuk menyerap ion logam Zn semakin lemah (Saefudin *et al.*, 2000).

2.3.4 Sumber Logam Zn

Limbah yang biasa mengandung logam berat berasal dari pabrik kimia, listrik, dan elektronik, logam dan penyepuhan elektro (electroplating), kulit, metalurgi dan cat serta bahan pewarna. Limbah padat permukiman juga mengandung logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam perairan kebanyakan berasal dari kegiatan manusia. Akan tetapi logam berat di dalam lingkungan tidak dengan sendirinya membahayakan kehidupan makhluk hidup. Logam berat membahayakan apabila masuk ke dalam sistem metabolisme makhluk dalam jumlah melebihi ambang batas. Ambang batas untuk tiap macam logam berat dan untuk tiap jenis makhluk hidup berbeda-beda. Pemasukan logam berat ke dalam sistem metabolisme manusia dan hewan dapat secara langsung atau tidak langsung. Pemasukan secara langsung terjadi bersamaan dengan air yang diminum (Notohadiprawiro, 2010).

Sumber cemaran logam berat Zn dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan limbah berupa pencemar. Bahan-bahan pencemar tersebut diangkut oleh air hujan dan gerakan air dari laut dan perairan tawar menuju muara sungai yang merupakan tempat bertemunya perairan laut dan

perairan tawar. Logam Zn dalam perairan dipekatkan melalui proses biologi dan kimia-fisika. Bioakumulasi dan biomagnifikasi merupakan proses biologi yang mampu mengendapkan logam pada tubuh organisme melalui rantai makanan. Pada proses kimia fisika, logam berat terlarut dan terendap pada sedimen dan dapat pula terabsorpsi pada zat tersuspensi. Apabila diketahui kadar logam Zn yang telah melebihi baku mutu, maka perlu dilakukan tindak lanjut dalam mencegah gangguan yang dapat disebabkan logam Zn (Amriani, 2011).

Logam Seng (Zn) cenderung membentuk ion jika berada dalam air. Ion Seng (Zn) mudah terserap dalam sedimen dan tanah serta kelarutan logam berat Seng (Zn) dalam air relatif rendah pada air, logam berat cenderung mengikuti aliran air dan pengaruh pengenceran ketika ada air masuk, seperti air hujan, turut mengakibatkan menurunnya konsentrasi logam berat pada air. Konsentrasi logam berat pada air akan turut mempengaruhi konsentrasi logam berat yang ada pada sedimen. Kecenderungan peningkatan konsentrasi logam berat di sedimen diakibatkan oleh tingginya konsentrasi logam berat tersebut di air. Selain itu, terdapat parameter-parameter lain yang berpengaruh dalam kesetimbangan reaksi di sistem perairan, seperti pH, konsentrasi logam dan tipe senyawanya, kondisi reduksi-oksidasi perairan, dan bilangan oksidasi dari logam tersebut (Sunti *et al.*, 2012).

Adanya aktivitas pembuangan limbah rumah tangga, limbah pertanian yang banyak menggunakan pupuk pestisida, peningkatan aktivitas di industri serta adanya aktivitas pembuangan limbah domestik lain yang mengandung logam berat Seng (Zn). Air limbah industri air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses pembuatan atau produksi yang dihasilkan industri tersebut maupun proses lainnya. Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain (Husni dan Esmiralda, 2011).

2.3.5 Kandungan Logam Berat dalam Perairan

Salah satu jenis unsur kimia yang bisa menyebabkan terjadi kerusakan ekosistem perairan adalah unsur logam berat. Sebagaimana diketahui unsur logam berat yang masuk keperairan berasal dari alam dan berbagai aktifitas manusia yang memanfaatkan perairan baik secara langsung maupun tidak langsung. Salah satu kegiatan manusia yang memanfaatkan perairan adalah kegiatan industri. Sebagaimana diketahui secara umum bahwa hasil buangan akhir dari sebuah pabrik atau kegiatan industri bermuara ke perairan disekitarnya, meskipun perusahaan atau pabrik tersebut telah memiliki IPAL (instalasi pengolahan air limbah). Air buangan yang telah diolah tidak terlepas akan sisa yang mengandung bahan berbahaya bagi kehidupan perairan baik dalam kadar yang banyak atau sedikit. Selain bersumber dari alam sendiri. Untuk itu sangat diperlukan suatu kajian yang melihat seberapa besar pengaruh unsur-unsur logam berat tersebut bisa mempengaruhi ekosistem perairan terutama yang berhubungan langsung dengan kualitas air yang mendukung kehidupan berbagai organisme maka diperlukan suatu pengontrolan dari berbagai kegiatan industri (Erlangga, 2007).

Logam berat biasanya sangat sedikit dalam air secara ilmiah kurang dari 1 g/l. Kelarutan dari unsur-unsur logam dan logam berat dalam badan air dikontrol oleh : (1) pH badan air, (2) jenis dan konsentrasi logam dan khelat (3) keadaan komponen mineral teroksida dan system berlingkungan redoks (Palar, 2004). Logam berat yang dilimpahkan ke perairan, baik di sungai ataupun laut akan dipindahkan dari badan airnya melalui beberapa proses yaitu: pengendapan, adsorpsi dan absorbsi oleh organism perairan. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 1991).

Rochyatun (1997) menyatakan walaupun terjadi peningkatan sumber logam berat, namun konsentrasinya dalam air dapat berubah setiap saat. Hal ini terkait dengan berbagai macam proses yang dialami oleh senyawa tersebut selama. Dalam kolom air. Parameter yang mempengaruhi konsentrasi logam berat di Perairan adalah suhu, salinitas, arus, pH dan padatan tersuspensi total atau seston (Nanty, 1999). Dengan sendirinya interaksi dari faktor-faktor tersebut akan. Berpengaruh terhadap fluktuasi konsentrasi logam berat dalam air, karena sebagian logam berat tersebut akan masuk ke dalam sedimen.

2.3.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Zn^{2+} dan Pengaruhnya pada Tumbuhan Mangrove

Logam berat yang masuk ke dalam tubuh tumbuhan akan mengalami berbagai proses sebagai respon tumbuhan untuk menanggulangi materi toksis di dalam tubuhnya. Mekanisme penanggulangan yang mungkin terjadi adalah lokalisasi, ekskresi, dilusi untuk melemahkan efek toksik logam berat melalui pengenceran dan inaktivasi secara kimia (Handayani, 2006). Proses absorpsi racun, termasuk unsur logam berat menurut Soemirat (2003) dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan, yaitu : (1) akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik; (2) daun bagi zat yang lipofilik; dan (3) stomata untuk memasukkan gas. Adapun proses absorpsinya sendiri terjadi seperti pada hewan dengan berbagai mekanisme difusi, hanya istilah yang digunakan berbeda, yakni translokasi. Transpor ini terjadi dari sel-sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tumbuhan. Difusi katalis terjadi dengan ikatan benang sitoplasma yang disebut plasmadesmata. Misalnya transport zat hara dari akar ke daun dan sebaliknya transpor makanan atau hidrat karbon dari daun ke akar. Namun pada tanaman menunjukkan beberapa pola penyerapan dalam merespon logam berat (Nazli dan Hashim, 2010). Adapun factor-faktor yang mempengaruhi translokasi logam berat dari akar ke daun antara lain :

- 1) Tekanan akar : Dimana masuknya logam berat karena adanya tekanan dari akar, sehingga logam berat dari akar terdorong ke atas menuju daun
- 2) Daya hisap daun : Terjadi karena adanya penguapan(transpirasi) melalui stomata dimana logam berat diekskresikan dari daun, logam berat dari akar akan naik, sehingga logam berat yang terkandung baik disedimen maupun diperairan juga akan ikut masuk ke akar.
- 3) Daya Kapilaritas : Penyerapan logam berat terjadi pada pembuluh-pembuluh kayu (pipa kapiler) yang dipengaruhi adanya adhesi dan kohesi.

Pada saat ion logam berat tersebar pada permukaan sel, ion akan mengikat pada bagian permukaan sel berdasarkan kemampuan daya afinitas kimia yang dimilikinya. Kemampuan mengikat ion logam berat tersebut melibatkan dua mekanisme yaitu transpor aktif dan transpor pasif (Suhendrayatna, 2001). Mekanisme kedua penyerapan tersebut diuraikan oleh Suhendrayatna (2001) sebagai berikut:

1. Transfer aktif dapat terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme dan akumulasi intraselular ion logam tersebut. Kemudian logam berat diendapkan pada proses metabolisme dan ekresi. Proses ini tergantung dari energi yang terkandung di sel dan parameter-parameter lingkungan seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, cahaya dan lain-lain.
2. Transfer pasif dikenal dengan istilah proses biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat diikat dinding sel mikroba dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion seperti ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg, dan Ca yang ada pada dinding sel oleh ion-ion logam berat, dan kedua yaitu formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus-gugus fungsional seperti *carbonyl*, *amino*, *thiol*, *hydroxy*, *phosphate*, dan *hydroxy-carboxyl* yang berada pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat

bolak baik dan cepat. Proses bolak balik ikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari suatu biomassa. Proses biosorpsi dapat lebih efektif dengan adanya pH dan ion-ion lainnya, di mana logam berat dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut. Secara umum, biosorpsi ion logam berat berlangsung cepat, bolak balik dan tidak tergantung terhadap faktor kinetik bioremoval bila dikaitkan dengan penyebaran sel (*dispersed cell*) (Gadd, 1988 dalam Suhendrayatna, 2001).

Terdapat 3 cara pergerakan unsur hara dan logam berat dari sedimen/ perairan ke akar, yaitu :

- a. Intersepsi Akar : Pada waktu akar tanaman tumbuh, maka akar memasuki ruangan yang ditempati oleh unsur hara dan logam berat kemudian terjadi kontak yang sangat dekat sehingga terjadi pertukaran ion pada permukaan akar dan permukaan kompleks adsorpsi.
- b. Aliran Massa : dimana unsur hara dan logam berat ikut aliran air. Gerakan ini terjadi karena adanya perbedaan potensial karena hujan, pengairan, atau serapan air oleh akar.
- c. Proses Difusi : Difusi gerakan ion yang terjadi karena adanya gradien difusi/adanya perbedaan kegiatan ion.

2.4 Parameter Kualitar Air

2.4.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Suhu penting dalam proses fisiologis, seperti fotosintesis dan respirasi. Suhu suatu badan air di ekosistem mangrove dipengaruhi oleh sirkulasi udara, aliran air, kedalaman badan air serta tutupan vegetasi mangrove (Effendi, 2003). Kolehmainen *et al.*, (1973) dalam Supriharyono (2002) menyatakan bahwa suhu yang baik untuk kehidupan mangrove tidak kurang dari 20°C, sedangkan kisaran

musiman suhu tidak melebihi 5°C. Suhu yang tinggi (>40°C) cenderung tidak mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan tumbuhan mangrove.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51(2004) menetapkan suhu yang baik untuk pertumbuhan mangrove antara 28,0-32,0°C. Hutching dan Saenger (1987) mendapatkan kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan beberapa jenis tumbuhan mangrove, yaitu *Avicennia marina* tumbuh baik pada suhu 18-20°C, *R. stylosa*, *Ceriops* spp., *Excoecaria agallocha* dan *Lumnitzera racemosa* pertumbuhan daun segar tertinggi dicapai pada suhu 26-28°C, suhu optimum *Bruguiera* spp. 27°C, *Xylocarpus* spp. berkisar antara 21-26°C dan *X. granatum* 28°C.

2.4.2 Parameter Kimia

a. Salinitas

Salinitas air tanah mempunyai peranan penting sebagai faktor penentu dalam pengaturan pertumbuhan. Salinitas tanah dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti genangan pasang, topografi, curah hujan, masukan air tawar dari sungai, dan evaporasi (Purnobasuki, 2005). Umumnya mangrove tumbuh pada daerah air asin atau payau. Lingkungan asin (bergaram) diperlukan untuk kestabilan ekosistem mangrove, pada umumnya banyak jenis mangrove yang kurang bersaing pada kondisi air tawar (Lugo, 1980). Salinitas air dan salinitas tanah rembesan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan, daya tahan, dan zonasi spesies mangrove. Tumbuhan mangrove tumbuh subur di daerah estuaria dengan salinitas 10-30 ppt (Kusmana *et al.*, 2003).

Salinitas yang sangat tinggi (*hypersalinity*) misalnya, ketika salinitas air permukaan melebihi salinitas yang umum di laut (± 35 ppt) dapat berpengaruh buruk pada vegetasi mangrove, karena dampak dari tekanan osmotik yang negatif. Akibatnya tajuk mangrove semakin jauh dari tepian perairan secara

umum menjadi kerdil dan berkurang komposisi jenisnya (Haan, 1935 dalam Steniis 1958). Meskipun demikian, beberapa spesies dapat tumbuh di daerah dengan salinitas sangat tinggi, seperti yang dilaporkan oleh Wells (1982) dalam Aksornkoe (1993), bahwa di Australia *Avicennia marina* dan *Excoecaria agallocha* dapat tumbuh di daerah dengan salinitas maksimum 63 ppt, *Ceriops* spp. 72 ppt., *Sonneratia* spp. 44 ppt., *Rhizophora apiculata* 65 ppt dan *Rhizophora stylosa* 74 ppt. Hal tersebut juga dijelaskan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 (2004) bahwa nilai ambang batas salinitas untuk mangrove sampai dengan 34 ppt ($\pm < 5$ variasi alami).

b. Derajat Keasaman (pH) air

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada $pH < 5$, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Toksisitas logam dapat memperlihatkan peningkatan pH rendah (Effendi, 2003).

c. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut merupakan faktor pembatas bagi kehidupan organisme. Perubahan konsentrasi oksigen terlarut dapat menimbulkan efek langsung yang berakibat pada kematian organisme perairan, sedangkan pengaruh yang tidak langsung adalah meningkatkan toksisitas bahan pencemar yang pada akhirnya dapat membahayakan organisme itu sendiri. Hal ini disebabkan karena oksigen terlarut dipergunakan untuk proses metabolisme dalam tubuh dan berkembang biak (Rahayu, 1991). Kadar oksigen yang terlarut di dalam massa air nilainya adalah relatif, biasanya berkisar antara 6,0-14,0 ppm (4,28-10 ml/L) dan batas

minimal kandungan oksigen terlarut untuk pertumbuhan normal dan perkembangbiakan sebesar 5,0 ppm (Connel dan Miller, 1995). Menurut Romimohtarto dan Thayib (1982) kadar oksigen di permukaan laut yang normal berkisar antara 5,7-8,5 ppm (4,0-6,0 ml/L).

Walaupun masukan sumber pencemar sangat banyak, mangrove memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat (Macfarlane dan Burchett, 2001), hal tersebut diperkuat dengan pendapat Peters *et al.*, (1997) dalam Pahalawattaarachchi *et al.*, (2008) mengatakan bahwa mangrove mempunyai sistem kapasitas pertahanan dan dapat menghilangkan atau menghambat logam berat sebelum mencapai ekosistem perairan terdekatnya. Oleh karena itu kondisi pada habitat sekitar mangrove mempunyai karakteristik tersendiri, yaitu kandungan bahan organik yang banyak, pH rendah, sedimen berlumpur yang dapat mengikat logam secara efektif sehingga menyebabkan kondisi pada sedimen cenderung anaerob. Dari penjelasan tersebut menunjukkan bahwa mangrove secara aktif menghindari masukan logam berat yang berlebih dan berfungsi sebagai penyaring dan memiliki daya treatment khas secara alami melalui organ akar (Clark *et al.*, 1998 dalam Kammaruzaman *et al.*, 2008).

Kemudian dibawa ke jaringan lainnya dan proses ini bisa membatasi masuknya udara ke dalam jaringan tersebut (MacFarlane *et al.*, 2003). Jika logam berat memasuki jaringan tersebut, terdapat mekanisme pelepasan senyawa kelat, yang disebut Fitokhelatin. Fitokhelatin adalah suatu protein dan glukosida yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin (Priyanto dan Prayitno, 2009) 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, 2010).

Mulyadi *et al.*, (2009) juga mengemukakan ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi dalam penyerapan logam berat, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya. Metabolisme atau transformasi secara biologis (biotransformasi) logam berat dapat mengurangi toksisitas logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami pengikatan dan penurunan daya racun, karena diolah menjadi bentuk-bentuk persenyawaan yang lebih sederhana. Menurut Darmono (1995), proses ini dibantu dengan aktivitas enzim yang mengatur dan mempercepat jalannya proses tersebut. Hasil-hasil penelitian pada vegetasi mangrove dikatakan bahwa mangrove cenderung mengakumulasi logam-logam berat yang terdapat pada ekosistem yang bersangkutan. Hal ini tidak lepas dari peranan mikrob-mikrob tanah yang membantu tumbuhan untuk mengakumulasi logam berat tersebut, baik mikrob yang mengkonsumsi logam berat itu sendiri ataupun mikrob yang bersatu dengan jenis tanaman tertentu untuk mengakumulasi logam berat. Sebagian besar logam berat ini merupakan deposit di dinding sel-sel perakaran dan daun (Merian, 1994 *dalam* Panjaitan, 2009).

Berdasarkan penelitian Mulyadi *et al.*, (2009) diduga pohon api-api (*Avicennia alba*) memiliki upaya penanggulangan toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Tanaman akan mengambil elemen dari dalam tanah, meskipun dengan konsentrasi yang sangat rendah. Namun jumlah yang ada di dalam tanah dapat dikendalikan oleh penambahan

bahan yang bersifat *adsorptive* (Olayinka dan Olusola, 2009). Mobilitas timbal di tanah dan tumbuhan cenderung lambat dengan kadar normalnya pada tumbuhan berkisar 0.5-3 ppm (Suhendrayatna, 2001).



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey. Menurut Notoatmojo (2010), penelitian survey tidak dilakukan intervensi atau perlakuan terhadap variable, tetapi sekedar mengamati terhadap fenomena alam atau sosial, atau mencari hubungan fenomena tersebut dengan variabel-variabel yang lain. Penelitian survei tersebut dijelaskan secara deskriptif.

Dalam penelitian ini, juga didukung dengan data primer dan data sekunder, untuk data primer meliputi observasi lapang dengan cara mengambil sampel pada air, akar (akar nafas bagian ujung dan pangkal), daun dan buah untuk diuji kandungan Zn pada *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia alba*. Sebagai data pendukung dilakukan uji kualitas air di kawasan mangrove tersebut. Data sekunder di dapat melalui kajian pustaka diantaranya majalah, buku, dan jurnal ilmiah. Sedangkan untuk mengetahui pola hubungan antara kandungan Zn di lingkungan dengan kandungan Zn yang terdapat pada tanaman mangrove menggunakan rumus BCF dan TF. Pada penentuan titik lokasi menggunakan alat bantu *Global Positioning System* (GPS).

3.2 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian meliputi kawasan mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur yang tercemar logam berat seng (Zn) dan untuk mengetahui kandungan logam berat seng (Zn) yang terdapat pada akar, daun dan buah *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia alba*. Analisis logam berat pada air, akar, daun dan buah dilakukan di laboratorium FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

3.3 Variabel penelitian

Variabel penelitian merupakan pokok data yang akan dianalisa berdasarkan materi penelitian yang ada. Variabel penelitian dapat dilihat pada

Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Variabel penelitian

Input	Parameter	Variabel	Jenis Data	Sumber Data
Kualitas air pada tiap-tiap stasiun	Fisika	Suhu	Primer	Pengukuran langsung di lapangan dan analisa laboratorium
	Kimia	- pH	Primer	
		- Salinitas		
	Logam berat	Zn	Primer	
Tanaman mangrove (akar, daun dan buah)	Logam berat	Zn	Primer	Pengukuran langsung di lapangan dan analisa laboratorium

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini bisa dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Parameter	Variabel	Alat	Bahan
1.	Fisika	Suhu	Termometer Hg	Air Sampel
2.	Kimia	Salinitas	Salinometer	Air sampel
		pH air	pH meter	Air sampel
		DO	DO meter	Air sampel
		Zn	- Oven	- Larutan Zn-1
			- Furnace (tanur)	- Larutan HCO
- Timbangan analitik	- Larutan HCl			
- Wadah sampel	- Aquadest			
- Labu takar	- Sampel air laut			
- Gelas beaker	- Sampel akar, daun dan buah <i>Sonneratia caseolaris</i> dan <i>Avicennia alba</i>			
- Cawan porselen				
- Hot plate				
- Kertas saring				
- Erlenmeyer				
- AAS				

3.5 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini meliputi penetapan stasiun pengambilan sampel dan teknik pengambilan sampel tanaman mangrove, air. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap proses, yaitu tahap pengambilan sampel di lapang dan tahap analisis kandungan logam berat Zn di laboratorium MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

3.5.1 Penetapan Stasiun Pengambilan Sampel

Metode yang dilakukan pada penetapan stasiun pengambilan sampel adalah survei. Survei dilakukan pada kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Tujuannya adalah untuk mengetahui vegetasi mangrove yang ada pada perairan yang dijadikan lokasi penelitian dan penentuan titik pengambilan sampel.

Penentuan stasiun penelitian pada kedua lokasi dilakukan dengan mengikuti jalur transek searah aliran muara sungai pada kawasan mangrove dan sejajar garis pantai secara purposif pada kawasan mangrove desa Kedung Pandan. Hal tersebut diperkuat oleh pernyataan Sugiyono (2007) dimana teknik pengambilan sampel secara purposif adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu, sampel yang diambil ditentukan oleh peneliti dengan dasar titik pengamatan mewakili suatu daerah.

Pengambilan sampel dan analisis kualitas air sebanyak 3 (tiga) stasiun pada masing-masing lokasi dan tiap stasiun diambil 2 (dua) titik pengambilan sampel. Jarak antar stasiun ditentukan melalui GPS dengan penjabaran sebagai berikut :



Kawasan mangrove Pulau Dem, Kabupaten Sidoarjo

Stasiun 1a	: 7°41'49.66"LS	113°04'57.72"BT
Stasiun 1b	: 7°41'49.73"LS	113°04'58.03"BT
Stasiun 2a	: 7°41'54.13"LS	113°04'58.13"BT
Stasiun 2b	: 7°41'54.11"LS	113°04'57.83"BT
Stasiun 3a	: 7°41'56.15"LS	113°05'01.01"BT
Stasiun 3b	: 7°41'56.09"LS	113°05'01.35"BT

3.5.2 Teknik Pengambilan Sampel Tanaman Mangrove *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia alba*

Pengambilan sampel akar dan buah menurut Hamzah dan Setiawan (2010) diambil dari pohon dengan ukuran diameter batang berkisar 15-20 cm dan tinggi berkisar 3-5 m dimana pada ketinggian tersebut mangrove mempunyai daya toleran terhadap salinitas yang tinggi. Menurut Raskin *et al.*, (1997) dalam Ana *et al.*, (2009) berpendapat bahwa dengan menggunakan mangrove yang sudah tua, diasumsikan mangrove tersebut sudah dapat dijadikan bioremediasi lingkungannya. Bagian-bagian yang diambil adalah:

a. Akar

Pada pengambilan sampel, akar yang diambil adalah akar nafas (*pneumatophora*) bagian ujung yang berada diluar permukaan sedimen dan bagian pangkal yang terbenam di dalam sedimen dengan diameter 0,4-0,6 cm (Arisandy *et al.*, 2011). Dari penjelasan Saenger (2002) dalam Syah (2011), pada akar berfungsi untuk menyaring garam yang terkandung dalam air, dan menangkap partikel tanah yang tersuspensi dalam air serta menyerap unsur hara dalam sedimen yang terakumulasi, sehingga diasumsikan pada bagian kedua akar tersebut terdapat kandungan logam berat Zn.

b. Daun

Sampel daun yang diambil adalah daun yang berwarna hijau tua dengan panjang 4-8 cm yang terletak di pangkal ranting. Pengambilan daun \pm 10 lembar daun dalam satu pohon dimana dalam setiap satu stasiun dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada pohon yang berbeda tetapi dalam satu ukuran diameter batang pohon yang sama.

c. Buah

Sampel buah yang diambil adalah buah yang sudah tua, berwarna hijau keperakan dengan panjang 2,1 - 2,8 cm, lebar 1,1 - 2,1 cm dan berat 4 -5 gram (Arisandy *et al.*, 2011). Buah dengan kondisi tersebut diharapkan memiliki kandungan nutrisi yang paling optimal sehingga diasumsikan pada ukuran tersebut sudah dapat dianalisa kandungan logam berat Zn-nya (Kurniawan *et al.*, 2012).

3.5.3 Teknik Pengambilan Sampel Air

Sebagai data penunjang dilakukan juga pengukuran logam berat pada air permukaan. Sedangkan pada pengambilan sampel air untuk pengamatan logam berat Zn diambil secara langsung dengan menggunakan botol air mineral yang terlebih dahulu dikalibrasi dengan menggunakan air sampel. Kemudian sampel air ditambahkan dengan HNO₃ pekat 65% sebanyak 1 ml untuk sampel air 50 cc, hal ini dilakukan untuk menurunkan pH agar tidak mudah menguap dan sampel awet, kemudian simpan pada suhu -4 °C atau dimasukkan dalam ice box, pada setiap stasiun diambil 2 sampel air laut (Rochmawati, 2007).

3.6 Analisis Zn

3.6.1 Analisis Zn pada Sampel Akar, Daun dan Buah

Preparasi akar dan buah, sampel di potong-potong kecil sebelum dihaluskan kemudian sampel akar dan buah masing-masing ditimbang sebanyak

5 gr. Setelah itu dimasukkan dalam tanur pada suhu 600-650°C (pengabuan) selama 3-4 jam. Setelah selesai proses pengabuan sampel akar dan buah tersebut dilarutkan dengan menambahkan 20 ml Zn dan 20 ml HNO₃ pekat dan 10 ml HClO₄. Kemudian ditambahkan aquadest sampai volume menjadi 50 ml.

Larutan tersebut dipanaskan pada *hot plate* sampai mendidih dan volume berkurang 30 ml. Bila belum terjadi kabut ulangi penambahan HNO₃ sebanyak 20 ml dan HClO₄ sebanyak 10 ml pada larutan tersebut, kemudian dipanaskan kembali hingga terjadi kabut. Setelah terjadi kabut, tambahkan kembali larutan dengan aquadest sehingga volume sampel menjadi 50 ml, lalu diendapkan. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring.

Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) (Basset, 1994).

3.6.2 Analisis Zn pada Sampel Air

Sampel air laut diambil 100 ml, lalu ditambahkan 10 ml HNO₃ pekat. Panaskan dalam *hot plate* sampai volumenya berkurang 30 ml. Tambahkan kembali larutan dengan aquadest sampai volume menjadi 100 ml, kemudian diendapkan. Larutan yang telah diendapkan disaring fasa airnya dengan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

3.7 Prosedur Parameter Kualitas Air

3.7.1 Parameter Fisika

a. Suhu air

Menurut Satino (2000) Pengukuran suhu air dilakukan dengan cara memasukkan thermometer air raksa ke dalam air kurang lebih selama 10 menit kemudian diangkat dan dicatat.

3.7.2 Parameter Kimia

a. Salinitas

Kadar salinitas diukur dengan menggunakan ATAGO *Pocket Refractometer* dengan langkah sebagai berikut :

1. Lapisan prisma di kalibrasi dengan menggunakan aquades dan keringkan dengan menggunakan tisu
2. Larutan sampel di ambil 0,3 ml, kemudian teteskan di atas lapisan prisma
3. Tombol start ditekan, maka *Pocket Refractometer* akan menunjukkan hasil larutan uji pada layar setelah muncul tanda panah tiga kali
4. Setelah muncul tanda panah tiga kali, tunggu selama 2 menit maka kadar salinitas larutan uji sudah terbaca
5. *Pocket Refractometer* di matikan dengan menekan tombol start selama 2 detik
6. Lapisan prisma dibersihkan dengan menggunakan aquades kembali dan keringkan dengan menggunakan tissue

b. Derajat Keasaman (pH) Air

pH air diukur dengan menggunakan pH tester 30 dengan langkah sebagai berikut :

1. Sebelum dipergunakan pH tester dicuci dengan air suling dan distandarisasi dengan larutan standar yang telah disediakan
2. Setelah itu, tombol ON/OFF di tekan untuk menghidupkan pH tester
3. Ujung sensor pH tester dimasukkan ke dalam air sekitar 2/3 cm pada larutan yang akan diuji
4. Kemudian tombol hold/ent di tekan untuk menetapkan hasil nilai pH dan pH tester akan menunjukkan angka/nilai pH terukur

5. Tombol ON/OFF di tekan untuk mematikan pH tester, jika tidak segera mematikan pH tester, maka dalam waktu 8,5 menit pH tester secara otomatis akan mati dengan sendirinya.

c. Oksigen Terlarut (DO)

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

1. Diukur dan dicatat volume botol DO yang akan digunakan.
2. Dibuka tutup botol DO, lalu dimasukkan botol DO yang ke dalam perairan dengan kemiringan 45°, bila botol telah penuh, lalu ditutup botol DO ketika masih di dalam perairan, kemudian botol DO diangkat dari air.
3. Dibuka tutup botol yang berisi sampel lalu ditambahkan 2 mL MnSO₄ dan 2 mL NaOH+KI kemudian dibolak-balik sampai terjadi endapan kecoklatan. Biarkan selama 30 menit.
4. Dibuang filtrat (air bening diatas endapan) dengan hati-hati, kemudian endapan yang tersisa diberi 1-2 ml H₂SO₄ pekat dan dikocok sampai endapan larut.
5. Diberi 3- 4 tetes amylum lalu dititrasi dengan Na-thiosulfat (Na₂S₂O₃) 0,025 N sampai jernih atau tidak berwarna untuk pertama kali.
6. Dicatat ml Na-thiosulfat yang terpakai (ml titran).
7. Diukur kadar oksigen yang terlarut menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{DO (mg/l)} = \frac{V (\text{titran}) \times N (\text{titran}) \times 8 \times 1000}{V \text{ botol DO} - 4}$$

3.8 Analisis Data

3.8.1 Faktor Biokonsentrasi (BAC)

Fitoremediasi dihitung dengan tiga pendekatan biologi yaitu *Biological Accumulation Coefficient* (BAC). BAC juga sama dengan *Enrichment Coefficient* (EF) dimana didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam berat pada daun dengan konsentrasi logam pada perairan (MacFarlane *et al*, 2007 dalam Hamzah dan Agus, 2010). Nilai factor biokonsentrasi didapatkan dari rumus sebagai berikut :

$$BAC/EF = \frac{[\text{Logam Berat}]_{\text{daun}}}{[\text{Logam Berat}]_{\text{perairan}}}$$

3.8.2 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Untuk mengetahui terjadinya akumulasi logam pada mangrove dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, air, akar dan buah. Perbandingan antara konsentrasi logam di akar, daun dengan konsentrasi di sedimen dikenal dengan bioconcentration factor (BCF). BCF pada daun dan akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam pada daun dan akar yang berasal dari lingkungan (MacFarlane *et al*, 2007 dalam Hamzah dan Agus, 2010).

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

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi logam berat pada akar atau daun}}{\text{Konsentrasi logam berat pada perairan}}$$

3.8.3 Faktor Translokasi (TF)

Setelah mengetahui biokonsentrasi logam berat, maka selanjutnya dihitung nilai faktor translokasi. Translocation Factors (TF) adalah perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan akar. Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke tunas (MacFarlane *et al*, 2007 dalam Hamzah dan Agus, 2010).

Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke tunas (buah) (MacFarlane *et al.*, 2007). Kemampuan tumbuhan untuk mentoleransi dan mengakumulasi logam berat dengan menggunakan faktor tersebut, dapat digunakan untuk menentukan status tumbuhan sebagai fitoekstraksi dan fitostabilisasi. Dimana jika : TF dan BCF > 1 = dapat digunakan sebagai fitoekstraksi TF < 1 dan BCF > 1 = dapat digunakan sebagai fitostabilisasi

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

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

3.8.4 Perhitungan Uji T

Rumus Uji T sebagai berikut:

1. Uji tentang kesamaan varian dengan menggunakan ujin F

$$\text{rumus F} = \frac{S1^2}{S2^2}$$

2. Menghitung Uji T dengan varian yang sama

Dengan Rumus :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{S_p \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}}$$

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

Df = N₁ + N₂ - 2

Menghitung Uji T dengan varian tidak sama

Dengan Rumus :

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

$$df = \frac{(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2})^2}{(\frac{s_1^2/n_1}{n_1 - 1} + \frac{s_2^2/n_2}{n_2 - 1})}$$

Keterangan :

x₁ atau x₂ = rata-rata sampel klp 1 atau 2

n₁ atau n₂ = jumlah sampel klp 1 atau 2

S₁ atau S₂ = standar deviasi sampel klp 1 atau 2

df = *degree of freedom* (derajat kebebasan)

S_p = varian populasi



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada kawasan mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Kawasan mangrove ini merupakan daerah pantai sebelah selatan Kabupaten Sidoarjo. Kawasan ini dijadikan lokasi wisata mangrove, dimana terdapat beberapa jenis mangrove yang tumbuh dengan baik yaitu *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, dan *Sonneratia caseolaris*. Saat ini, kawasan mangrove Desa kedung pandan mulai memperlihatkan indikasi adanya tekanan yang berlebihan terhadap ekosistemnya, hal tersebut diakibatkan karena pemanfaatan yang tidak mengedepankan konsep keberlanjutan. Kawasan mangrove Desa Kedung Pandan juga telah beralih ke sejumlah fungsi lahan, mulai dari pemukiman, tambak sampai buangan limbah dan pencemaran lingkungan berbahaya yang dikenal sebagai banjir lumpur panas Sidoarjo. Pencemaran tersebut terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 yang berasal dari salah satu perusahaan minyak dan gas bernama PT. Lapindo Brantas. Wilayah Kecamatan Jabon berbatasan langsung dengan Kecamatan Tanggulangin untuk sebelah utara dan kabupaten Pasuruan untuk sebelah selatan, untuk batas wilayah barat dan timur Kecamatan Jabon ini berbatasan langsung dengan Kecamatan Porong dan selat Madura. Sementara itu, tidak banyak industri di daerah Kabupaten Sidoarjo yang dilengkapi fasilitas pengolah limbah memadai, sehingga memanfaatkan sungai di wilayah Kabupaten Sidoarjo sebagai tempat membuang limbah yang berpotensi mengandung logam berat pencemar yang membahayakan kesehatan masyarakat. Sedangkan untuk kondisi demografis pada Kecamatan Jabon terdiri dari 15 Desa, 51 Dusun, 88 RW dan 260 RT.

Untuk data penduduk di daerah Kecamatan Jabon Desa Kedung Pandan terdiri dari 55.156 jiwa.

4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

4.2.1 Stasiun 1

Pada stasiun 1 terletak di daerah *downstream* yang paling dekat dengan sungai. Terdapat juga dermaga untuk berlabuh beberapa kapal motor dan permukiman penduduk. Kawasan ini banyak ditemukan kapal motor yang melintas atau yang sedang melakukan aktivitas penangkapan di sekitar perairan. Secara fisik, kondisi perairan pada stasiun 1 cenderung tenang dan perairan berwarna coklat lumpur. stasiun 1 dapat ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2. Stasiun 1 daerah muara dekat sungai dan dermaga

4.2.2 Stasiun 2

Pada lokasi Stasiun 2 terletak di hilir sungai, kondisi perairan cenderung lebih tenang. Warna perairan pada stasiun 2 coklat hitam seperti lumpur. Di sekitar stasiun 2 ditemui beberapa perahu motor yang sekedar melintas atau melakukan aktivitas penangkapan, terdapat juga beberapa kolam tambak ikan bandeng milik masyarakat. Spesies yang mendominasi adalah *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia alba*. Lokasi stasiun 2 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Stasiun 2 sebelah kiri pulau sarinah

4.2.3 Stasiun 3

Stasiun 3 merupakan daerah hilir sungai yang berbatasan langsung dengan laut lepas. Perairan pada stasiun ini cenderung berarus dan gelombang lebih besar dibandingkan dengan stasiun lain. Perairan berwarna coklat keruh dan di sekitar stasiun ini ditemukan spesies mangrove *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia caseolaris*. Namun, spesies yang mendominasi pada stasiun ini adalah *Avicennia alba*. Stasiun 3 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Stasiun 3 dekat laut lepas

4.3 Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn) Perairan

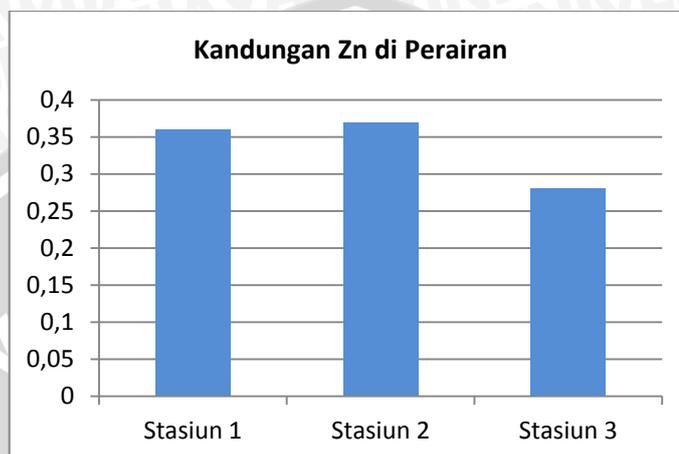
Konsentrasi logam berat yang terlarut dalam air laut sangat tergantung pada keadaan perairan tersebut dimana semakin banyak aktivitas manusia baik di darat maupun di pantai akan mempengaruhi konsentrasi logam berat dalam air laut (Amin *et al.*, 2013). Konsentrasi logam berat Seng (Zn) pada semua stasiun yang ditunjukkan pada Tabel 4 sudah melampaui ambang batas yang disyaratkan menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 untuk tumbuhan perairan yang bernilai 0,008 ppm. Sedangkan baku mutu yang dikeluarkan oleh EPA untuk kategori akut bagi organisme perairan yakni 0,14 ppm, maka konsentrasi logam berat Zn di kawasan mangrove Desa Kedung Pandan Sidoarjo tergolong tinggi.

Tabel 4. Hasil rata-rata kandungan logam berat Zn pada perairan di kawasan mangrove Desa Kedung Pandan Sidoarjo

Stasiun	Satuan	Kandungan Zn pada Perairan	Baku Mutu
1	Ppm	0,36	0,008
2	Ppm	0,37	(Kepmen LH
3	Ppm	0,28	No 51 Th.2004)
Rata-rata		0,34	

Kandungan logam berat Seng (Zn) yang terdapat di kawasan mangrove Desa Kedun Pandan Sidoarjo melampaui ambang batas baku mutu Kepmen LH no. 51 tahun 2004 dengan nilai rata-rata sebesar 0,34 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa logam berat Seng banyak dihasilkan oleh berbagai aktivitas manusia. Aktivitas manusia tersebut adalah aktivitas industri, pelabuhan, perumahan, kendaraan bermotor, perikanan (tambak) dimana dari aktivitas tersebut menyumbang bahan pencemar yang masuk ke perairan dan terbawa arus menuju aliran pesisir. Sedangkan limbah kendaraan bermotor masuk keperairan sebagian besar melalui air hujan dan aktivitas transportasi laut

(Sarjono, 2009). Selain dari aktivitas manusia, kemungkinan kondisi pola arus pasang surut yang cukup tenang menyebabkan bahan cemaran yang mengandung logam Zn mengalami proses pengenceran cukup rendah, kemudian akan mengendap didasar laut (Rochayatun *et al.*, 2005).



Gambar 5. Kandungan logam berat Seng (Zn) pada air di kawasan mangrove Pulau Dem Sidoarjo

Logam-logam dalam lingkungan perairan umumnya berada dalam bentuk ion. Ion-ion itu ada yang merupakan ion-ion bebas, pasangan ion organik, ion-ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya (Panjaitan, 2009). Seng pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan seng dalam air cukup tinggi sehingga kadarnya relatif sedikit (Rangkuti, 2009). Faktor fisik dan kimia perairan akan berpengaruh satu sama lain dan akan berpengaruh pada konsentrasi logam berat terlarut di perairan tersebut (Ouyang *et al.*, 2006). Konsentrasi logam Zn pada air laut di setiap stasiun pada lokasi penelitian menunjukkan nilai yang hampir sama, hal tersebut disebabkan karena adanya pergerakan air yang dipengaruhi oleh angin, gelombang dan arus perairan sehingga senantiasa terjadi pengadukan dan perpindahan massa air serta bahan-bahan yang terkandung di dalamnya (Amin *et al.*, 2011).

4.4 Kandungan Zn^{2+} pada Akar, Daun dan Buah *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*

Pengukuran kandungan seng (Zn^{2+}) pada akar, daun dan buah dari *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* dilakukan 3 (tiga) stasiun di kawasan mangrove Desa kedung pandan, Kabupaten Sidoarjo dengan mengambil 2 titik lokasi untuk pengambilan sampel akar, daun dan buah *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*. Pada perairan Zn dapat dalam bentuk $ZnCO_3$, $Zn(OH)_2$, Zn^{2+} , dimana tumbuhan menyerap Zn dalam bentuk ion yaitu Zn^{2+} . Pada pH 7-8,5 seng dapat membentuk $ZnCO_3$, sedangkan pada pH >8,5 membentuk $Zn(OH)_2$. Nilai Zn^{2+} dapat dihitung menggunakan rumus (lampiran 12). Hasil perhitungan Zn^{2+} pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil rata-rata kandungan logam berat Zn^{2+} pada akar, daun dan buah *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* yang tumbuh di kawasan mangrove Desa kedung pandan

Sta- sion	Satuan	<i>Avicennia alba</i>			<i>Sonneratia caseolaris</i>		
		Akar	Daun	Buah	Akar	Daun	Buah
1	Ppm	$3,5 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$	$0,9 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^{-5}$
2	Ppm	$1,05 \times 10^{-5}$	$0,8 \times 10^{-5}$	$0,6 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	$0,7 \times 10^{-5}$	$0,8 \times 10^{-5}$
3	Ppm	$0,7 \times 10^{-5}$	$0,5 \times 10^{-5}$	$0,8 \times 10^{-5}$	$0,5 \times 10^{-5}$	$0,9 \times 10^{-5}$	$0,6 \times 10^{-5}$
Rata-rata		$1,75 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-5}$	$0,7 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$	$0,9 \times 10^{-5}$

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa Zn^{2+} yang paling banyak diserap yaitu pada akar mangrove jenis *avicennia alba*. Hal ini dikarenakan pada bagian akar terdapat bahan organik dimana bahan organik merupakan pengkelat logam berat, sehingga logam berat banyak terdapat pada bagian akar. Berdasarkan hasil pengukuran kandungan logam berat Seng (Zn^{2+}) pada setiap stasiun menunjukkan bahwa kandungan logam Seng (Zn^{2+}) pada akar, daun dan buah di

mangrove *Avicennia alba* lebih besar dibandingkan mangrove *Sonneratia caseolaris*. Hasil pengukuran kandungan logam berat Zn^{2+} pada jaringan *Avicennia alba* menunjukkan bahwa kandungan Zn^{2+} tertinggi terdapat pada bagian akar di semua lokasi penelitian dengan hasil rata-rata sebesar $1,75 \times 10^{-5}$ ppm dan pada akar mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* didapatkan hasil rata-rata $1,6 \times 10^{-5}$ ppm. Sedangkan hasil untuk pengukuran kandungan logam berat Zn^{2+} pada mangrove jenis *Avicennia alba* menunjukkan bahwa kandungan Zn^{2+} tertinggi terdapat pada bagian daun di semua lokasi penelitian dengan hasil rata-rata sebesar $1,2 \times 10^{-5}$ ppm dan pada mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* didapati hasil rata-rata $1,5 \times 10^{-5}$ ppm. Pemanfaatan buah mangrove sebagai bahan makanan sudah menjadi kebiasaan masyarakat pesisir sejak lama. Buah *Avicennia alba* juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan alternatif karena tepung buah mangrove mempunyai kandungan karbohidrat lebih tinggi dari pada beras, sehingga dapat diolah menjadi keripik (Haryono, 2004). Berdasarkan hasil rata-rata kandungan logam berat Zn^{2+} pada buah *Avicennia alba* di kawasan mangrove Pulau Dem sebesar $0,7 \times 10^{-5}$ ppm dan pada buah mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* sebesar $0,9 \times 10^{-5}$ ppm, menurut Standar Nasional Indonesia tahun 2009 untuk batas maksimum cemaran logam berat Zn dalam pangan khususnya buah dan hasil olahannya sebesar 0,5 ppm, sedangkan untuk tepung terigu sebesar 1,0 ppm.

Secara alami sumber Zn berasal dari akibat erosi batuan mineral, partikel di udara yang dibawa hujan dan secara non alami akibat aktivitas manusia seperti limbah industri (Panjaitan, 2009). Umumnya tumbuhan akan menyerap unsur-unsur hara yang larut dalam air maupun dari tanah melalui akarnya. Akar tanaman di dalam tanah akan mengabsorpsi ion dari media yang kompleks berupa ion hara esensial, selain itu akar tanaman juga akan mengabsorpsi ion non-esensial (Zn) dan senyawa organik (Fitter dan Hay, 1991). Besarnya

kandungan logam berat di bagian akar diduga karena lebih banyak variasi dan interaksi dengan sedimen yang banyak mengandung logam berat karena proses pengendapan (MacFarlane *et al.*, 2003). Hal ini sesuai dengan pendapat Lakitan (2001), dimana unsur hara (logam berat Zn) dapat berhubungan dengan permukaan akar melalui 3 cara, yakni secara difusi dalam larutan tanah, secara pasif terbawa aliran air tanah dan arena akar berhubungan langsung dengan unsur hara di dalam matrik tanah. Jika logam berat yang berasal dalam tanah 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 glikosida 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, 2010).

Jenis logam sangat mempengaruhi kemampuan tanaman untuk melakukan lokalisasi. Kemampuan tanaman melokalisasi logam ini menjadi hal yang sangat penting, karena hal ini menggambarkan kemampuan tanaman untuk dapat mentoleransi dan melakukan detoksifikasi terhadap daya racun logam berat. Semakin terhambatnya translokasi logam dari akar ke dalam jaringan tanaman, maka semakin mudah tanaman melakukan detoksifikasi. Kemampuan toleransi dan detoksifikasi yang dimiliki oleh *Avicennia alba* dilakukan dengan mengakumulasi sebagian besar logam berat di dalam akar (Hall, 2002). Berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami

proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin (Baker dan Walker, 1990 dalam MacFarlane *et al.*, 2003). Pernyataan tersebut diperjelas oleh Mochdor *et al.*, (2005), dimana logam akan terakumulasi pada tumbuhan setelah membentuk kompleks dengan unsur atau senyawa lain, salah satunya fitokhelatin yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin. Fitokhelatin berfungsi membentuk kompleks dengan logam berat dalam tumbuhan dan berfungsi sebagai detoksifikasi terhadap tumbuhan dari logam berat, jika tumbuhan tidak bias mensintesis fitokhelatin menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan berujung pada kematian. Berdasarkan hasil pengukuran kandungan Zn pada akar *Avicennia alba*, maka dapat dijadikan sebagai bioindikator logam berat Zn sehingga dapat dijadikan acuan level pencemaran lingkungan (MacFarlane *et al.*, 2003).

4.5 Kualitas Air pada Kawasan Mangrove Pulau Dem Desa Kedung Pandan

Pengambilan data kualitas air dilakukan pada 3 (tiga) stasiun di Kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Masing-masing stasiun diambil 2 titik lokasi untuk pengambilan sampel. Kondisi lingkungan perairan hasil pengukuran secara insitu di lapangan, menunjukkan hasil yang berbeda dari satu stasiun ke stasiun lainnya. Hasil rata-rata pengukuran parameter fisika kimia air yang diambil pada 3 (tiga) stasiun dapat dilihat pada Tabel 6.

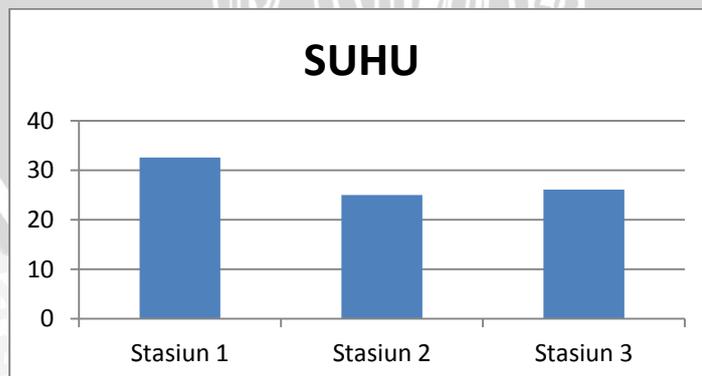
Tabel 6. Hasil parameter fisika kimia air di kawasan mangrove Pulau Dem, Sidoarjo, Jawa Timur

NO	Parameter	Satuan	Mangrove Pulau Dem				Baku Mutu (Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Th. 2004)
			Stasiun			Rata- Rata	
			1	2	3		
1	Suhu	° C	32,6	25,0	26,1	27,9	28-32
2	Salinitas	Ppt	8,2	13	15	18	s/d 34
3	pH	-	7,23	7,75	8,1	7,69	7-8,5
4	DO	mg/l	5,2	3,3	2,1	3,5	5,7-8,5

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air yang ditunjukkan pada Tabel 7. menunjukkan bahwa :

4.5.1 Suhu

Suhu air rata-rata pada saat pengambilan sampel di kawasan mangrove Pulau Dem, Desa Kedung Pandan sebesar 27,9°C. Suhu di permukaan laut yang baik untuk pertumbuhan tanaman mangrove menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004, berkisar antara 28,0-32,0°C. Berdasarkan baku mutu tersebut, untuk kawasan mangrove Desa Kedung Pandan masih berada di bawah baku mutu.



Gambar 6. Grafik Suhu

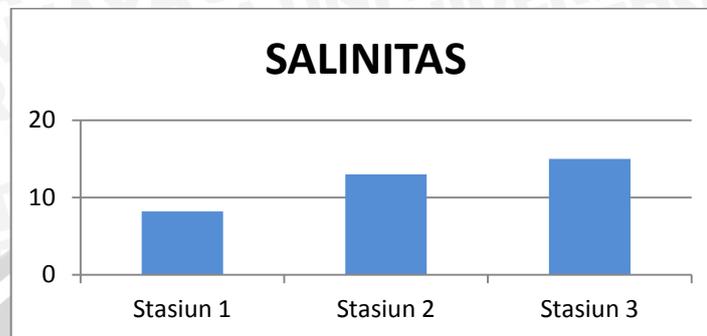
Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa suhu pada stasiun 1 lebih tinggi 32,6°C daripada suhu pada stasiun 2 dan 3 yaitu 25°C dan 26,1°C. Hal tersebut disebabkan karena pada saat pengamatan dilakukan pada siang hari dimana intensitas cahaya matahari cenderung maksimal sehingga menyebabkan suhu menjadi tinggi. Sedangkan pada stasiun 2 dan 3 dilakukan pada saat matahari tidak terlalu terik atau menjelang sore. Perbedaan suhu air pada tiap kawasan dikarenakan adanya perbedaan intensitas cahaya yang mengenai air, maupun akibat perbedaan penutupan permukaan air pada masing-masing kawasan, selain itu suhu juga berpengaruh terhadap penyebaran dan komposisi organisme (Panjaitan, 2009). Selain intensitas cahaya, suhu yang berbeda pada kedua lokasi juga disebabkan karena perbedaan cuaca.

Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misal O_2 , CO_2 , N_2 dan sebagainya (Effendi, 2003). Selain itu, kenaikan suhu di atas kisaran toleransi organisme dapat meningkatkan laju metabolisme, seperti pertumbuhan, reproduksi dan aktifitas organisme. Kenaikan laju metabolisme dan aktifitas ini berbeda untuk spesies, proses dan level atau kisaran suhu (Erlangga, 2007). Menurut Somero *et al.*, (1977) dalam Hutagalung (1988), mengatakan bahwa kenaikan suhu tidak hanya akan meningkatkan metabolisme biota perairan, namun kelarutan logam dalam air juga akan meningkat dan reaksi antara ion logam berat dengan protein bersifat "exothermix" (membutuhkan panas).

4.5.2 Salinitas

Hasil rata-rata salinitas pada lokasi penelitian di kawasan mangrove Pulau Dem Desa Kedung Pandan sebesar 18 ppt. dengan nilai salinitas masing-masing pada stasiun 1 sebesar 8,2 ppt, pada stasiun 2 sebesar 13 ppt dan stasiun 3

sebesar 15 ppt. Grafik rata-rata salinitas pada stasiun penelitian di perairan kawasan mangrove Pulau Dem Desa Kedung Pandan, Sidoarjo dapat dilihat pada Gambar 6.



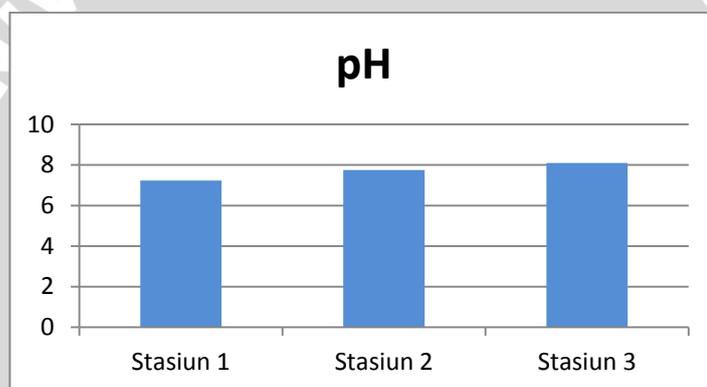
Gambar 7. Grafik Salinitas

Pada gambar di atas menunjukkan nilai salinitas tidak berbeda signifikan. Salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 3 yaitu 15 ‰. Hal tersebut karena pengukuran salinitas di stasiun ini dilakukan pada siang hari sehingga air permukaan memiliki suhu yang hangat dan mampu melarutkan garam-garaman lebih banyak (Effendi, 2003). Sebaliknya salinitas terendah terdapat di stasiun 1 yang dekat dengan sungai. Rendahnya salinitas pada stasiun 1 dikarenakan banyak pengaruh pengenceran dari aliran sungai. Menurut Nybakken (1992) bahwa kondisi perairan daerah estuari dipengaruhi oleh pengaruh daratan dan lautan. Dimana nilai salinitas tinggi terjadi saat pengaruh dari lautan lebih dominan dibandingkan pengaruh dari daratan, yaitu ketika terjadi pasang. Sedangkan nilai salinitas rendah disebabkan oleh pengaruh daratan, yaitu ketika air tawar masuk ke perairan melalui aliran sungai.

Kadar salinitas berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut di daerah mangrove masih berada di antara baku mutu menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 dengan batas nilai maksimum 34 ppt. Sedangkan menurut Kusmana *et al.* (2003), kriteria yang cocok untuk tumbuhan mangrove dapat tumbuh subur dengan salinitas 10-30 ppt.

4.5.3 Derajat Keasaman (pH)

Hasil penelitian diperoleh nilai pH pada stasiun 1 sebesar 7,23, stasiun 2 nilai pH sebesar 7,75, sedangkan di stasiun 3 nilai pH sebesar 8,1. Nilai pH pada ketiga stasiun penelitian masih dalam keadaan normal dan aman bagi tumbuhan mangrove karena nilai pH pada ketiga lokasi penelitian berkisar antara 6 – 8 artinya wilayah tersebut belum tercemar berat sehingga aman bagi tumbuhan mangrove. Apabila nilai pH air kurang dari 5,0 atau lebih besar dari 9,0 maka perairan itu sudah tercemar berat sehingga kehidupan biota akuatik akan terganggu (Manik, 2003).



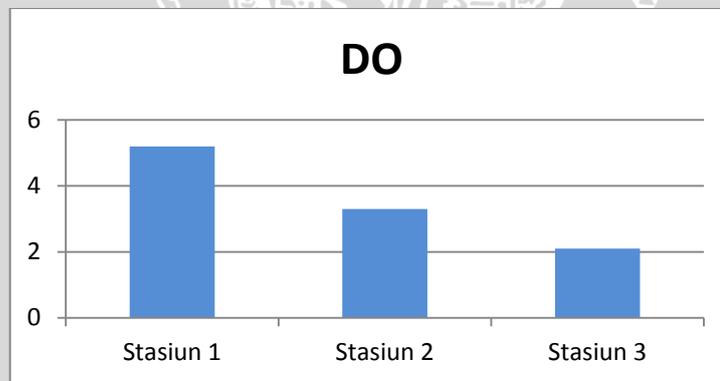
Gambar 8. Grafik Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pH rendah dan berkurang dengan meningkatnya pH (Effendi, 2003). Hal tersebut didukung oleh pernyataan Novotny dan Olem (1994) dalam Sarjono (2009), bahwa nilai pH perairan memiliki hubungan yang erat dengan sifat kelarutan logam berat. Pada pH alami laut logam berat sukar terurai dan dalam bentuk partikel atau padatan tersuspensi. Pada pH rendah, ion bebas logam berat dilepaskan ke dalam kolom air. Selain hal tersebut, pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Secara umum logam berat akan meningkat toksisitasnya pada pH rendah, sedangkan pada pH tinggi logam berat akan mengalami pengendapan. Menurut

Hutagalung (1991), penurunan salinitas dan pH serta naiknya suhu menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin besar karena ketersediaan logam berat tersebut semakin meningkat.

4.5.4 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan faktor pembatas bagi kehidupan organisme. Hasil dari penelitian menunjukkan nilai DO pada stasiun 1 sebesar 5,2 mg/l, sedangkan pada stasiun 2 3,3 mg/l dan pada stasiun 3 sebesar 2,1 mg/l dengan nilai rata-rata DO di kawasan mangrove Desa Kedung Pandan sebesar 3,5 mg/l. Dari hasil tersebut menunjukkan kadar oksigen terlarut pada lokasi penelitian berada di bawah baku mutu. Menurut Romimohtarto dan Thayib (1982) kadar oksigen di permukaan laut yang normal berkisar antara 5,7-8,5 ppm (4,0-6,0 ml/L). Hasil pengukuran DO di Kawasan mangrove kedung pandan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 9. Grafik Oksigen Terlarut (DO)

Berdasarkan gambar grafik DO diatas diketahui bahwa oksigen terlarut tertinggi diperoleh dari stasiun 1 dimana stasiun ini merupakan daerah *downstream* yang memungkinkan untuk pergerakan masa air sehingga berpengaruh terhadap banyaknya masukan oksigen di perairan melalui difusi udara. Menurut Salmin (2005), sumber utama dari oksigen terlarut yang berada di suatu perairan adalah berasal dari proses difusi dari udara bebas dan hasil

fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut. Diindikasikan penurunan kandungan oksigen terlarut dalam air terjadi pada saat keadaan anoksik dalam air (Rochana, 2011). Menurut Clark (1974) menyatakan kadar oksigen terlarut untuk pertumbuhan dan perkembangan biota air > 6,0 ppm, tetapi menurut *Connel et al.*, (1995) menyatakan kadar oksigen terlarut sebesar 5,0 ppm merupakan batas minimal untuk pertumbuhan normal dan perkembangbiakan. Umumnya hampir semua organisme akuatik menyukai kadar oksigen terlarut > 5,0 ppm (Effendi, 2003).

4.6 Tekstur Tanah

Pengambilan data kualitas sedimen untuk pengamatan tekstur tanah dilakukan pada 3 (tiga) stasiun di kawasan mangrove Desa Pulau Dem, Kabupaten Sidoarjo. Hasil analisa laboratorium untuk pengamatan tekstur tanah pada masing-masing stasiun di kedua lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Tekstur Tanah

Parameter		Stasiun		
		I	II	III
Komposisi (%)	Liat	63	61	51
	Debu	36	39	47
	Pasir	1	1	1
Tekstur		Liat	Liat	Liat berdebu

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas sedimen di stasiun penelitian pada Tabel 7 menunjukkan bahwa komposisi sedimen dilakukan dengan mengidentifikasi fraksi-fraksi pembentuknya yaitu pasir, debu, dan liat. Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada Tabel 7, komposisi sedimen di kawasan mangrove pulau Dem didominasi oleh liat. Hal ini

disebabkan karena di kawasan mangrove Pulau Dem merupakan daerah muara, sehingga tanah tersebut mengalami pengendapan sedimen-sedimen yang terbawa oleh aliran sungai ditambah oleh material-material yang dibawa dari laut pada waktu air pasang (Soeroyo dan Suyarso, 1990), oleh sebab itu banyak terdapat endapan lumpur.

Menurut Kusumahadi (2008), keadaan tekstur yang berliat seperti di kawasan mangrove Pulau Dem ini tidak menguntungkan bagi pengembangan struktur tanah, tanah mudah melumpur waktu basah dan memampat atau mengeras waktu kering. Pelumpuran dan pemampatan lapisan permukaan (dibantu hujan, pembasahan, pengeringan bergantian) akan memberikan pengaruh mekanika buruk terhadap akar dan menghambat/ menghentikan pertukaran gas dan udara antara tanah dan atmosfera, selain itu juga mengganggu peredaran kelembaban tanah sehingga menggagalkan perkecambahan biji. Pendapat tersebut bertolak belakang dengan Bengen (2004), justru substrat yang sesuai untuk pertumbuhan *Avicennia alba* adalah substrat yang agak berpasir dan berlumpur, sehingga dari hasil analisis tersebut, lokasi penelitian sudah cocok untuk pertumbuhan *Avicennia alba*.

4.7 Analisis Data

4.7.1 Faktor Bioakumulasi (BAC)

BAC juga sama dengan *Enrichment Coefficient* (EF) dimana didapatkan dengan cara membagi konsentrasi logam berat pada daun dengan konsentrasi logam pada perairan (MacFarlane *et al*, 2007 dalam Hamzah dan Agus, 2010).

Nilai BAC dapat dilihat pada table 8.

Tabel 8. Nilai Faktor Bioakumulasi dari mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*

Stasiun	<i>Avicennia alba</i>			<i>Sonneratia caseolaris</i>		
	Konsentrasi Zn pada Daun (ppm)	Konsentrasi Zn pada Perairan (ppm)	BAC	Konsentrasi Zn pada Daun (ppm)	Konsentrasi Zn pada Perairan (ppm)	BAC
1	$2,3 \times 10^{-5}$	0,36	$6,4 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-5}$	0,36	$8,3 \times 10^{-5}$
2	$0,8 \times 10^{-5}$	0,37	$2,2 \times 10^{-5}$	$0,7 \times 10^{-5}$	0,37	$1,89 \times 10^{-5}$
3	$0,5 \times 10^{-5}$	0,28	$1,8 \times 10^{-5}$	$0,9 \times 10^{-5}$	0,28	$3,2 \times 10^{-5}$
Rata-rata	$1,2 \times 10^{-5}$	0,34	$3,47 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$	0,34	$4,4 \times 10^{-5}$

Hasil perhitungan nilai faktor BAC (Biological Accumulation Coefficient) mangrove *Avicennia alba* Desa kedung pandan memiliki rata-rata $3,47 \times 10^{-5}$. Sedangkan nilai BAC mangrove *Sonneratia caseolaris* di Desa kedung pandan memiliki rata-rata $4,4 \times 10^{-5}$. Hal ini membuktikan bahwa tanaman *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediasi khususnya pada proses rizofiltrasi yaitu proses pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel di akar, dan proses fitostabilisasi yaitu penempelan zat kontaminan pada akar yang tidak mungkin diserap ke dalam batang tumbuhan. Zat - zat tersebut menempel erat pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media (Khan, 2005).

4.7.2 Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Perbandingan antara konsentrasi logam di akar atau daun dengan konsentrasi di perairan dikenal dengan bioconcentration factor (BCF). BCF pada daun dan akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam pada daun dan akar yang berasal dari lingkungan (MacFarlane *et al*, 2007 dalam Hamzah dan Agus, 2010). Tabel 9 dibawah ini menyajikan nilai faktor

biokonsentrasi Zn dari sedimen ke akar *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* di lokasi penelitian, yaitu kawasan mangrove Pulau Dem

Tabel 9. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF) Zn mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*

Sta-siun	<i>Avicennia alba</i>			<i>Sonneratia caseolaris</i>		
	Konsentrasi Zn pada Akar (ppm)	Konsentrasi Zn pada Perairan (ppm)	BCF	Konsentrasi Zn pada Akar (ppm)	Konsentrasi Zn pada Perairan (ppm)	BCF
1	$3,5 \times 10^{-5}$	0,36	$9,7 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-5}$	0,36	$6,7 \times 10^{-5}$
2	$1,05 \times 10^{-5}$	0,37	$2,8 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	0,37	$5,4 \times 10^{-5}$
3	$0,7 \times 10^{-5}$	0,28	$2,5 \times 10^{-5}$	$0,5 \times 10^{-5}$	0,28	$1,78 \times 10^{-5}$
Rata-rata	$1,75 \times 10^{-5}$	0,34	5×10^{-5}	$1,6 \times 10^{-5}$	0,34	$4,6 \times 10^{-5}$

Perhitungan faktor biokonsentrasi dilakukan untuk mengetahui di bagian mana yang terdapat kandungan Seng (Zn) apakah di jaringan tanaman atau di media. Berdasarkan hasil perhitungan BCF tanaman *Avicennia alba* di akar pada kawasan mangrove Desa kedung pandan berkisar antara $2,5 \times 10^{-5}$ - $9,7 \times 10^{-5}$ sedangkan nilai BCF di akar pada *Sonneratia caseolaris* lebih rendah dibandingkan dengan *Avicennia alba*, yaitu berkisar antara $1,78 \times 10^{-5}$ - $6,7 \times 10^{-5}$. Dari data faktor biokonsentrasi tersebut menunjukkan bahwa *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* mempunyai kecenderungan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat yang terdapat dalam ekosistem habitatnya. Perbedaan konsentrasi logam berat pada organ tumbuhan tertentu berkaitan dengan proses fisiologis tumbuhan tersebut (Panjaitan, 2009).

Logam berat pada umumnya ditempatkan dalam akar serta daun, dan mekanisme toleransi ataupun akumulasi logam berat pada beberapa tanaman melibatkan proses pengikatan logam berat potensial pada dinding sel akar atau daun, atau menyimpannya di dalam vakuola sel (Memon, 2001). Thomas dan

Eong (1984) dalam Siahaan *et al.*, (2013) berpendapat bahwa mangrove secara umum memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat dan memiliki sistem toleransi tertentu terhadap tingginya konsentrasi logam berat tersebut di lingkungan, namun hanya sedikit yang diketahui tentang mekanisme bioakumulasi dan efek khusus yang ditimbulkan logam berat pada mangrove. Pada kondisi tercemar, secara umum logam berat yang diangkut terbatas hanya sampai pada akar tanaman. Kemungkinan hal ini terjadi karena beberapa mekanisme tidak dikenal yang mencegah pemuatan logam ke dalam xylem secara berlebih, yaitu mekanisme dari pengikat logam spesifik di dalam akar untuk melindungi tanaman dari konsentrasi logam yang tinggi. (Liao *et al.*, 2000 dalam Reichman, 2000).

4.7.3 Faktor Translokasi (TF)

Selain faktor biokonsentrasi, penghitungan nilai Faktor Translokasi (Translocation Factor/ TF) juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan (Mellem *et al.*, 2012). Nilai factor translokasi dapat dilihat pada table 10.

Tabel 10. Nilai Faktor Translokasi (TF)

Sta- siun	<i>Avicennia alba</i>			<i>Sonneratia caseolaris</i>		
	Konsentrasi Zn pada Daun (ppm)	Konsentrasi Zn pada Akar (ppm)	TF	Konsentrasi Zn pada Daun (ppm)	Konsentrasi Zn pada Akar (ppm)	TF
1	$2,3 \times 10^{-5}$	$3,5 \times 10^{-5}$	0,66	$3,0 \times 10^{-5}$	$2,4 \times 10^{-5}$	1,25
2	$0,8 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-5}$	0,76	$0,7 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$	0,35
3	$0,5 \times 10^{-5}$	$0,7 \times 10^{-5}$	0,71	$0,9 \times 10^{-5}$	$0,5 \times 10^{-5}$	1,8
Rata- rata	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,75 \times 10^{-5}$	0,71	$1,5 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$	1,13

Hasil perhitungan nilai faktor translokasi mangrove *Avicennia alba* berkisar antara 0,66 - 0,76 dengan hasil rata-rata 0,71. Sedangkan nilai faktor translokasi

mangrove *Sonneratia caseolaris* berkisar antara 0,35 – 1,8 dengan hasil rata-rata 0,13. Mekanisme ini terjadi ketika akar tumbuhan mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar, yang selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan melalui pembuluh xylem. Proses ini cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik seperti logam-logam berat (Erakhrumen & Agbontalor, 2007).

Kemampuan *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* dalam mentolerasi dan mengakumulasi logam berat dengan menggunakan kedua faktor tersebut dapat dijadikan sebagai fitoekstraksi dan fitostabilisasi tumbuhan. Tetapi dari hasil kedua faktor tersebut belum bisa dijadikan sebagai fitoekstraksi, karena nilai TF dan BCF <1. Tetapi jika nilai TF <1 dan BCF >1 dapat digunakan sebagai fitostabilisasi (Fitz dan Wenzel, 2002). Dimana fitostabilisasi dapat digunakan sebagai pengurangan perpindahan logam berat ke dalam sedimen melalui proses penyerapan oleh akar tanaman. Tanaman dapat menghentikan daya absorpsi dan akumulasi logam berat melalui akar, atau presipitasi sampai rhizosphere. Proses ini akan mengurangi pergerakan logam dan melepaskannya sampai permukaan air, dan juga dapat mengurangi bioavailabilitas logam dalam rantai makanan. Keuntungan yang diperoleh dari penggunaan strategi fitoekstraksi adalah pembuangan muatan logam dari suatu tanaman tidak diperlukan lagi (Susarla *et al.*, 2002).

Menurut Yoon *et al.* (2006), beberapa tanaman dalam pertumbuhannya akan selalu mengakumulasi logam berat di dalam akar karena akar merupakan organ yang langsung berhubungan dengan tanah, akan tetapi beberapa tanaman akan menghasilkan nilai TF dan BCF yang rendah. Hal itu menunjukkan bahwa tanaman tersebut mempunyai kemampuan yang terbatas dalam mengakumulasi logam berat dan translokasi dari tanaman itu sendiri.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa tanaman *Avicennia alba* mempunyai daya akumulasi logam berat yang terbatas.

Menurut Kim *et al.*, (2003) berpendapat bahwa nilai TF rendah dikarenakan rendahnya translokasi logam berat Zn dalam tanaman, diindikasikan bahwa tanaman tersebut khususnya *Avicennia alba* tidak banyak mentransfer Zn dari akar ke bagian yang lain karena sifat Zn yang toksik. Pendapat tersebut diperjelas dari pernyataan Kathiresan dan Bingham (2001), bahwa akar yang ada di dalam tanah akan melepaskan oksigen yang membentuk kepingan-kepingan besi (iron plaques), yang menempel pada permukaan dan mencegah logam dari sedimen memasuki sel-sel akar. Di jaringan akar yang dimasuki oleh logam terjadi mekanisme yang membuat logam tak bisa tersirkulasi secara bebas ke dalam tanaman. Akibatnya, jumlah konsentrasi logam berat semakin berkurang dari akar ke buah.

Seng dapat meracuni proses fotosintesis, sintesis klorofil dan enzim antioksidan. Hal tersebut diperkuat dengan penelitian Hamzah dan Setiawan (2010) yang menyatakan bahwa logam berat Zn merupakan logam yang memiliki daya translokasi rendah. Hasil ini juga menunjukkan bahwa *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* bukanlah tumbuhan hiperakumulator, sebab untuk menjadi tumbuhan hiperakumulator, besar faktor translokasi harus lebih dari satu ($TF > 1$) (Lorestani *et al.*, 2011). Dimana tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang sangat tinggi pada jaringan permukaan (aboveground) di habitat alamiahnya (Baker dan Brooks, 1984 dalam Siahaan *et al.*, 2013). Fitter dan Hay (1991), mengemukakan bahwa selain memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat di lingkungan pada bagian- bagian tubuhnya, *Avicennia sp.* juga dapat melakukan alokasi dan menurunkan kadar toksisitas logam berat, diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk

mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tumbuhan tersebut. Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan tubuh yang sudah tua. Logam berat yang masuk ke dalam jaringan akan mengalami pengikatan dan penurunan daya racun karena diolah menjadi persenyawaan yang lebih sederhana.



5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian dengan judul Akumulasi Logam Berat Zn Pada Akar, Daun, Buah Manrove Jenis *Sonneratia Caseolaris* Dan *Avicennia Alba* Di Kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur adalah :

1. Konsentrasi logam berat Zn pada perairan berkisar antara 0,26 – 0,39 ppm. Konsentrasi logam berat Zn^{2+} pada akar mangrove *Avicennia alba* berkisar antara $0,7 \times 10^{-5}$ - $3,5 \times 10^{-5}$ ppm untuk logam berat Zn pada akar mangrove *Sonneratia Caseolaris* berkisar antara $0,5 \times 10^{-5}$ – $2,4 \times 10^{-5}$ ppm. Konsentrasi logam berat Zn pada daun mangrove *Avicennia alba* berkisar antara $0,5 \times 10^{-5}$ – $2,3 \times 10^{-5}$ ppm dan untuk kandungan Zn pada daun mangrove *Sonneratia Caseolaris* berada pada kisaran $0,7 \times 10^{-5}$ – $3,0 \times 10^{-5}$ ppm. Sedangkan untuk Konsentrasi logam berat Zn pada buah mangrove *Avicennia alba* berkisar antara $0,6 \times 10^{-5}$ – $0,9 \times 10^{-5}$ ppm untuk logam berat Zn pada buah mangrove *Sonneratia Caseolaris* berkisar antara $0,6 \times 10^{-5}$ – $1,3 \times 10^{-5}$ ppm.
2. Terdapat perbedaan akumulasi logam berat Zn pada akar, daun dan buah jenis *Sonneratia caseolaris* dan *Avicennia alba* Di Kawasan Mangrove Pulau Dem, Dusun Tlocor, Desa Kedung Pandan, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Nilai konsentrasi Zn pada perairan telah melebihi ambang batas maksimal, sedangkan Zn pada mangrove masih sesuai baku mutu yang telah ditetapkan.
3. Spesies mangrove yang paling banyak meyerap kadar logam berat Zn adalah jenis *Avicennia alba* dan kadar Zn tertinggi terdapat pada akarnya dengan nilai rata-rata $1,75 \times 10^{-5}$ ppm. Hal ini dikarenakan *Avicennia alba* hal ini

disebabkan karena letak *Avicennia alba* pada lokasi penelitian berada pada urutan paling depan dari laut ke darat kemudian diikuti dengan *Sonneratia caseolaris*, sehingga logam berat Zn^{2+} pada akar *Avicennia alba* lebih besar karena berhadapan langsung dengan perairan, selain itu juga pada lokasi penelitian dan pada tiap stasiun akar nafas mangrove *Avicennia alba* lebih meluas bila dibandingkan dengan *Sonneratia caseolaris* yang lebih rapat. Hal ini juga mempengaruhi penyerapan logam berat pada perairan, dimana akar yang meluas kemungkinan dapat menyerap lebih beragam.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya dilakukan sebuah penelitian dengan mengambil banyak sampel selama periode waktu yang panjang, serta dilakukan pengawasan dan pengendalian masuknya bahan pencemar khususnya Zn untuk menjaga kelestarian lingkungan pada kawasan mangrove Sidoarjo.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, H. 2009. Kondisi Mangrove Pantai Timur Surabaya dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.1 Edisi Khusus. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Ali, M dan Rina. 2010. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb). Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. 2(2).
- Amin, B. 2002. Distribusi Logam Berat Pb, Cu dan Zn Pada Sedimen Di Perairan Telaga Tujuh Karimun Kepulauan Riau. Jurnal Natur Indonesia. 5(1): 9-16. FPIK-Universitas Riau. ISSN 1410-9379
- Amin, B., A. Ismail, M.S. Kamarudin, A. Arshad, and C.K. Yap. 2005. Heavy Metals (Cd, Cu, Pb and Zn) Concentrations in Telescopium telescopium from Dumai Coastal Waters, Indonesia [ABSTRACT AVAILABLE IN INDONESIAN]. Pertanika Journal. Trop. Agric. Sci. 28(1): 33-39.
- Ana, P.G.C., Marques, Antonio O. S. S. Rangel and Paula M. L. 2009. Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils: Phytoremediation as a Potentially Promising Clean-Up Technology. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 39:622-654. ISSN: 1064-3389
- Anggarini, D (2007) Analysis of heavy metal Pb, Cd, Cu and Zn in seawater, sediment and *Geloina coaxans* in coastal Dumai Riau
- APHA. 2005. *Standart Methods For The Examination Of Water And Wastewater*. American Public Health Association 1015 Fifteenth Street, NW Washington DC.
- Aprianti, D. 2010. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. Skripsi. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim Surabaya.
- Arief, A. 2003. Hutan Mangrove, Fungsi dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta.
- Bani, I.S. 2012. Vegetasi Mangrove di Pulau Sempu Desa Tambakrejo Kecamatan Sumbermanjing Kabupaten Malang, Jawa Timur. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Bandaranayake, W.M. 1999. Economic, traditional and medicinal uses of mangroves. Australian Institut of Marine Science (28).
- Bengen. D.G. dan I.M. Dutton 2004. Interaction: mangroves, fisheries and forestry management in Indonesia. Worldwide watershed interaction and management. 632-653. Blackwell science. Oxford. UK

- Bengen, D. G. 2004. Pedoman teknis: Pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove. PKSPL-IPB. Bogor. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor.
- Berjak, P., G.K. Campbell, B.I. Hockett and N.W. Pammenter. 1977. In the mangroves of southern Africa. A wildlife handbook Natal branch of the wildlife society of southern Africa. 73
- Berjak, P and N.W. Pammenter. 2000. What Ultrastructure Has Told Us About Recalcitrant Seeds. (Edition Especial):22-55
- Borg, A.J. and Schonenberger, J. 2011. Floral structure and development in *Avicennia*. Department of Botany, Stockholm University, S-106 91 Stockholm, Sweden.
- Budiyanto. 2013. Struktur dan Fungsi Organ Akar pada Tumbuhan. <http://budisma.web.id/struktur-dan-fungsi-organ-akar-pada-tumbuhan.html>. Diakses pada tanggal 30 Juli 2013
- Bunyaphatsara, N., A. Jutiviboonsuk, P. Sornlek, W. Therathanathorn. 2003. Pharmacological studies of plants in the mangrove forest Thai. *Journal of Phytopharmacy*. 10(2).
- Clark, J. 1974. Coastal Ecosystems, Ecological Considerations for Management of The Coastal Zone, The Conservation Foundation, Washington D.C:178.
- Clarke, P.J. 1993. Dispersal of Grey Mangrove (*Avicennia marina*) Propagules in Southeastern Australia. *Aquatic Botany*. Elsevier Science Publishers: 195-204
- Dahuri, R. 1998. Pengaruh Pencemaran Limbah Industri Terhadap Potensi Sumberdaya Laut. Makalah Pada Seminar Teknologi Pengolahan Limbah Industri Dan Pencemaran Laut. SPPT Jakarta.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI-Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran; Hubungan dengan Toksikologi Logam Berat. UI-Press. Jakarta.
- EPA-Ohio. 2001, Sediment Sampling Guide and Methodologies 2nd edition, Environmental Protection Agency, state of Ohio.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan. Kanisius. Yogyakarta
- Erlangga. 2007. Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*). Thesis. IPB. Bogor
- Feng, H., X. Han, W. Zhang and L. Yu. 2004. A Preliminary Study Of Heavy Metal Contamination In Yangtze River Intertidal Zone Due To Urbanization. *Marine Pollution Bulletin* 49:910-915.
- Hall, J.I. 2002. Cellular Mechanism For Heavy Metals Detoxification And Tolerance. *J. Experimental Botany* 53 (366): 1-11.

- Hamzah, F. dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*.2(2):41-52. FPIK-IPB.
- Handayanto, E dan K. Hairiah. 2007. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Pustaka Adipura. Karangkajen, Yogyakarta.
- Handayani, T. 2006. Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.7(3):266-270. ISSN 1441-318x
- Hutagalung, H.P. 1984. Pengaruh Suhu Air Terhadap Kehidupan Organisme Laut. *Oseana*, 13(4):153 - 164. ISSN 02161877.
- IADC/CEDA. 1997. *Convention, Codes, and Conditions: Marine Disposal. Environmental Aspects of Dredging 2a:71*
- Kamaruzzaman, B.Y., Sharlinda, M.Z.R., John, B.A dan Waznah. 2011. Accumulation and Distribution of Lead and Copper in *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* from Balok Mangrove Forest, Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana*. 40(6): 555-560.
- Kartawinata, K. 1979. Status pengetahuan hutan bakau di Indonesia. *Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove*. LIPI Jakarta
- Khazali, M. 1999. *Panduan Teknis : Penanaman Mangrove Bersama Masyarakat*. Wetlands International-Indonesia Programme. Bogor.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor . 51. 2004. *Pedoman Penetapan Baku Mutu Air Laut*. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara, Jakarta.
- MacFarlane, G.R. and M.D. Burchett. 2002. Photosynthetic pigments and Peroxides activity as indicators of Heavy Metal stress in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Veirh. *Marine Pollution Bulletin*. 42: 233-240.
- MacFarlane G.R., C.E. Koller, S.P. Blomberg. 2007. Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangroves: A Synthesis of Field-Based Studies. *Chemosphere*. 69(9):1454-64
- MacFarlane, G.R., Pulkownik and M.D. Burchett. 2003. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh: Biological indication potential. *Environmental Pollution*. 123: 139-151
- Mastaller, M. 1996. *Destruction of Mangrove Wetlands - Causes and Consequences*. A. Biannual Collection Titled Natural Resources and Development Focus; Mangrove Forest. Institute for Scientific Cooperation. Tobingen
- Miller, G., G. Begonia; M. Begonia and J. Ntoni. 2008. Bioavailability and Uptake of Lead by Coffeeweed (*Sesbania exaltata* Raf.). *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 5(5): 436-440.

- Mukhtasar. 2007. Pencemaran Lingkungan dan Alam. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Mulyadi, E., R. Laksmono, D. Aprianti. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan.1. FTSP UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Murdiyanto, B. 2004. Mengenal, Memelihara dan Melestarikan Ekosistem Bakau. Proyek Pembangunan Masyarakat Pantai dan Pengelolaan Sumberdaya Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Departemen Kelautan dan Perikanan: 1-40.
- Muzaiyyinah. 2008. Terminologi Tumbuhan. UNS Press. Surakarta, Jawa Tengah.
- Nazli, M.F. and N.R. Hashim. 2010. Heavy Metal Concentrations in an Important Mangrove Species, *Sonneratia caseolaris*, in Peninsular Malaysia. Available online at www.tshe.org/EA. EnvironmentAsia 3(special issue): 50-55.
- Nontji. A dan A. Djamali (Ed.). 1980. Sebaran Normal Parameter Hidrologi di Teluk Jakarta, Buku Teluk Jakarta, Pengkajian Fisika, Kimia, Biologi & Geologi. 48. LON-LIPI.
- Notohadiprawiro, RMT. 1978. Lahan Sumberdaya Alam Serba Gatra dan Lingkungan Hidup Manusia, Jurusan Ilmu Tanah F. Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Nurhayati, P.W. 2004. Keragaman Genus Fungi pada Tanah Hutan Mangrove tercemar Logam Berat di Muara Angke DKI Jakarta. Skripsi. IPB. Bogor
- Onrizal. 2005. Adaptasi Tumbuhan Mangrove Pada Lingkungan Salinitas dan Jenuh air. e-USU repository:1-15. FP-Universitas sumatera Utara
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82. 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Romimohtarto, K. dan S.S. Thayib. 1982. Kondisi Lingkungan dan Laut di Indonesia. 246. LON-LIPI Jakarta
- Standar Nasional Indonesia. 2009. Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan. SNI 7387: 2009. Badan Standarisasi nasional. ICS 67.220.20.
- Sudarwin. 2008. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Microorganism: Suatu Kajian Kepustakaan (*Heavy Metal Bioremoval by Microorganisms: A Literature Study*). Disampaikan pada Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia. Forum - PPI Tokyo Institute of Technology

Sulistiyowati, H. 2012. Analisis Suksesi Tumbuhan di Pantai Mayangan Kota Probolinggo. FMIPA-UNEJ.

Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Supriyaningrum, E. 2006. Fluktuasi Logam Berat Timbal Dan Kadmium Dalam Air Dan Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta (Tanjung Priuk, Marina, Dan Sunda Kelapa).Skripsi.Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.IPB. Bogor.



Lampiran 1. Pengukuran Parameter Kualitas Air

a. Suhu

Thermometer Digital

- Dikalibrasi sensor thermometer digital
- Dimasukkan sensor ke dalam perairan dengan posisi membelakangi matahari
- Ditunggu 2-3 menit sampai air layar digital menunjukkan skala tertentu
- Skala dibaca ketika thermometer di dalam air

Hasil

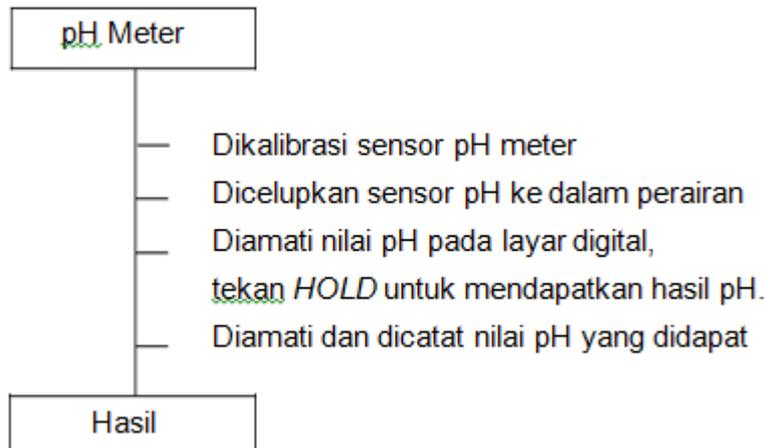
b. Salinitas

Refraktometer

- Dibersihkan membran refraktometer dengan aquades
- Keringkan membrannya dengan tissue kering
- Ambil air laut dengan menggunakan pipet tetes
- Ditetaskan 1 – 2 tetes pada membran refraktometer
- Ditutup penutup membrannya
- Diarahkan refraktometer menuju sumber cahaya
- Dibaca langsung nilai salinitas pada lensa refraktometer
- Diamati dan dicatat nilai yang muncul

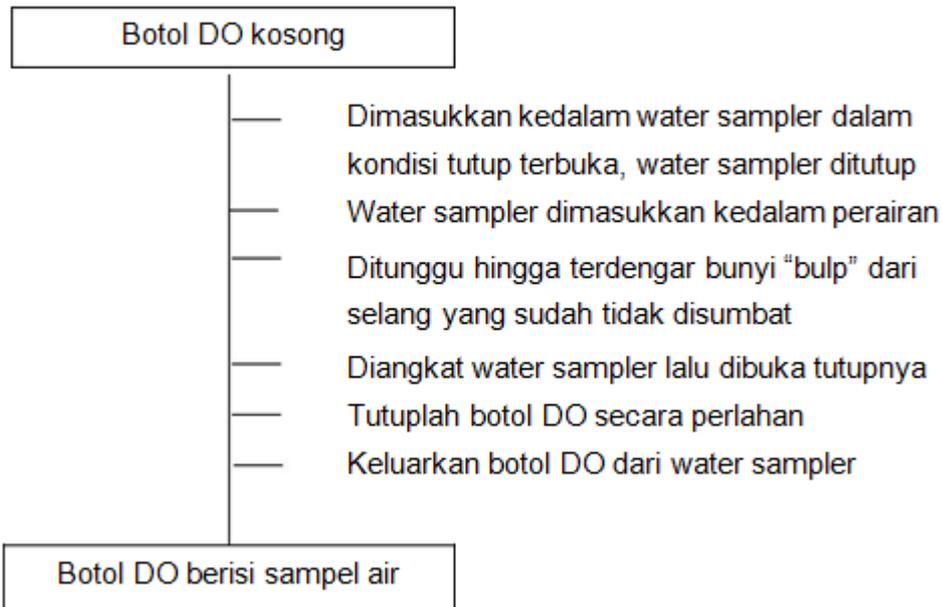
Hasil

c. pH



d. DO (Oksigen Terlarut)

Pengambilan Sampel



Pengukuran Kadar DO

Botol DO berisi sampel air

- Buka tutup botol DO secara perlahan
- Ditetsi 2 ml MnSO_4 dan 2 ml $\text{NaOH}+\text{KI}$
- Dihomogenkan hingga terjadi endapan coklat Air bening diatas endapan dibuang
- Ditetsi 2 ml H_2SO_4
- Dikocok atau dihomogenkan sampai endapan larut
- Ditetsi amylum sebanyak 4 tetes
- Dititrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N sampai berubah warnabening pertama kali
- Dihitung dengan menggunakan rumus

$$\frac{V_{\text{titan}} \times N_{\text{titran}} \times 8 \times 1000}{V_{\text{botol DO}} - 4}$$

Hasil



Lampiran 2. Metode Penggunaan *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS)

Menurut Widiati (2011), penentuan logam berat menggunakan metode *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS) yaitu :

1. Ditimbang masing-masing sampel padat $\pm 0,5$ gram dengan timbangan Sartorius untuk mendapatkan berat basah.
2. Dioven sampai padat pada suhu ± 105 °C selama 1 jam sampai mendapat berat konstan.
3. Ditimbang berat konstan dengan timbangan Sartorius sebagai berat kering.
4. Dimasukkan sampel yang sudah kering ke dalam beaker glass 100 ml.
5. Ditambahkan HNO₃ dengan perbandingan 1 : 1 (HNO₃ : HCL) sebanyak ± 10 -15 ml.
6. Dipanaskan di atas hot plate di dalam kamar asam sampai ± 3 ml.
7. Disaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 50 ml.
8. Diulang proses penyaringan sampai tanda batas labu ukur dengan terlebih dahulu menambahkan 15 ml aquades ke dalam beaker glass tempat sampel.
9. Dianalisis menggunakan mesin *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS) sampai dengan panjang gelombang 263,3 nm.
10. Disiapkan larutan standar.
11. Dianalisis larutan standar dengan mesin AAS dan mencatat nilai standarnya kemudian membuat kurva kalibrasinya. Larutan standar ini berfungsi untuk membantu nilai konsentrasi logam Zn pada sampel, karena prinsip kerja mesin AAS hanya menentukan nilai absorbansi dengan sampel.

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



Foto 1. Daun Mangrove



Foto 2. Pengukuran Salinitas



Foto 3. Penentuan Stasiun



Foto 4. Pengukuran DO



Foto 4. Pengambilan Sampel Akar



Foto 5. Pengambilan Sampel Buah

Lampiran 4. Baku Mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomer 51 Tahun 2004

BAKU MUTU AIR LAUT UNTUK BIOTA LAUT			Lampiran III. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Tahun 2004
No.	Parameter	Satuan	Baku mutu
FISIKA			
1.	Kecerahan ^a	m	coral: >5 mangrove: - lamun: >3
2.	Kebauan	-	alami ^a
3.	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	coral: 20 mangrove: 80 lamun: 20 nihil ^{1(a)}
5.	Sampah	-	
6.	Suhu ^c	°C	alami ^a coral: 28-30 ^(a) mangrove: 28-32 ^(a) lamun: 28-30 ^(a) nihil ^{1(a)}
7.	Lapisan minyak ^a	-	nihil ^{1(a)}
KIMIA			
1.	pH ^c	%o	7 - 8,5 ^(a) alami ^a
2.	Salinitas ^a		coral: 33-34 ^(a) mangrove: s/d 34 ^(a) lamun: 33-34 ^(a)
3.	Oksigen terlarut (DO)	mg/l	>5
4.	BOD ₅	mg/l	20
5.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/l	0,3
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8.	Sianida (CN)	mg/l	0,5
9.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,01
10.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11.	Senyawa Fenol total	mg/l	0,002
12.	PCB total (poliklor bifenil)	µg/l	0,01
13.	Surfaktan (deterjen)	mg/l MEAS	1
14.	Minyak & lemak	mg/l	1
15.	Pestisida ^f	µg/l	0,01
16.	TBT (tributil tin) ^g	µg/l	0,01
Logam terlarut			
17.	Raksa (Hg)	mg/l	0,001
18.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/l	0,005
19.	Arsen (As)	mg/l	0,012

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

Catatan:

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

Menteri Negara
Lingkungan Hidup,

ttd

Nabiel Makarim, MPA., MSM.

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

Hoetomo, MPA.

Lampiran 5. Perhitungan Kandungan Zn^{2+} pada akar *Avicennia alba*

Stasiun	pH	Alkalinitas Mg/l	meq (alkx0,02)	Alkalinitas g/l
1	7,2	108	2,16	$2,16 \times 10^{-3}$
2	7,7	114,5	2,29	$2,29 \times 10^{-3}$
3	8,1	108,5	2,17	$2,17 \times 10^{-3}$
	7,69			

$$K_{sp} = 10,22 = 10^{-10,22}$$

$$K_{a2} = 10,30 = 10^{-10,30}$$

Stasiun 1

$$CO_3^{2-} = \frac{K_{a2} \times HCO_3^-}{H^+}$$

$$= \frac{10^{-10,30} \times 2,16 \times 10^{-3}}{10^{-7,2}}$$

$$= \frac{5,01 \times 10^{-11} \times 2,16 \times 10^{-3}}{6,3 \times 10^{-8}}$$

$$= \frac{10,82 \times 10^{-6} \times 1}{6,3} = 1,71 \times 10^{-6}$$

$$\begin{aligned} Zn^{2+} &= \frac{K_{sp}}{CO_3^{2-}} \\ &= \frac{10^{-10,22}}{1,71 \times 10^{-6}} \\ &= 6,02 \times 10^{-11} \\ &= \frac{1,71 \times 10^{-6}}{6,02 \times 10^{-11}} \\ &= 3,52 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Stasiun 2

$$CO_3^{2-} = \frac{K_{a2} \times HCO_3^-}{H^+}$$

$$= \frac{10^{-10,30} \times 2,29 \times 10^{-3}}{10^{-7,7}}$$

$$10^{-7,7}$$

$$= \frac{5,01 \times 10^{-11} \times 2,29 \times 10^{-3}}{1,995 \times 10^{-8}}$$

$$= 11,47 \times 10^{-6} \times \frac{1}{1,995}$$

$$= 5,75 \times 10^{-6}$$

$$\text{Zn}^{2+} = \text{Ksp}$$



$$= \frac{10^{-10,22}}{5,75 \times 10^{-6}}$$

$$= 6,02 \times 10^{-11}$$

$$= \frac{6,02 \times 10^{-11}}{5,75 \times 10^{-6}}$$

$$= 1,05 \times 10^{-5}$$

Stasiun 3

$$\text{CO}_3^{2-} = \frac{\text{Ka}_2 \times \text{HCO}_3^-}{\text{H}^+}$$



$$= \frac{10^{-10,30} \times 2,17 \times 10^{-3}}{10^{-7,2}}$$

$$10^{-7,2}$$

$$= \frac{5,01 \times 10^{-11} \times 2,17 \times 10^{-3}}{1,25 \times 10^{-8}}$$

$$1,25 \times 10^{-8}$$

$$= 10,82 \times 10^{-6} \times \frac{1}{1,25}$$

$$= 8,69 \times 10^{-6}$$

$$\text{Zn}^{2+} = \text{Ksp}$$

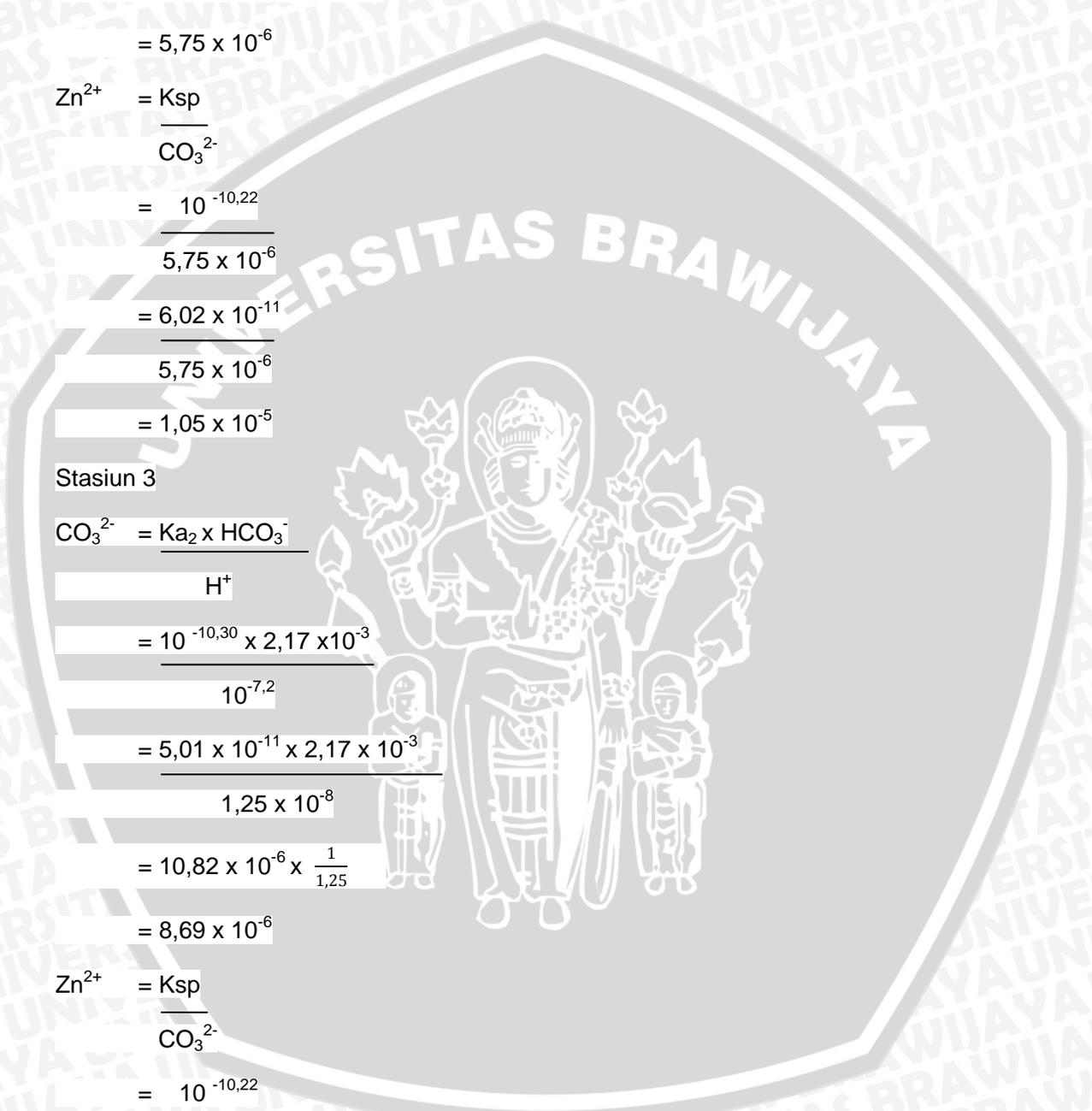


$$= \frac{10^{-10,22}}{8,69 \times 10^{-6}}$$

$$8,69 \times 10^{-6}$$

$$= \frac{6,02 \times 10^{-11}}{8,69 \times 10^{-6}} = 0,7 \times 10^{-5}$$

$$8,69 \times 10^{-6}$$



Lampiran 6. Perhitungan Uji T (Akar)

	<i>Avicennia alba</i>		<i>Sonneratia caseolaris</i>	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2
	$3,5 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-9}$	$2,4 \times 10^{-5}$	$5,7 \times 10^{-10}$
	$1,05 \times 10^{-5}$	$1,10 \times 10^{-10}$	$2,0 \times 10^{-5}$	4×10^{-10}
	$0,7 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-11}$	$0,5 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-11}$
total	$5,25 \times 10^{-5}$	$1,36 \times 10^{-9}$	$4,9 \times 10^{-5}$	$9,95 \times 10^{-10}$

$$(\sum X_1)^2 = (5,25 \times 10^{-5})^2 = 5,25 \times 10^{-10}$$

$$(\sum X_2)^2 = (4,9 \times 10^{-5})^2 = 4,9 \times 10^{-10}$$

$$S_1 = \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n}$$

$$= 1,36 \times 10^{-9} - \frac{5,25 \times 10^{-10}}{3}$$

$$= 1,36 \times 10^{-9} - 1,75 \times 10^{-10}$$

$$= -1,75 \times 10^{-10}$$

$$S_1^2 = 3,06 \times 10^{-20}$$

$$S_2 = \sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n}$$

$$= 9,95 \times 10^{-10} - \frac{4,9 \times 10^{-10}}{3}$$

$$= 9,95 \times 10^{-10} - 1,63 \times 10^{-10}$$

$$= 8,32 \times 10^{-10}$$

$$S_2^2 = 6,92 \times 10^{-19}$$

$$\text{Uji F} = \frac{S_2^2}{S_1^2} = \frac{6,92 \times 10^{-19}}{3,06 \times 10^{-20}} = 22,62$$

Fhit = 22,62 ; Ftab = 19,00 \rightarrow Fhit > Ftab = varian tidak sama

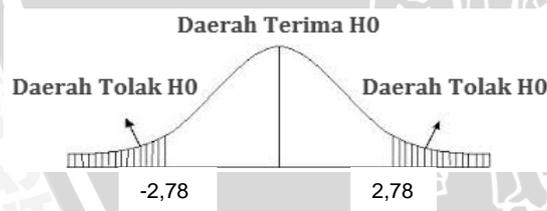
Uji T Dengan Varian Tidak Sama

$$DF = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2 + \left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \left[\left(\frac{3,06 \times 10^{-20}}{3} \right) + \left(\frac{6,92 \times 10^{-19}}{3} \right) \right]^2 \\
 &= \left[\frac{\left(\frac{3,06 \times 10^{-20}}{3} \right)^2}{2} + \frac{\left(\frac{6,92 \times 10^{-19}}{3} \right)^2}{2} \right] \\
 &= \frac{[1,02 \times 10^{-20} + 2,31 \times 10^{-19}]^2}{\left[\frac{(1,02 \times 10^{-20})^2}{2} \right] + \left[\frac{(2,31 \times 10^{-19})^2}{2} \right]} \\
 &= \frac{5,82 \times 10^{-38}}{\left[\frac{(1,04 \times 10^{-40})}{2} \right] + \left[\frac{(5,34 \times 10^{-38})}{2} \right]} \\
 &= \frac{5,82 \times 10^{-38}}{5,2 \times 10^{-41} + 2,67 \times 10^{-38}} \\
 &= \frac{5,82 \times 10^{-38}}{2,67 \times 10^{-38}} = 2,179 = 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T \text{ hitung} &= \frac{\Sigma X_1 - \Sigma X_2}{\sqrt{(S_1^2/n_1) + (S_2^2/n_2)}} \\
 &= \frac{5,25 \times 10^{-5} - 4,9 \times 10^{-5}}{\sqrt{(3,06 \times 10^{-20}/3) + (6,92 \times 10^{-19}/3)}} \\
 &= \frac{3,5 \times 10^{-6}}{\sqrt{1,02 \times 10^{-20} + 2,31 \times 10^{-19}}} \\
 &= \frac{3,5 \times 10^{-6}}{5,01 \times 10^{-10}} = 6986,03
 \end{aligned}$$

T table dengan selang kepercayaan 95% = 4,30



Kesimpulan :

H_0 ditolak, dengan kata lain H_1 diterima artinya terdapat perbedaan kandungan logam berat Zn^{2+} diakar mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*, nilai tertinggi kandungan Zn^{2+} terdapat pada akar *avicennia alba*, hal ini disebabkan karena letak *Avicennia alba* pada lokasi penelitian berada pada urutan paling depan dari laut ke darat kemudian diikuti dengan *Sonneratia caseolaris*, sehingga logam berat Zn^{2+} pada akar *Avicennia alba* lebih besar karena berhadapan langsung dengan perairan, selain itu juga pada lokasi



penelitian dan pada tiap stasiun akar nafas mangrove *Avicennia alba* lebih meluas bila dibandingkan dengan *Sonneratia caseolaris* yang lebih rapat. Hal ini juga mempengaruhi penyerapan logam berat pada perairan, dimana akar yang meluas kemungkinan dapat menyerap lebih beragam.



Lampiran 7. Perhitungan Uji T (Buah)

	<i>Avicennia alba</i>		<i>Sonneratia caseolaris</i>	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2
	$0,9 \times 10^{-5}$	$8,1 \times 10^{-11}$	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,69 \times 10^{-10}$
	$0,6 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-11}$	$0,8 \times 10^{-5}$	$6,4 \times 10^{-11}$
	$0,8 \times 10^{-5}$	$6,4 \times 10^{-11}$	$0,6 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-11}$
Total	$2,3 \times 10^{-5}$	$18,1 \times 10^{-11}$	$0,9 \times 10^{-5}$	$2,69 \times 10^{-10}$

$$(\sum X_1)^2 = (2,3 \times 10^{-5})^2 = 5,29 \times 10^{-10}$$

$$(\sum X_2)^2 = (0,9 \times 10^{-5})^2 = 8,1 \times 10^{-11}$$

$$S_1 = \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n}$$

$$= 18,1 \times 10^{-11} - \frac{5,29 \times 10^{-10}}{3}$$

$$= 18,1 \times 10^{-11} - 1,76 \times 10^{-10}$$

$$= 5 \times 10^{-12}$$

$$S_1^2 = 2,5 \times 10^{-23}$$

$$S_2 = \sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n}$$

$$= 2,69 \times 10^{-10} - \frac{8,1 \times 10^{-11}}{3}$$

$$= 2,69 \times 10^{-10} - 2,7 \times 10^{-11}$$

$$= 2,42 \times 10^{-10}$$

$$S_2^2 = 2,86 \times 10^{-20}$$

$$\text{Uji F} = \frac{S_2^2}{S_1^2} = \frac{2,86 \times 10^{-20}}{2,5 \times 10^{-23}} = 2342,56$$

Fhit = 2342,56 ; Ftab = 19,00 \rightarrow Fhit > Ftab = varian tidak sama

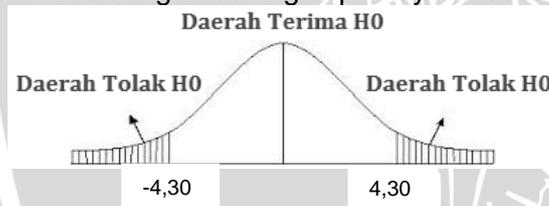
Uji T dengan varian tidak sama

$$DF = \frac{\left[\left(\frac{S_1^2}{n_1} \right) + \left(\frac{S_2^2}{n_2} \right) \right]^2}{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2 + \left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\left[\left(\frac{2,5 \times 10^{-23}}{3}\right) + \left(\frac{2,86 \times 10^{-20}}{3}\right)\right]^2}{\left[\frac{\left(\frac{2,5 \times 10^{-23}}{3}\right)^2}{2}\right] + \left[\frac{\left(\frac{4,6 \times 10^{-22}}{3}\right)^2}{2}\right]} \\
 &= \frac{[8,33 \times 10^{-24} + 9,53 \times 10^{-21}]^2}{\left[\frac{(8,33 \times 10^{-24})^2}{2}\right] + \left[\frac{(9,53 \times 10^{-21})^2}{2}\right]} \\
 &= \frac{9,10 \times 10^{-41}}{3,47 \times 10^{-47} + 4,54 \times 10^{-41}} = \frac{9,10 \times 10^{-41}}{4,54 \times 10^{-41}} = 2,004 = 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T \text{ hitung} &= \frac{\Sigma X_1 - \Sigma X_2}{\sqrt{(S_1^2/n_1) + (S_2^2/n_2)}} \\
 &= \frac{2,3 \times 10^{-5} - 0,9 \times 10^{-5}}{\sqrt{\left(\frac{2,5 \times 10^{-23}}{3} + \frac{2,86 \times 10^{-20}}{3}\right)}} \\
 &= \frac{1,4 \times 10^{-5}}{\sqrt{8,33 \times 10^{-24} + 9,53 \times 10^{-21}}} \\
 &= \frac{1,4 \times 10^{-5}}{9,77 \times 10^{-11}} = 143348,07
 \end{aligned}$$

T table dengan selang kepercayaan 95% = 4,30



Kesimpulan :

H_0 ditolak, dengan kata lain H_1 diterima artinya terdapat perbedaan kandungan logam berat Zn^{2+} di buah jenis mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*. Meskipun perbedaannya tidak signifikan, kandungan Zn^{2+} tertinggi terdapat pada buah mangrove sonnertia caseolaris, hal ini dikarenakan bentuk dari buah *Sonneratia caseolaris* yang biasa disebut Bogem/pedada lebih besar dan memiliki biji yang banyak, kemudian memiliki daging buah yang tebal bila dibandingkan dengan buah *Avicennia alba* yang kecil berbentuk seperti kacang, sehingga bogem dapat menyimpan/ mengakumulasi lebih banyak Logam berat Zn^{2+} didalamnya.

Lampiran 8. Perhitungan Uji T (Daun)

	<i>Avicennia alba</i>		<i>Sonneratia caseolaris</i>	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2
	$2,3 \times 10^{-5}$	$5,3 \times 10^{-10}$	$3,0 \times 10^{-5}$	9×10^{-10}
	$0,8 \times 10^{-5}$	$6,4 \times 10^{-11}$	$0,7 \times 10^{-5}$	$4,9 \times 10^{-11}$
	$0,5 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-11}$	$0,9 \times 10^{-5}$	$8,1 \times 10^{-11}$
Total	$3,6 \times 10^{-5}$	$6,2 \times 10^{-10}$	$4,6 \times 10^{-5}$	$1,03 \times 10^{-9}$

$$\Sigma X_1 = 3,6 \times 10^{-5}; (\Sigma X_1)^2 = 1,29 \times 10^{-9}$$

$$\Sigma X_2 = 4,6 \times 10^{-5}; (\Sigma X_2)^2 = 2,12 \times 10^{-9}$$

$$\begin{aligned} S_1^2 &= \Sigma X_1^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{n} \\ &= 6,2 \times 10^{-10} - \frac{1,29 \times 10^{-9}}{3} \\ &= 6,2 \times 10^{-10} - 4,3 \times 10^{-10} \\ &= 1,9 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

$$S_1^2 = 3,61 \times 10^{-20}$$

$$\begin{aligned} S_2^2 &= \Sigma X_2^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{n} \\ &= 1,03 \times 10^{-9} - \frac{2,12 \times 10^{-9}}{3} \\ &= 1,03 \times 10^{-9} - 7,07 \times 10^{-10} \\ &= 3,23 \times 10^{-10} \end{aligned}$$

$$S_2^2 = 1,04 \times 10^{-19}$$

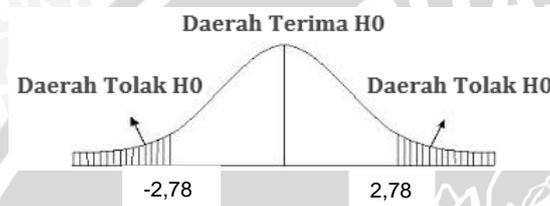
$$\text{Uji F} = \frac{S_2^2}{S_1^2} = \frac{1,04 \times 10^{-19}}{3,61 \times 10^{-20}} = 2,89$$

Fhit = 2,89; Ftab = 19,00 \rightarrow Fhit < Ftab = varian sama

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \\ &= \frac{(3-1)3,61 \times 10^{-20} + (3-1)1,04 \times 10^{-19}}{3 + 3 - 2} \\ &= \frac{7,22 \times 10^{-20} + 2,08 \times 10^{-19}}{4} = 2,80 \times 10^{-19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T \text{ hitung} &= \frac{\Sigma X_1 - \Sigma X_2}{s^2 \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}} \\
 &= \frac{3,6 \times 10^{-5} - 4,6 \times 10^{-5}}{2,80 \times 10^{-19} \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}} \\
 &= \frac{-1 \times 10^{-5}}{2,80 \times 10^{-19} \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}} \\
 &= \frac{-1 \times 10^{-5}}{2,29 \times 10^{-19}} = -4,37 \times 10^{13}
 \end{aligned}$$

T table dengan selang kepercayaan 95% = 2,78



Kesimpulan :

H_0 ditolak, dengan kata lain H_1 diterima artinya terdapat perbedaan kandungan logam berat Zn^{2+} pada daun jenis mangrove *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*. Meskipun perbedaannya tidak signifikan, kandungan Zn^{2+} tertinggi terdapat pada daun mangrove *Sonneratia caseolaris* karena memiliki kenampakan anatomi yang membatasi hilangnya uap air yang mencangkup kutikula tebal, lapisan lilin, dan stomata yang tersembunyi. Anatomi tersebut merupakan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yg memiliki sinar radiasi matahari dan suhu udara yang umumnya tinggi, sehingga mengakibatkan daun *Sonneratia caseolaris* sedikit melakukan penguapan, sedangkan logam berat apabila tidak dikeluarkan, maka akan disimpan dan diakumulasi dalam daun tersebut (Onrizal, 2005).