

**ANALISIS LOGAM BERAT SENGG (Zn) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE
Rhizophora mucronata SERTA SEDIMEN DI KAWASAN MANGROVE
WONOREJO, SURABAYA, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh :

**RENNIS PRAWITMA
NIM. 155080107111010**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**ANALISIS LOGAM BERAT SENGG (Zn) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE
Rhizophora mucronata SERTA SEDIMEN DI KAWASAN MANGROVE
WONOREJO, SURABAYA, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

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

Oleh :

**RENNIS PRAWITMA
NIM. 155080107111010**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

SKRIPSI

ANALISIS LOGAM BERAT SENG (Zn) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE
Rhizophora mucronata SERTA SEDIMEN DI KAWASAN MANGROVE
WONOREJO, SURABAYA, JAWA TIMUR

Oleh:

RENNIS PRAWITMA

NIM. 155080107111010

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 24 Juni 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP



Dr. Ir. M. Firdaus, MP
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal: 12 JUL 2019

Mengetujui,
Dosen Pembimbing



Andi Kurniawan, S.Pi, M.Eng, D.Sc
NIP. 19790331 200501 1 003
Tanggal: 12 JUL 2019

Judul : **ANALISIS LOGAM BERAT SENGG (ZN) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Rhizophora mucronata* SERTA SEDIMEN DI KAWASAN MANGROVE WONOREJO, SURABAYA, JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : RENNIS PRAWITMA

NIM : 155080107111010

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING :

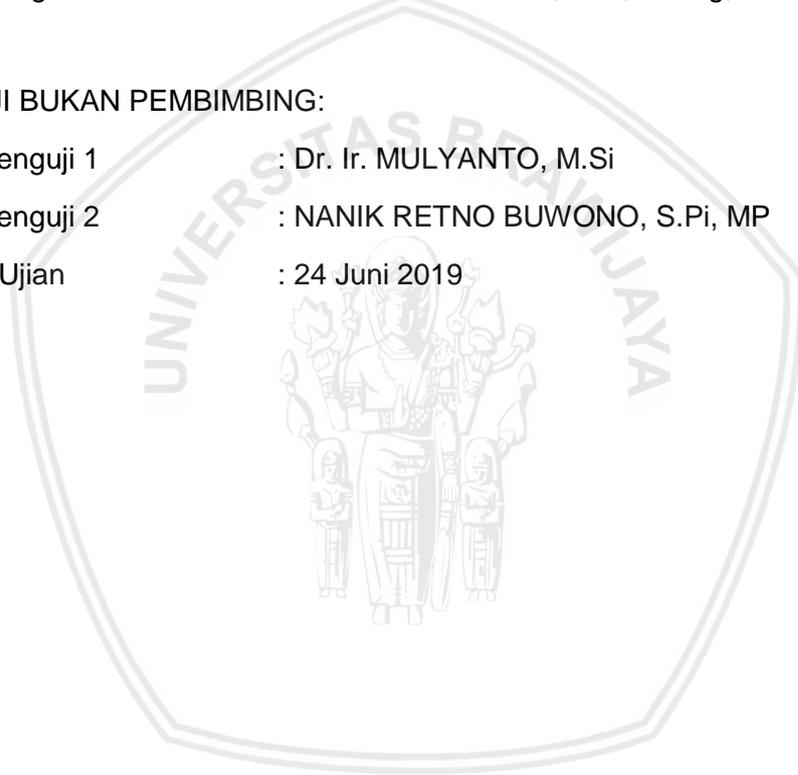
Pembimbing 1 : ANDI KURNIAWAN, S.Pi, M.Eng, D.Sc

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : Dr. Ir. MULYANTO, M.Si

Dosen Penguji 2 : NANIK RETNO BUWONO, S.Pi, MP

Tanggal Ujian : 24 Juni 2019



UCAPAN TERIMA KASIH

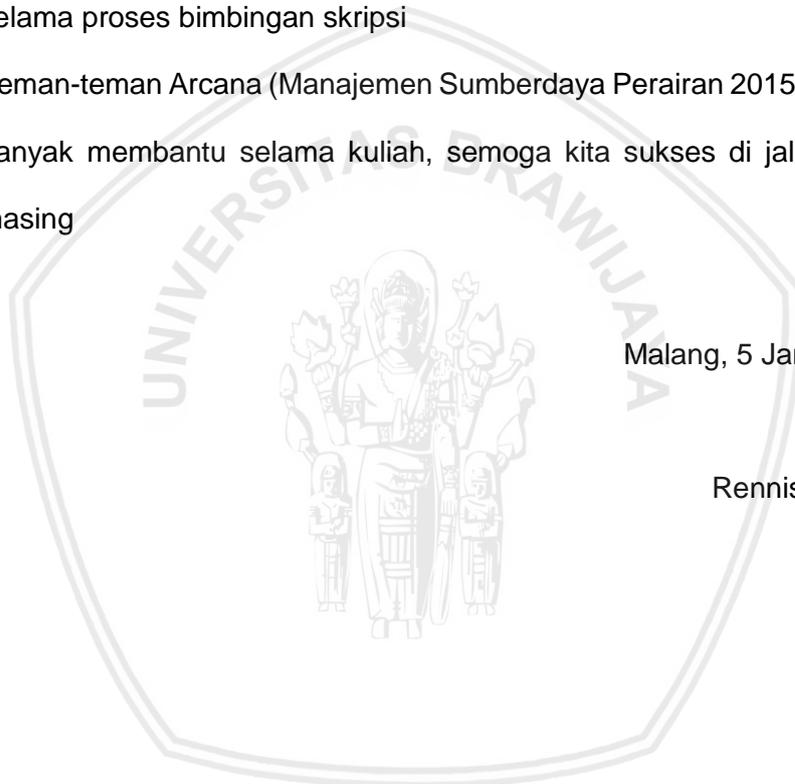
Penulis tidak lupa menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penyelesaian skripsi, yaitu :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan, keselamatan, dan hidayah, karunia dan kelancaran
2. Kedua orang tua, Bapak Kuswito dan Ibu Suprpti, adik saya Abell Dakustira, serta semua kerabat, saudara, sepupu Dinasti Sukari yang selalu mendukung, memberikan doa dan semangat selama proses penyelesaian skripsi
3. Bapak Andi Kurniawan, S.Pi, M. Eng, D. Sc selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memotivasi dan memberikan saran selama proses awal hingga akhir penyelesaian skripsi
4. Bapak Suwito selaku Kepala Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya yang telah memberikan izin melakukan peneitian, Ibu Ariyantie selaku staf yang telah membantu dalam proses administrasi, serta kedua bapak lapang yang telah membantu dalam pengambilan sampel
5. Assisten Bapak Andi (Mbak Luthfi dan Mas Amin) yang telah membantu selama proses konsultasi dan bimbingan skripsi
6. Teman 2nd Home (Vanity Kurnia Baihaqi, Dias Ayu Arimbi, dan Ulfa Nur Elinda) yang banyak membantu selama kuliah, saling mendukung serta menyemangati, serta sahabat yang paling mengerti satu sama lain
7. Teman Bahagia (Endah Sulistyowardhani dan Via Mufidatuddiniyah) yang selalu menghibur dan mendengarkan keluh kesah serta mendukung selama proses penyelesaian skripsi

8. Lilik, Lina, dan Vetty teman bermain bersama ketika sudah sama-sama jenuh
9. Teman-teman Authentic (Amazing Unique Science Three) 2015 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang menyebalkan namun terkadang menghibur dan mengajak meet up, semoga silaturahmi kita tetap terjaga
10. Teman-teman satu bimbingan (Vanity, Lina, Luthfia, Vina, Alfi, Wina, Aret, Erien, Kevin, Yoga, Sultan) yang telah menyemangati dan membantu selama proses bimbingan skripsi
11. Teman-teman Arcana (Manajemen Sumberdaya Perairan 2015) yang telah banyak membantu selama kuliah, semoga kita sukses di jalan masing-masing

Malang, 5 Januari 2019

Rennis Prawitma



RINGKASAN

RENNIS PRAWITMA, Analisis Logam Berat Seng (Zn) pada Akar dan Daun Mangrove *Rhizophora Mucronata* serta Sedimen di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur (dibawah bimbingan **Andi Kurniawan, S.Pi. M.Eng. D.Sc.**)

Mangrove memiliki fungsi ekologis untuk menyerap, mengangkut dan menimbun zat yang bersifat toksik yang berasal dari lingkungan tempat tumbuhnya, salah satunya logam berat. Mangrove dapat menyerap zat hara yang terdapat pada sedimen maupun air melalui akarnya. Banyaknya kegiatan industri di daerah Surabaya menjadi penyebab pencemaran logam berat khususnya seng (Zn) yang berasal dari berbagai aktivitas perindustrian. Bentuk usaha yang efektif untuk mengurangi pencemaran logam berat salah satunya dengan melakukan fitoremediasi menggunakan tanaman mangrove yang diketahui dapat mengakumulasi logam berat di lingkungan tumbuhnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi logam berat seng (Zn) pada akar dan daun jenis *Rhizophora mucronata* serta sedimen di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Februari 2019 di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur dengan pengambilan sampel dilakukan di tiga stasiun yaitu kawasan pemukiman, kawasan ekowisata mangrove dan muara sungai. Analisis konsentrasi logam berat seng (Zn) dilakukan di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang. Metode penelitian yang digunakan merupakan metode survey dan data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Pengujian kadar seng (Zn) menggunakan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*). Pengukuran kualitas air yang dilakukan meliputi pengukuran suhu, pH dan salinitas.

Hasil penelitian yang di dapatkan pada nilai BCF dan TF mangrove *Rhizophora mucronata* di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur memiliki nilai <1 yang berarti bahwa mangrove tersebut bersifat *excluder* dan fitostabilisasi terhadap logam berat seng (Zn). Hasil pengukuran kualitas air yaitu suhu berkisar antara 28-29°C, pH berkisar antara 7,73-8,18 sedangkan salinitas berkisar antara 1-3 ppt. Hasil pengukuran parameter kualitas air tersebut masih tergolong baik dan tidak melebihi ambang batas baku mutu. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai analisis konsentrasi logam berat seng (Zn) pada mangrove *Rhizophora mucronata* sebagai fitoakumulator logam berat serta membandingkan tingkat keefektifannya dengan spesies mangrove jenis lain.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “**ANALISIS LOGAM BERAT SENG (Zn) PADA AKAR DAN DAUN MANGROVE *Rhizophora mucronata* SERTA SEDIMEN DI KAWASAN MANGROVE WONOREJO, SURABAYA, JAWA TIMUR**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dalam penyusunan laporan selanjutnya sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai, Aamiin.

Malang, 5 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Waktu dan Tempat.....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Ekosistem Mangrove	6
2.1.1 Pengertian dan Habitat.....	6
2.1.2 Struktur dan Zonasi Hutan Mangrove	7
2.2 Morfologi dan Klasifikasi.....	8
2.2.1 <i>Rhizophora mucronata</i>	8
2.3 Logam Berat Seng (Zn)	8
2.3.1 Logam Berat.....	8
2.3.2 Seng (Zn).....	10
2.3.3 Logam Berat Zn di Perairan.....	11
2.3.4 Sumber Logam Zn	11
2.3.5 Konsentrasi Logam Berat di Perairan	12
2.3.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Zn dan Pengaruhnya pada Tumbuhan Mangrove.....	13
2.4 Parameter Kualitas Air	14
2.4.1 Parameter Fisika	14
2.4.2 Parameter Kimia.....	15
3. METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Materi Penelitian	17

3.2 Metode Penelitian.....	17
3.3 Variabel Penelitian	17
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.5 Teknik Pengambilan Sampel.....	18
3.5.1 Penetapan Titik Pengambilan Sampel.....	18
3.5.2 Teknik Pengambilan Sampel Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i>	19
3.5.3 Teknik Pengambilan Sedimen.....	19
3.6 Analisis Logam Berat Seng (Zn) pada Sampel Akar, Daun dan Sedimen.	20
3.7 Prosedur Parameter Kualitas Air	20
3.7.1 Parameter Fisika	20
3.7.2 Parameter Kimia.....	21
3.8 Analisis Data	22
3.8.1 Faktor Biokonsentrasi / <i>Bioconcentration Factor</i> (BCF).....	22
3.8.2 Faktor Translokasi / <i>Translocation Factor</i> (TF)	22
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	24
4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan.....	24
4.2.1 Stasiun 1	24
4.2.2 Stasiun 2.....	25
4.2.3 Stasiun 3.....	26
4.3 Kualitas Air di Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya.....	26
4.3.1 Parameter Fisika	27
4.3.2 Parameter Kimia.....	28
4.4 Konsentrasi Seng (Zn) pada Akar dan Daun Mangrove <i>Rhizophora mucronata</i> serta Sedimen	30
4.5 Analisis Data	33
4.5.1 Faktor Biokonsentrasi / <i>Bioconcentration Factor</i> (BCF).....	33
4.5.2 Faktor Translokasi / <i>Translocation Factor</i> (TF)	35
5. KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Hasil Pengukuran Kualitas Air.....	26
2. Data Hasil Pengujian Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn).....	30
3. Hasil Perhitungan Bioconcentration Factor (BCF).....	34
4. Hasil Perhitungan Translocation Factor (TF)	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Rhizophora mucronata</i> (Mulyono et al., 2018).....	8
2. Stasiun 1 (Kawasan Pemukiman)	25
3. Stasiun 2 (Kawasan Ekowisata).....	25
4. Stasiun 3 (Muara Sungai)	26
5. Hasil Pengukuran Suhu	27
6. Hasil Pengukuran pH.....	28
7. Hasil Pengukuran Salinitas	29
8. Hasil Pengukuran Kadar Seng (Zn)	32



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Variabel Penelitian	44
2. Alat dan Bahan.....	45
3. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	46
4. Dokumentasi Penelitian.....	47
5. Data Konsentrasi Seng (Zn) pada Akar	49
6. Data Konsentrasi Seng (Zn) pada Daun.....	50
7. Data Konsentrasi Seng (Zn) pada Sedimen	51
8. Perhitungan Nilai BCF (<i>Bioconcentration Factor</i>)	52
9. Perhitungan TF (<i>Translocation Factor</i>)	53



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Vegetasi mangrove adalah salah satu ekosistem pesisir yang memiliki berbagai peranan penting, baik secara biologi maupun fisik. Secara biologi, keberadaan mangrove berguna untuk keseimbangan ekosistem pesisir dan keberlanjutan biota laut. Secara fisik, keberadaan mangrove dapat mencegah pengikisan pantai, penahan gelombang, dan sebagai buffer air payau di area pemukiman penduduk (Purwanti *et al.*, 2017). Kawasan mangrove juga dapat mengalami kerusakan akibat alih fungsi lahan menjadi kawasan industri, pemukiman, area tambak, dan pembangunan industri pariwisata seperti hotel ataupun *resort* yang berada terlalu dekat dengan pantai sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem serta merubah karakteristik fisik maupun kimiawi pada habitat mangrove (Siburian dan Haba, 2016).

Mangrove merupakan pohon-pohon atau semak-semak yang tumbuh diantara batas air tertinggi saat air pasang dan batas air terendah sampai diatas rata-rata permukaan laut serta jenis tumbuhan berkayu yang tumbuh di sepanjang garis pantai di kawasan tropis maupun subtropis yang tumbuh di tanah tipe anaerob. Vegetasi mangrove umumnya ditumbuhi oleh pohon-pohon yang berbatang lurus dan tingginya mencapai 20-30 meter. Vegetasi yang terdapat pada kawasan mangrove ada berbagai jenis diantaranya *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Avicennia*, *Bruguiera*, *Xylocarpus*, *Ceriops*, *Lumnitzera*, *Languncularia*, *Suaeda*, *Aegialitis*, dan *Conocarpus* (Arief, 2003).

Logam berat merupakan komponen anorganik dan pencemar berbahaya bagi ekosistem perairan apabila jumlahnya melebihi baku mutu. Logam berat tidak dapat diuraikan (*non degradable*) yang dapat terakumulasi dalam tubuh organisme (Fardiaz, 1992). Logam berat dibutuhkan dalam jumlah sedikit di dalam tubuh,

sehingga apabila keberadaannya berlebih akan beracun. Pencemaran akibat logam berat disebabkan oleh buangan limbah industri, aktivitas pertambangan, limbah domestik, dan hujan asam. Logam berat bersifat akumulatif, apabila jumlahnya bertambah maka akan mengendap pada sedimen dan terakumulasi pada biota air (Fahrudin, 2018).

Berdasarkan peranannya untuk sistem biologis, logam berat diklasifikasikan menjadi logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam berat yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit untuk mendukung fungsi fisiologis, contohnya Mn, Fe, Zn, Cu, dan Ni. Logam berat non esensial adalah logam berat yang tidak dibutuhkan oleh organisme untuk mendukung fungsi fisiologis, contohnya Cd, Pb, As, dan Hg. Unsur-unsur logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam jaringan dan dapat konsentrasinya dapat meningkat ketika melewati tingkat trofik yang lebih rendah ke tingkat trofik yang lebih tinggi atau disebut dengan biomagnifikasi (Handayanto *et al.*, 2017).

Sumber utama masuknya logam berat di perairan adalah aktivitas alam dan aktivitas antropogenik. Logam berat tersebut diantaranya berasal dari aktivitas pertambangan, cairan limbah rumah tangga, limbah industri serta pertanian. Logam Zn merupakan salah satu logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan apabila konsentrasinya tinggi (Santosa, 2014). Logam Zn dalam jumlah sedikit berfungsi untuk mengatur kerja enzim. Zn juga diperlukan dalam proses fotosintesis untuk transfer hidrogen dan berperan dalam pembentukan protein (Effendi, 2003).

Kadar Zn (seng) di perairan alami <0,05 mg/l dan pada perairan laut yaitu 0,01 mg/l. Toksisitas Zn untuk organisme akuatik (algae, avertebrata, dan ikan) sangat bervariasi yaitu berkisar antara <1 mg/liter hingga >100 mg/l. Ambang batas kadar Zn pada air minum tidak lebih dari 5 mg/l. Toksisitas Zn akan menurun apabila kesadahan dan suhu meningkat serta menurunnya kadar oksigen terlarut.

Kadar Zn yang berlebih akan mengakibatkan kematian ikan dan organisme perairan lainnya (Effendi, 2003).

Mangrove memiliki fungsi ekologis untuk menyerap, mengangkut dan menimbun zat yang bersifat toksik yang berasal dari lingkungan tempat tumbuhnya, salah satunya logam berat. Mangrove dapat menyerap zat hara yang terdapat pada sedimen maupun air melalui akarnya. Penyerapan pada akar merupakan salah satu proses fitoremediasi. Logam berat dari akar ke bagian atas tumbuhan disebut translokasi yang dikendalikan oleh dua proses yaitu tekanan terhadap akar dan transpirasi daun (David *et al.*, 2016).

Kota Surabaya merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Timur yang mengalami perkembangan industri yang pesat. Perkembangan tersebut menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan yaitu kematian ikan yang disebabkan oleh adanya limbah domestik, sampah dan logam berat. Salah satu kawasan di Kota Surabaya yang mengalami pencemaran adalah Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Wilayah tersebut menerima aliran dari tiga sungai besar yaitu Sungai Kali Jagir Wonokromo, Wonorejo dan Gunung Anyar (Rachmawati *et al.*, 2018). Kondisi tersebut mengakibatkan konsentrasi logam seng (Zn) meningkat di perairan. Logam Zn merupakan salah satu logam berat esensial yang apabila konsentrasinya melebihi ambang batas akan mencemari perairan. Mangrove merupakan tanaman yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat, salah satunya logam berat seng (Zn), maka dari itu perlu dilakukan penelitian yang menjelaskan mengenai konsentrasi logam berat Zn pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* serta sedimen untuk mengetahui seberapa besar potensi *Rhizophora mucronata* serta sedimen untuk menyerap logam berat Zn yang berada di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur.

1.2 Rumusan Masalah

Banyaknya kegiatan industri seperti elektroplating, cat, dan metalurgi di daerah Surabaya menjadi penyebab pencemaran logam berat khususnya seng (Zn) yang berasal dari berbagai aktivitas perindustrian. Bentuk usaha yang efektif untuk mengurangi pencemaran logam berat salah satunya dengan melakukan fitoremediasi menggunakan tanaman mangrove yang diketahui dapat mengakumulasi logam berat di lingkungan tumbuhnya. Tumbuhan mangrove diduga mampu menyerap logam berat seng (Zn) dari sedimen pada bagian akar dan mentranslokasikan ke bagian lain seperti daun. Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang dapat diambil yaitu apakah terdapat perbedaan akumulasi logam berat Zn pada akar dan daun jenis *Rhizophora mucronata* serta sedimen di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi logam berat seng (Zn) pada akar dan daun jenis *Rhizophora mucronata* serta sedimen di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari hasil penelitian bagi masyarakat yaitu dapat memberikan informasi mengenai pentingnya menjaga kelestarian lingkungan dengan mempertimbangkan tingkat akumulasi logam berat yang terjadi serta dapat memberikan informasi tentang pengelolaan sumberdaya pesisir kawasan hutan mangrove secara terpadu untuk membatasi pembangunan di sekitar wilayah tersebut, sedangkan manfaat bagi mahasiswa yaitu dapat mengetahui, mempelajari, dan menambah pengetahuan serta wawasan tentang pencemaran logam berat seng (Zn) dan tingkat akumulasinya pada spesies *Rhizophora*

mucronata sehingga dapat dijadikan bioakumulator terhadap lingkungan sekitar serta dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2019 di kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur. Analisis konsentrasi logam berat seng (Zn) dilakukan di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Mangrove

2.1.1 Pengertian dan Habitat

Mangrove merupakan suatu komunitas tumbuhan yang terbentuk di daerah pasang surut. Mangrove dipengaruhi oleh pasang surut air laut, tergenang pada saat pasang naik dan bebas dari genangan pada saat pasang rendah. Ekosistem mangrove terdiri atas lingkungan biotik dan abiotik yang saling berhubungan (Adiwijaya, 2009). Hutan mangrove adalah hutan yang tumbuh di muara sungai, daerah pasang surut atau tepi laut. Tumbuhan mangrove merupakan gabungan dari ciri-ciri tumbuhan yang berada di darat dan di laut. Mangrove memiliki sistem perakaran yang menonjol atau disebut dengan akar nafas (pneumatofor). Mangrove merupakan karakteristik dari bentuk tanaman pantai, estuari, dan delta di tempat yang terlindung daerah tropis dan sub tropis. Mangrove adalah ekosistem yang terdapat diantara lautan dan daratan serta pada kondisi yang sesuai akan membentuk hutan yang ekstensif dan produktif (Mulyadi *et al.*, 2009).

Ekosistem mangrove merupakan kawasan ekosistem yang bisa disebut dengan *interface ecosystem* karena menghubungkan daratan ke arah pedalaman serta daerah pesisir muara. Hutan mangrove memiliki tiga fungsi pokok yaitu fungsi ekologis, fungsi ekonomi, dan fungsi lain (pariwisata, pendidikan, dan penelitian). Banyak jenis hewan yang berasosiasi dengan hutan mangrove yang sebagian besar daur hidupnya membutuhkan lingkungan mangrove. Kegiatan tersebut menimbulkan proses asimilasi energi. Kawasan mangrove juga menjadi penyedia bahan serta energi bagi kehidupan di pantai tropis yang serupa dengan peranan fitoplankton dan berbagai jenis alga di laut (Arief, 2003).

2.1.2 Struktur dan Zonasi Hutan Mangrove

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 (Susanto *et al.*, 2013). Keadaan hutan mangrove yang terbentuk tergantung pada kondisi yang mendukung, yaitu faktor biotik dan abiotik. Faktor abiotik utama yang mempengaruhi hutan mangrove adalah iklim (suhu, angin, curah hujan, dan lainnya) dan geomorfologi mangrove, salinitas, dan faktor-faktor lain (Kolinug *et al.*, 2014).

Pembagian zonasi hutan mangrove menurut Arief (2003), dapat dilakukan berdasarkan jenis vegetasi yang mendominasi dari arah laut ke daratan yaitu sebagai berikut :

- a. Zona *Avicennia* yang terletak pada lapisan terluar hutan mangrove. Pada zona tersebut tanah berlumpur lembek dan berkadar garam tinggi. Jenis *Avicennia* yang banyak ditemui adalah *Sonneratia spp.* Jenis-jenis ini memiliki perakaran yang kuat dan dapat bertahan dari hempasan ombak karena berada di bibir laut. Zona ini juga termasuk zona perintis karena terjadi penimbunan sedimen tanah akibat cengkaman perakaran tumbuhan jenis-jenis ini.
- b. Zona *Rhizophora* yang terletak di belakang zona *Avicennia* dan *Sonneratia*. Pada zona ini tanah berlumpur lembek dengan kadar garam lebih rendah serta perakaran tanaman tetap terendam selama air laut pasang.

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

2.2 Morfologi dan Klasifikasi

2.2.1 *Rhizophora mucronata*

Rhizophora mucronata mempunyai ciri bunga seperti cagak, bersifat biseksual, masing-masing menempel pada gagang yang bercabang, panjang 2,72–5,00 cm, letak diketiak daun. Lembaran mahkota lonjong, panjang 7,00–9,00 cm (Kamal, 2011). Klasifikasi *Rhizophora mucronata* menurut Duke (2006) adalah sebagai berikut :

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



(a) Pohon



(b) Buah

Gambar 1. *Rhizophora mucronata* (Mulyono *et al.*, 2018).

2.3 Logam Berat Seng (Zn)

2.3.1 Logam Berat

Logam berat merupakan logam transisi dengan nomor atom lebih besar dari 20 dan berat jenisnya lebih besar dari 5 g/cm³. Logam berat adalah unsur yang bersifat racun walaupun dalam konsentrasi yang rendah bagi hewan maupun tumbuhan. Nomor atom logam berat umumnya lebih besar dari 20 dan golongan 3-16 pada periode 4 atau lebih dalam tabel periodik (Handayanto *et al.*, 2017).

Logam berat terdapat dalam bentuk terlarut maupun tersuspensi. Logam berat dibutuhkan oleh organisme untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya pada kondisi alami (Yudo, 2006).

Logam berat jika sudah terserap dalam tubuh tidak dapat dihancurkan atau didegradasi tetapi akan tetap tinggal di dalamnya sehingga akan dibuang melalui proses ekskresi. Hal tersebut juga terjadi apabila suatu lingkungan perairan telah terkontaminasi logam berat maka proses pembersihannya akan sulit sekali dilakukan. Kontaminasi logam berat dapat berasal dari faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam diantaranya kegiatan vulkanik yang berasal dari gunung berapi dan kebakaran hutan. Faktor manusia diantaranya kegiatan pertambangan, pembakaran minyak bumi, industri, peternakan, pertanian, serta limbah rumah tangga (Advinda, 2018).

Logam berat terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi, dan biomagnifikasi oleh biota perairan. Logam-logam berat yang masuk ke dalam tubuh hewan tidak dikeluarkan kembali dari tubuh, melainkan terjadi penumpukan di dalam tubuh. Logam-logam tersebut akan terus berada di sepanjang rantai makanan. Hal tersebut disebabkan karena predator pada suatu trofik level yang lebih rendah telah tercemar (Hutabarat dan Evans, 1986).

Logam berat yang terdapat pada perairan berpengaruh pada kehidupan biologis. Kematian ikan dan organisme adalah akibat dari pencemaran logam berat atau kation logam berat pada fraksi tertentu pada lendir insang sehingga terselaputi lendir logam berat. Logam berat seperti timbal (Pb), Seng (Zn), dan tembaga (Cu) dapat mengakibatkan kematian ikan pada konsentrasi yang melebihi ambang batas.

2.3.2 Seng (Zn)

Seng merupakan salah satu unsur yang keberadaannya melimpah di alam. Konsentrasi seng di kerak bumi terdapat sekitar 70 mg/kg. Kadar seng di perairan alami sekitar <math><0,05\text{ mg/l}</math>, sedangkan pada perairan asam kadarnya dapat mencapai 50 mg/l. Seng (Zn) termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup yang berperan membantu kerja enzim dan tidak bersifat toksik pada manusia tetapi pada kadar yang tinggi dapat menimbulkan rasa pada air. Seng (Zn) biasa digunakan dalam industri besi, baja, cat, karet tekstil kertas dan bubur kertas (Yudo, 2006).

Seng (Zn) merupakan logam berat transisi dengan periode 4 kelompok IIB, nomor atom 30, berat atom 65,4 g/mol, berat jenis 7,14 g/cm³, titik leleh 419,5°C dan titik didih 906°C. Secara alami, seng (Zn) terdapat dalam tanah dan konsentrasi seng (Zn) akan meningkat akibat pengaruh antropogenik. Seng (Zn) masuk ke dalam perairan melalui kegiatan industri. Seng (Zn) dapat meningkatkan keasaman dalam air. Ikan dapat mengakumulasi Zn apabila di lingkungan hidupnya tercemar seng (Zn). Seng (Zn) dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme sehingga memperlambat dekomposisi bahan organik (Handayanto *et al.*, 2017).

Penyebaran seng di alam cukup luas, dapat ditemukan di air, udara, dan organisme hidup. Kontaminasi seng (Zn) di alam selalu bersama dengan logam berat lainnya seperti Kadmium (Cd). Perbandingan kedua logam berat tersebut berperan penting dalam efek seng (Zn) terhadap organisme. Seng (Zn) dalam keadaan tertentu mempunyai toksisitas yang rendah pada manusia, namun mempunyai toksisitas yang tinggi pada ikan sehingga konsentrasi maksimum keberadaan seng (Zn) untuk keperluan domestik maksimal 5 mg/l. Toksisitas seng dipengaruhi oleh temperatur dan tingkat kelarutan O₂ (Tolcin, 2008).

2.3.3 Logam Berat Zn di Perairan

Logam berat pada sistem akuatik dapat secara alami berasal melalui pelarutan lambat dari tanah atau batuan ke air. Produksi logam berat dalam konsentrasi rendah tidak menyebabkan efek yang berbahaya pada kesehatan manusia. Perkembangan industri, pertanian, dan pertambangan mendorong peningkatan polusi logam berat di lingkungan perairan melalui hulu serta anak sungai (Sericano *et al.*, 1995). Polusi logam berat dapat menyebabkan konsentrasi logam Hg, Cr, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, dan lain-lain pada sistem air meningkat dan terakumulasi hingga pada konsentrasi yang beracun (Güven *et al.*, 1999) kemudian menyebabkan dampak pada lingkungan dan manusia. Logam ini hanya dapat terdekomposisi dan menyebabkan polusi logam berat di kolom air. Oleh karena itu, logam berat dapat mengalami akumulasi dan biomagnifikasi melalui rantai makanan dan akhirnya terasimilasi pada tubuh manusia yang berpengaruh pada resiko kesehatan (Abdel-Baki *et al.*, 2011).

Logam berat seng (Zn) dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Bentuk terlarut yaitu berupa ion dan senyawa kompleks dengan senyawa organik dan anorganik. Bentuk tidak terlarut terdiri atas partikel dan senyawa kompleks metal yang teradsorpsi dan tersuspensi (Razak, 1980).

2.3.4 Sumber Logam Zn

Sumber logam berat seng (Zn) di perairan sebagian besar berasal dari kegiatan industri, karena logam berat sangat banyak dimanfaatkan dalam kegiatan industri, baik sebagai bahan baku, katalisator, fungisida, atau sebagai bahan *additive*. Limbah industri yang banyak mengandung logam berat ini akan terbawa oleh sungai atau udara ke dalam perairan. Oleh karena itu limbah industri merupakan limbah yang potensial bagi perairan. Jenis-jenis industri yang sama umumnya memakai bahan baku yang sama. Jumlah dan jenis logam berat yang

terdapat dalam limbah industri tergantung pada jenis dan proses industrinya sendiri. Logam berat seng (Zn) biasanya terdapat dalam lapisan logam berat, galvanisir cat, baterai, dan karet (Hutagalung, 1984).

Berbagai aktivitas industri mencakup pengilangan minyak bumi (hydrocracker), docking kapal, aktifitas pelabuhan, menjadi potensial sebagai sumber utama (point sources) pencemaran di perairan (Siregar dan Erdward, 2010). Sumber logam berat lainnya berasal dari *flocculation*, presipitasi, dan adanya proses produksi biologi yang menghasilkan material organik. Penggumpalan (*Flocculation*) terjadi di kawasan mangrove karena adanya pencampuran air yang mempunyai salinitas berbeda. Adanya perbedaan salinitas ini menyebabkan bertambahnya kekuatan ikatan ionik (*ionic strength*). *Flocculation* ini dipengaruhi oleh komponen organik maupun anorganik, termasuk didalamnya karena adanya padatan tersuspensi yang di bawa oleh air sungai, spesies koloidal dari besi (Fe) dan material organik terlarut seperti *material humic* (Chester, 1990).

2.3.5 Konsentrasi Logam Berat di Perairan

Konsentrasi logam berat seng (Zn) di perairan dapat meningkat apabila seng (Zn) berikatan dengan Cl^- apabila di kondisi perairan yang asam, sehingga akan mudah terlarut dan meningkatkan konsentrasi seng (Zn). Ion seng (Zn) akan mudah terserap ke dalam sedimen. Konsentrasi seng (Zn) di dalam air tidak berupa ion melainkan berbentuk senyawa (Hamzah dan Setiawan, 2010). Tinggi rendahnya daya larut logam berat di perairan tergantung pada kondisi lingkungan perairan. Daerah yang kekurangan oksigen akibat kontaminasi bahan organik, daya larut logam berat dapat lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat seperti seng (Zn) akan sulit larut pada perairan yang anoksik (Ramlal, 1987).

Logam berat yang mengendap bersama-sama dengan padatan tersuspensi akan memengaruhi kualitas sedimen di dasar perairan serta perairan

di sekitarnya. Konsentrasi logam berat perairan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara fase larutan dan padatan, khususnya perairan tersebut dan sedimen. Konsentrasi logam berat di daerah mangrove umumnya bersifat non konservatif atau mengalami perubahan (Chester, 1990).

2.3.6 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Zn dan Pengaruhnya pada Tumbuhan Mangrove

Mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. Penyerapan akan terus berjalan namun dalam jumlah terbatas dan akan terakumulasi di akar. Terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Setelah dari akar logam berat Zn akan di translokasikan ke jaringan lainnya yaitu batang dan daun kemudian mengalami kompleksasi dengan zat lain seperti fitokelatin (MacFarlane *et al.*, 2003). Tumbuhan secara umum mampu mengakumulasi logam berat hingga $> 1000 \text{ mg kg}^{-1}$ dan dikenal sebagai hiperakumulator. Pada dasarnya, tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat dan hal ini berkaitan dengan tujuan fitostabilisasi (Baker dan Brooks, 1989).

Akar mangrove dapat mengakumulasi logam berat diantaranya yaitu timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn). Selain akumulasi, mangrove juga memiliki upaya penanggulangan toksik diantaranya yaitu dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi). Mangrove 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). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, 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. Proses ini dibantu dengan aktivitas enzim yang mengatur dan mempercepat jalannya proses tersebut (Darmono, 1995).

2.4 Parameter Kualitas Air

2.4.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Aktivitas metabolisme serta penyebaran organisme air banyak dipengaruhi oleh suhu air. Pada umumnya suhu permukaan perairan adalah berkisar antara 28°C-31°C (Nontji, 2005). Mangrove dapat tumbuh dengan baik pada daerah tropis dengan temperatur di atas 20°C (Aksornkoe, 1993). Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan dalam proses metabolisme organisme di perairan. Suhu perairan dapat mengalami perubahan sesuai dengan musim, letak lintang suatu wilayah, letak tempat terhadap garis edar matahari, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran air, waktu pengukuran dan kedalaman air (Schaduw, 2018).

Suhu berperan penting dalam proses fisiologis, seperti fotosintesis dan respirasi. Pertumbuhan mangrove yang baik memerlukan suhu rata-rata minimal lebih besar dari 20°C dan perbedaan suhu musiman tidak melebihi 5°C (Wantasen, 2013). Suhu mempengaruhi konsentrasi logam berat pada suatu lingkungan, suhu yang tinggi akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan konsentrasi logam berat, naiknya suhu pada perairan akan mempercepat reaksi dalam pembentukan ion-ion logam berat (Jupriyati *et al.*, 2013). Suhu juga mengatur kehidupan organisme perairan. Keberadaan suatu spesies dan keadaan seluruh kehidupan suatu komunitas cenderung bervariasi dengan berubahnya suhu. Suhu akan

mempengaruhi sirkulasi air, sebaran biota (ikan), daur kimia dan sebaran sifat-sifat fisik air lainnya (Latupapua, 2011).

2.4.2 Parameter Kimia

a. pH (*Power of Hydrogen*)

Power of Hydrogen (pH) atau derajat keasaman merupakan suatu ukuran dari konsentrasi ion hidrogen serta dapat menunjukkan kondisi dari perairan. Secara umum, nilai pH menunjukkan seberapa asam atau basa suatu perairan (Widigdo dan Pariwono, 2002). Derajat keasaman (pH) dalam air merupakan salah satu faktor kimia yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang hidup di suatu lingkungan perairan. Tinggi atau rendahnya nilai pH air tergantung pada beberapa faktor yaitu, kondisi gas-gas dalam air seperti CO₂, konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan (Barus, 2001).

Derajat keasaman (pH) semakin meningkat ke arah laut lepas. Tinggi rendahnya pH dapat disebabkan oleh sedikit banyaknya bahan organik dari darat yang dibawa melalui aliran sungai. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme perairan pada umumnya berkisar antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan mengganggu kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan pada proses metabolisme dan respirasi (Kusumaningtyas *et al.*, 2014). Penurunan pH juga akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar dimana sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan yang sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan (Yan *et al.*, 2010).

b. Salinitas

Salinitas adalah jumlah garam-garam terlarut yang terkandung dalam satu kilogram air laut, yang dinyatakan dalam satuan perseribu (ppt). Jenis garam yang paling banyak terdapat didalam air laut yaitu natrium klorida (NaCl). Selain itu

terdapat pula jenis garam yang lain seperti magnesium, kalsium dan lain sebagainya (Nontji, 2005). Salinitas di perairan mengalami perubahan tergantung pengaruh masukan air tawar dari aliran air sungai. Berbagai aktivitas manusia juga dapat mempengaruhi salinitas perairan pesisir akibat dari kegiatan yang dilakukan di dekat muara sungai, seperti pembendungan sungai atau kanal) (Nybakken, 1992). Perairan yang mengalami evaporasi yang tinggi maka akan terdapat salinitas yang tinggi, sedangkan penurunan salinitas disebabkan oleh curah hujan serta masukan air dari sungai. Salinitas juga akan berfluktuasi tergantung pada keadaan musim (Williams, 1979). Salinitas yang tinggi ($> 35 \text{ ‰}$) dapat berpengaruh buruk bagi vegetasi mangrove, karena dampak dari tekanan osmotik yang negatif (Bengen, 2002). Pudjirahayu et al.(2017) mengemukakan bahwa perubahan salinitas secara spasial tidak berpengaruh langsung terhadap vegetasi tetapi dapat membahayakan biota lain yang berasosiasi dengan vegetasi. Peningkatan salinitas dapat menyebabkan kematian bagi biota termasuk fitoplankton sebagai penghasil oksigen, akibatnya konsentrasi oksigen terlarut di perairan dapat mengalami penurunan. Peningkatan ketebalan lumpur dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut. Hal ini dapat terjadi karena penambahan substrat berasal dari arus pasang yang membawa substrat lumpur sehingga seringkali menyebabkan peningkatan kekeruhan air. Air yang keruh akan menyulitkan penetrasi cahaya masuk ke permukaan air sehingga mengakibatkan fitoplankton tidak dapat berfotosintesis secara optimal, akibatnya jumlah oksigen terlarut yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Nilai salinitas perairan laut mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat (Jupriyati *et al.*, 2013).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Penelitian ini didukung oleh data primer dan data sekunder. Data primer meliputi observasi lapang dengan mengambil sampel akar yaitu akar nafas pada bagian ujung dan pangkal serta daun *Rhizophora mucronata* serta sedimen untuk diuji konsentrasi logam berat seng (Zn). Data pendukung lainnya diperoleh dari uji kualitas air yaitu suhu, salinitas dan pH. Data sekunder diambil dari kajian pustaka seperti jurnal ilmiah, buku, skripsi dan majalah. Pola hubungan antara konsentrasi Zn yang terdapat pada tanaman mangrove menggunakan rumus *Bioconcentration Factor* (BF) dan *Translocation Factor* (TF). Penentuan titik lokasi pengambilan sampel menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survey. Metode survey merupakan metode untuk mengumpulkan data yang bersifat deskriptif, asosiasi, dan logika sebab akibat. Survey adalah suatu rancangan yang digunakan untuk menyediakan informasi yang berhubungan dengan prevalensi, distribusi, dan hubungan antar variabel dalam suatu populasi (Morison, 2017). Penelitian dilakukan di Kawasan Mangrove Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Jawa Timur yang tercemar logam berat seng (Zn) serta untuk mengetahui besarnya konsentrasi logam berat seng (Zn) yang terdapat pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* serta sedimen dilakukan pengujian di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan pokok data yang akan dianalisa berdasarkan materi penelitian yang ada. Variabel tersebut merupakan faktor-faktor

yang dapat diubah dan segala sesuatu yang memiliki nilai yang berbeda serta dapat diukur. Variabel penelitian ini dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian yang diperlukan dalam penelitian analisis logam berat seng (Zn) pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* serta sedimen di Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya, Jawa Timur dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

3.5 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini terdiri atas penetapan stasiun pengambilan sampel serta teknik pengambilan sampel tanaman mangrove dan sedimen. Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama pengambilan sampel di lapang, sedangkan tahap kedua adalah tahap analisis konsentrasi seng (Zn) di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang.

3.5.1 Penetapan Titik Pengambilan Sampel

Metode yang digunakan dalam penetapan stasiun pengambilan sampel adalah metode survey. Survey dilakukan di Kawasan Mangrove Wonorejo, Kecamatan Rungkut Kota Surabaya, Jawa Timur. Tujuan survey ini adalah untuk mengetahui vegetasi mangrove yang ada di kawasan tersebut yang digunakan untuk lokasi penelitian dan penentuan titik pengambilan sampel. Penetapan stasiun pengambilan sampel dilakukan berdasarkan daerah persebaran *Rhizophora mucronata* di Kawasan Mangrove Wonorejo dengan mengambil tiga titik stasiun. Ketiga stasiun diantaranya daerah pemukiman, ekowisata dan muara. Stasiun tersebut diambil berdasarkan aktivitas utama yang paling berpengaruh pada kawasan tersebut. Setiap stasiun diambil sampel akar dan daun *Rhizophora mucronata* serta sedimen sebanyak tiga kali dalam satu kali penelitian. Pengujian

kualitas air dilakukan di setiap stasiun. Jarak dan koordinat antar stasiun ditentukan menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

3.5.2 Teknik Pengambilan Sampel Mangrove *Rhizophora mucronata*

Pengambilan sampel akar dan daun *Rhizophora mucronata* diambil dari pohon yang memiliki lingkaran pohon sekitar 20-25 cm dengan tinggi kurang lebih 3-5 m. Mangrove yang diambil merupakan mangrove yang sudah cukup tua dan diperkirakan berumur sama sehingga dapat diasumsikan mangrove tersebut dapat dijadikan agen bioremediasi bagi lingkungan hidupnya. Bagian-bagian yang diambil adalah:

a. Akar

Bagian akar yang diambil adalah akar nafas atau disebut dengan *pneumatophora* yang berada dibagian ujung diluar permukaan sedimen dan bagian pangkal yang terbenam di dalam sedimen dengan diameter sekitar 0,4-0,6 cm. Akar diambil menggunakan sabit dengan panjang sekitar 10 cm dan dimasukkan ke dalam plastik klip kemudian ditandai dengan menggunakan kertas label.

b. Daun

Bagian daun yang diambil adalah daun yang dianggap sudah tua yang dicirikan berwarna hijau tua dengan panjang sekitar 4-8 cm. Pengambilan daun sebanyak 5-7 lembar pada satu pohon. Pengambilan sampel daun di setiap stasiun sebanyak tiga kali pada pohon yang berbeda tetapi dengan diameter pohon yang diperkirakan sama.

3.5.3 Teknik Pengambilan Sedimen

Teknik pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan cetok. Sampel sedimen diambil di setiap stasiun yaitu di kawasan pemukiman, ekowisata dan muara sungai. Sedimen yang diambil yaitu yang berada di dekat mangrove

Rhizophora mucronata, kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip yang telah ditandai menggunakan kertas label. Sampel yang sudah ditandai, diletakkan di *cool box* untuk dianalisis di laboratorium.

3.6 Analisis Logam Berat Seng (Zn) pada Sampel Akar, Daun dan Sedimen

Tahapan yang dilakukan untuk menganalisis konsentrasi seng (Zn) pada akar dan daun mangrove berdasarkan metode yang dilakukan di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Malang yaitu:

- a. Melakukan preparasi sampel akar dan daun yang akan diuji dengan menimbang sebanyak 1 gram masing-masing sampel.
- b. Menambahkan HNO₃, akuades, H₂SO₄ masing-masing sebanyak 10 ml pada sampel yang sudah ditimbang, kemudian sampel dihaluskan menggunakan mortal.
- c. Memanaskan sampel pada hotplate dengan suhu 200⁰C sampai kuning pekat hingga kembali berwarna kuning terang selama 2-3 jam.
- d. Mengangkat sampel yang sudah dipanaskan dan meletakkannya pada meja hingga asap pada sampel hilang selama kurang lebih 24-48 jam.
- e. Menyaring sampel menggunakan kertas saring kemudian di diamkan kembali hingga asapnya benar-benar hilang.
- f. Menganalisis sampel dengan metode AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*) tipe AA6000 dengan panjang gelombang 235,5 nm serta mencatat hasil dengan satuan ppm.

3.7 Prosedur Parameter Kualitas Air

3.7.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Pengukuran suhu di perairan menggunakan thermometer TP3001 dengan prosedur sebagai berikut:

- Menetesi thermometer TP3001 dengan akuades
- Membersihkan thermometer TP3001 dengan tisu
- Menekan tombol power/on
- Memasukkan thermometer TP3001 ke dalam perairan hingga tanda batas
- Menunggu beberapa saat agar angka yang menunjukkan besar suhu stabil
- Menekan tombol hold apabila angka sudah stabil
- Mencatat hasil yang tertera
- Menekan tombol off

3.7.2 Parameter Kimia

a. pH (*Power of Hydrogen*)

Pengukuran pH di perairan menggunakan pH meter dengan prosedur sebagai berikut:

- Menetesi pH meter dengan akuades
- Membersihkan pH meter dengan tisu
- Memasukkan sensor pH meter ke dalam perairan hingga tanda batas
- Menunggu sekitar 1-2 menit hingga nilai pH stabil
- Mencatat nilai pH yang tertera
- Menekan tombol off

b. Salinitas

Pengukuran salinitas menggunakan refraktometer dengan prosedur sebagai berikut:

- Menetesi refraktometer menggunakan akuades
- Mengelap refraktometer menggunakan tisu dengan cara searah
- Mengambil air sampel menggunakan pipet tetes
- Menaruh air sampel sebanyak satu tetes pada kaca prisma refraktometer
- Menutup kaca prisma refraktometer
- Mengarahkan refraktometer ke arah datangnya cahaya & mencatat hasil

3.8 Analisis Data

3.8.1 Faktor Biokonsentrasi / *Bioconcentration Factor* (BCF)

Faktor biokonsentrasi digunakan untuk menghitung kemampuan akar maupun daun mangrove dalam mengakumulasi logam berat (MacFarlane *et al.*, 2002). Tanaman yang memiliki nilai biokonsentrasi >1 merupakan tanaman yang dapat dijadikan bioakumulator logam berat (Handayani *et al.*, 2018). BCF dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar atau Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Sedimen}}$$

Nilai BCF dibagi menjadi 3 (tiga) kategori, apabila nilai BCF>1 maka tanaman tersebut dikatakan sebagai akumulator. Nilai BCF=1 dapat dikategorikan sebagai indikator, sedangkan nilai BCF<1 dikategorikan sebagai *excluder* (Baker, 1981). Akumulator artinya tumbuhan mengakumulasi konsentrasi logam yang tinggi pada bagian aerial tumbuhan, tumbuhan ini menyerap kadar kontaminan yang tinggi dan diendapkan dalam akar, batang, daun atau tunas. Indikator artinya tumbuhan mentoleransi keberadaan konsentrasi logam dengan menghasilkan senyawa pengikat logam atau mengubah susunan logam dengan menyimpan logam pada bagian yang tidak sensitif. Sedangkan *excluder* berarti tumbuhan akan mencegah masuknya logam dari bagian aerial atau menjaga agar konsentrasi logam tetap rendah dalam tanah (Irawanto *et al.*, 2015).

3.8.2 Faktor Translokasi / *Translocation Factor* (TF)

Faktor Translokasi (TF) logam berat digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun (Nugrahanto *et al.*, 2014).. Faktor translokasi menurut Handayani *et al.* (2018) dihitung dengan rumus:

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar}}$$

Tanaman yang memiliki nilai faktor biokonsentrasi dan translokasi >1 dapat digunakan sebagai bioakumulator yang artinya tanaman dapat mengakumulasi logam berat dari lingkungannya (Usman *et al.*, 2013). Biokonsentrasi dengan nilai > 2 dianggap bernilai tinggi (Mellem *et al.*, 2012). Tanaman dapat digunakan sebagai fitostabilizer jika memiliki faktor biokonsentrasi >1 dan faktor translokasi <1 dan sebagai fitoekstraksi jika memiliki nilai biokonsentrasi <1 dan faktor translokasi >1 (Sopyan *et al.*, 2014). Fitoekstraksi berarti bahwa tumbuhan melakukan penyerapan zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan. Zat kontaminan kemudian ditranslokasikan ke seluruh tubuh seperti batang, daun dan akar. Fitostabilisasi merupakan proses penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan polutan dalam zona akar. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak terbawa oleh aliran air dalam media. Proses ini akan mengurangi mobilisasi kontaminan dan mencegah berpindahannya ke air tanah atau udara (Proklamasiningsih dan Hernayanti, 2010).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Lokasi ekowisata mangrove terletak di Wonorejo Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Ekowisata tersebut berada di bagian timur Kota Surabaya dengan luas sekitar 800 ha. Secara geografis, wilayah tersebut berada pada ketinggian 2,5 m dari permukaan laut dan terletak pada koordinat 7^o18'21" LS dan 112^o50'39" BT. Wilayah tersebut menerima aliran dari tiga sungai besar yaitu Kali Jagir Wonokromo, Wonorejo dan Gunung Anyar (Rachmawati *et al.*, 2018). Batas-batas wilayah tersebut yaitu:

- Sebelah utara : Kelurahan Keputih, Sukolilo
- Sebelah selatan : Kelurahan Medokan Ayu, Rungkut
- Sebelah barat : Kelurahan Penjaringansari, Rungkut
- Sebelah timur : Selat Madura

4.2 Deskripsi Stasiun Pengamatan

4.2.1 Stasiun 1

Stasiun 1 lokasi pengambilan sampel terletak di dekat pemukiman penduduk. Kawasan ini terdapat berbagai macam aktivitas manusia sehingga mengakibatkan penyebaran sampah rumah tangga yang di dominasi oleh sampah plastik, hal tersebut terjadi karena masih banyak warga yang masih membuang sampah sembarangan di daerah tersebut. Kondisi air di wilayah tersebut keruh dan sedikit berbau. Kondisi stasiun 1 ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Stasiun 1 (Kawasan Pemukiman)

4.2.2 Stasiun 2

Stasiun 2 lokasi pengambilan sampel terletak di daerah wisata edukasi ekowisata mangrove. Daerah ini merupakan daerah yang terawat karena dikelola oleh Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kota Surabaya. Banyak berbagai jenis mangrove yang terdapat di stasiun ini. Kerapatan mangrove juga lebih tinggi dibandingkan dua stasiun lainnya. Kondisi airnya keruh dengan arus yang lamban. Kegiatan lain yang terdapat di stasiun ini adalah wahana transportasi berupa perahu yang digunakan para wisatawan untuk mengelilingi area edukasi Ekowisata Mangrove Wonorejo. Kondisi stasiun 2 ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Stasiun 2 (Kawasan Ekowisata)

4.2.3 Stasiun 3

Stasiun 3 lokasi pengambilan sampel terletak di muara Sungai Rungkut. Daerah ini merupakan muara yang terakumulasi oleh berbagai macam sampah domestik yang mayoritas terdiri atas sampah plastik. Kondisi air pada stasiun ini sangat keruh dengan arus berkecepatan sedang karena dipengaruhi oleh gelombang dari laut. Kondisi stasiun 3 ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Stasiun 3 (Muara Sungai)

4.3 Kualitas Air di Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya

Pengukuran kualitas air di Kawasan Mangrove Wonorejo dilakukan di tiga stasiun. Kondisi antar stasiun menunjukkan hasil yang berbeda. Hasil keseluruhan pengukuran kualitas air dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Kualitas Air

Stasiun	Parameter Fisika	Parameter Kimia	
	Suhu	Salinitas	pH
1	29 °C	1 ppt	7,73
2	28,8 °C	2 ppt	7,95
3	29 °C	3 ppt	8,18
Baku Mutu*)	28-32°C	34 ppt	7-8,5

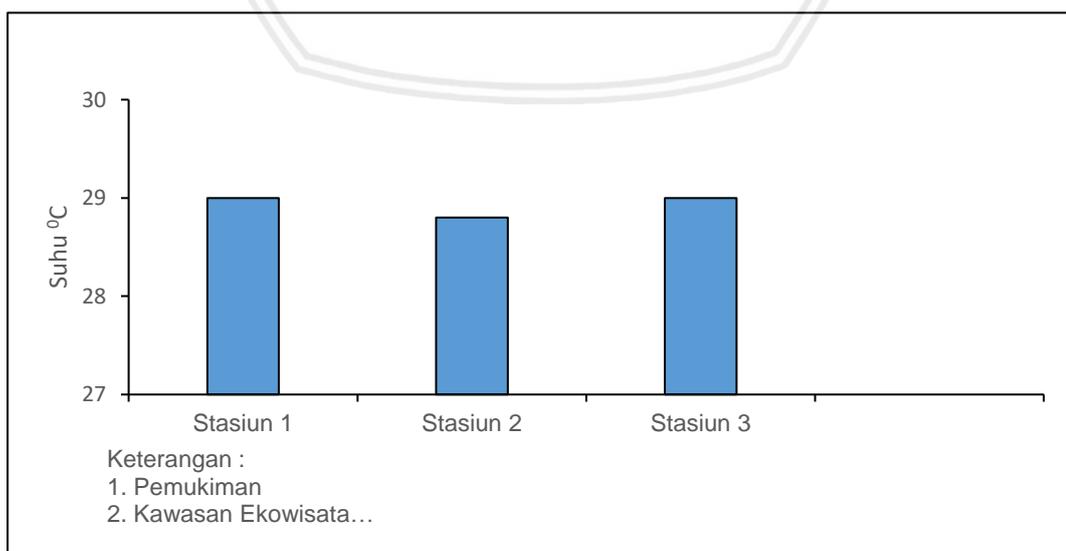
^{*)}Sumber : Standar Baku Mutu Lingkungan Menurut Kepmen Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air diatas yang kemudian dibandingkan dengan nilai baku mutu, maka dapat dilihat bahwa nilai pengukuran parameter kualitas air masih sesuai dengan nilai baku mutu yang ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi pada masing-masing stasiun masih dalam kondisi baik. Analisis masing-masing parameter tersebut diantara lain:

4.3.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Suhu pada Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya di stasiun 1 sebesar 29 °C, stasiun 2 sebesar 28,8 °C, stasiun 3 sebesar 29 °C. Rata-rata hasil pengukuran suhu adalah 28,93 °C. Standar baku mutu untuk nilai suhu menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yaitu berkisar antara 28 °C-32 °C. Berdasarkan hasil tersebut maka suhu kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya masih sesuai dengan nilai baku mutu. Suhu yang baik untuk mangrove tidak kurang dari 20 °C. Aktivitas metabolisme serta penyebaran organisme air banyak dipengaruhi oleh suhu air. Pada umumnya suhu permukaan perairan adalah berkisar antara 28 °C-31 °C (Ulqodry *et al.*, 2010).



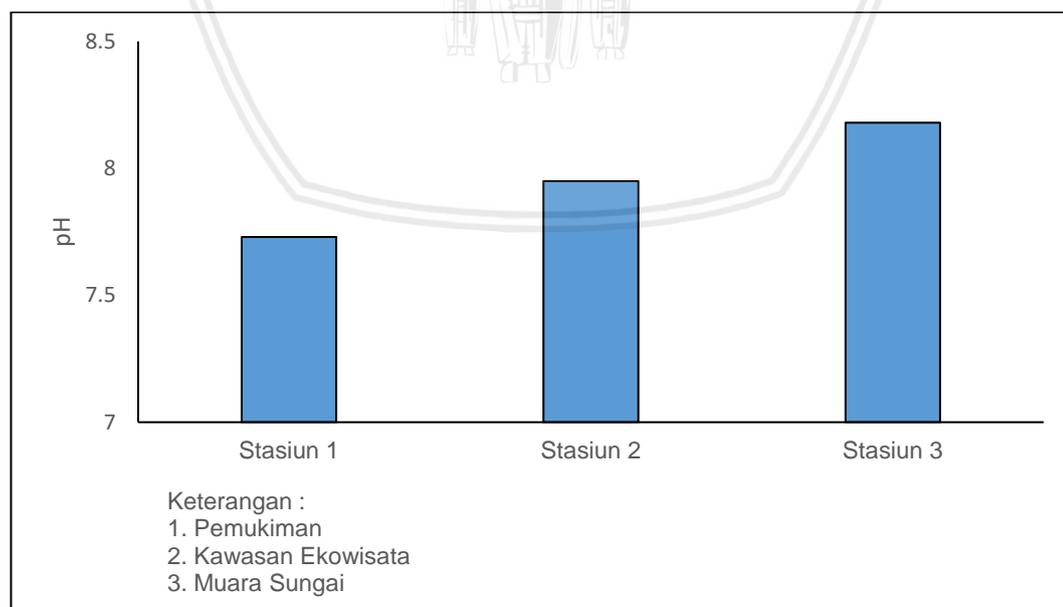
Gambar 5. Hasil Pengukuran Suhu

Grafik pada Gambar 6 diatas menunjukkan hasil pengukuran suhu. Nilai suhu antar stasiun tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Hal tersebut dikarenakan penetrasi cahaya yang masuk pada masing-masing stasiun hampir sama, hanya pada stasiun 2 yang memiliki suhu yang lebih rendah dibandingkan suhu di stasiun lain. Intensitas cahaya yang masuk ke dalam semua stasiun sama sehingga suhu relatif sama (Andrianto *et al.*, 2015).

4.3.2 Parameter Kimia

a. pH (*Power of Hydrogen*)

Hasil keseluruhan nilai pH di Kawasan Mangrove Wonorejo pada stasiun 1 memiliki nilai pH 7,73, pada stasiun 2 memiliki nilai pH 7,95 sedangkan pada stasiun 3 memiliki pH 8,18. Standar baku mutu untuk nilai pH menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 berkisar antara 7-8,5. Berdasarkan hasil tersebut maka kisaran nilai pH pada Kawasan Mangrove Wonorejo masih sesuai dengan nilai standar baku mutu. Grafik hasil pengukuran pH dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

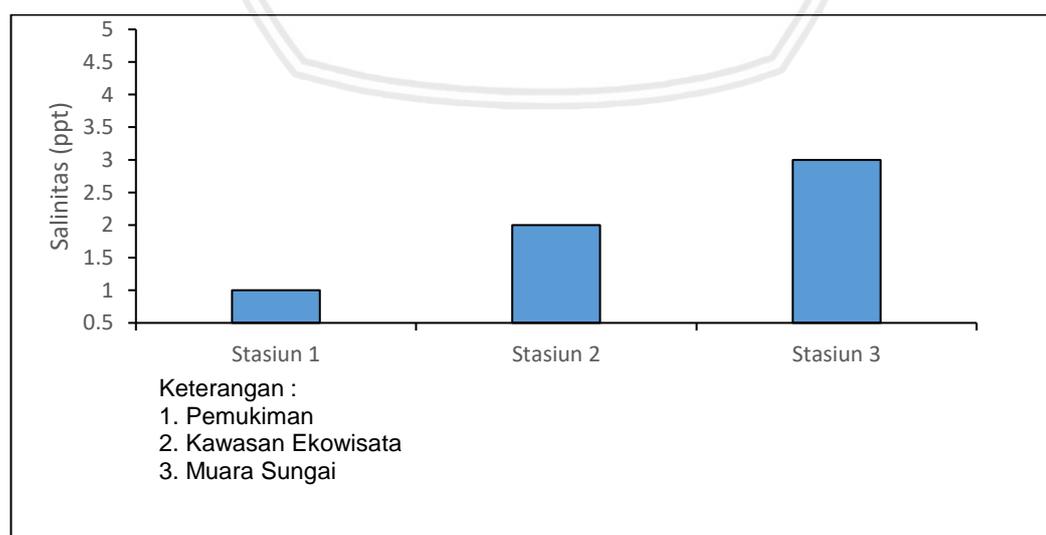


Gambar 6. Hasil Pengukuran pH

Nilai pH dari stasiun 1 ke stasiun 2, kemudian ke stasiun 3 mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan. Hasil nilai pH tersebut menunjukkan pengaruh aliran air yang cenderung basa karena menunjukkan perbedaan yang tidak begitu besar dan tergolong homogen (Petra *et al.*, 2012). Nilai pH perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain salinitas, aktivitas fotosintesis, aktivitas biologi, suhu konsentrasi oksigen dan adanya kation serta anion dalam perairan (Andrianto *et al.*, 2015). Penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar dimana sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan yang sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan (Jupriati *et al.*, 2013).

b. Salinitas

Nilai salinitas Kawasan Mangrove Wonorejo pada stasiun 1 sebesar 1 ppt, stasiun 2 sebesar 2 ppt, sedangkan stasiun 3 sebesar 3 ppt. Standar baku mutu untuk nilai salinitas menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 maksimal sebesar 34 ppt. Berdasarkan hasil tersebut maka nilai salinitas pada Kawasan Mangrove Wonorejo masih sesuai dengan nilai standar baku mutu. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 7. Hasil Pengukuran Salinitas

Salinitas pada semua stasiun tergolong rendah namun masih memenuhi kriteria baku mutu. Nilai salinitas yang rendah tersebut diakibatkan oleh komposisi air tawar dari sungai yang lebih mendominasi daripada air laut. Pada umumnya respon pertumbuhan mangrove yang baik diperoleh pada salinitas yang rendah. Hal ini terjadi karena tumbuhan mangrove bukan merupakan tumbuhan yang membutuhkan garam (*salt demand*) tetapi tumbuhan yang toleran terhadap garam (*salt tolerance*). Mangrove bukan halofit obligat, yang berarti bahwa tumbuhan mangrove dapat tumbuh pada air tawar, tetapi ditambahkan bahwa mangrove akan tumbuh maksimum pada pertengahan antara air tawar dan air laut (Hutahaean *et al.*, 1999).

4.4 Konsentrasi Seng (Zn) pada Akar dan Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* serta Sedimen

Pengukuran konsentrasi seng (Zn) pada akar, daun dan sedimen dilakukan pada tiga stasiun di Kawasan Mangrove Wonorejo. Nilai konsentrasi Zn pada masing-masing sampel setiap stasiun dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Konsentrasi Logam Berat Seng (Zn)

Stasiun	Konsentrasi Zn (ppm)		
	Akar	Daun	Sedimen
1	0,093	0,043	0,185
2	0,081	0,032	0,196
3	0,080	0,026	0,177

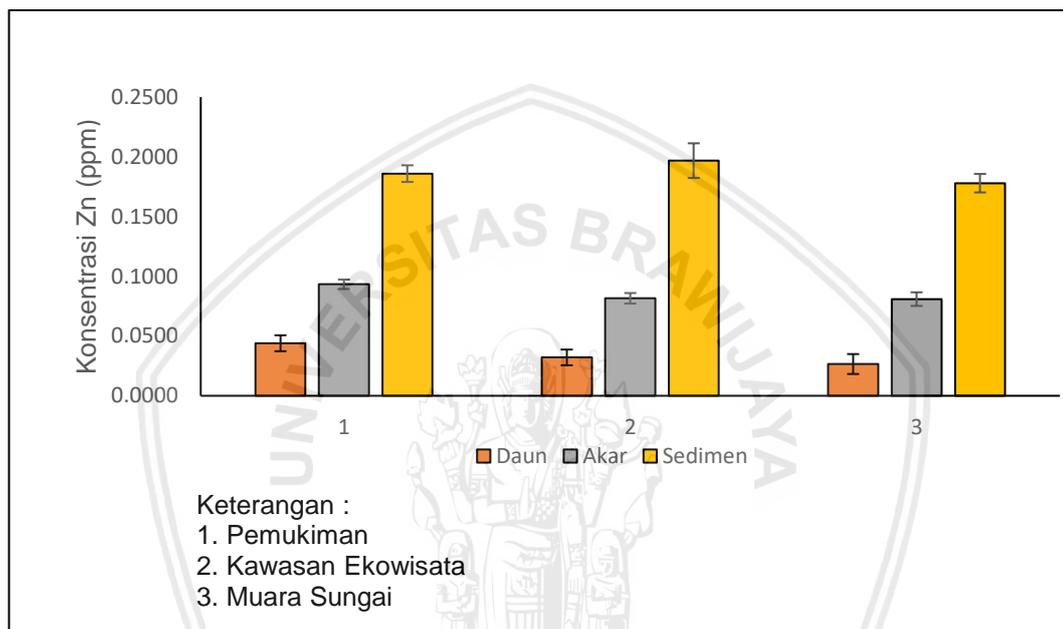
Pada tabel diatas menunjukkan bahwa seng (Zn) paling banyak diserap pada sedimen. Hal tersebut dikarenakan pencemaran logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan terakumulasi dalam sedimen dan akan meningkat seiring bertambahnya waktu (Setiawan, 2013). Logam berat yang terbawa di dalam sedimen akan diserap oleh akar mangrove dan digunakan sebagai sumber hara untuk proses-proses metabolisme (Handayani, 2006). Hal tersebut menyebabkan konsentrasi seng (Zn) yang diserap pada sedimen lebih tinggi daripada yang diserap oleh akar dan daun mangrove.

Konsentrasi seng (Zn) pada akar *Rhizophora mucronata* lebih tinggi daripada di daun. Hal tersebut dikarenakan akar merupakan jaringan pada tanaman yang berfungsi menyerap unsur hara dari sedimen dan merupakan organ yang langsung kontak dengan air serta sedimen. Tumbuhan mangrove mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat di bagian akarnya. Sebagian besar unsur yang dibutuhkan oleh tanaman diserap dari larutan tanah melalui akar, kecuali karbon dan oksigen yang diserap dari udara oleh daun. Seng (Zn) kemudian ditranslokasikan dari akar ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat lain seperti fitokelatin, sehingga logam akan terakumulasi di daun namun dengan kadar yang lebih sedikit dibandingkan kadar yang terdapat pada akar (Suprihatin *et al.*, 2014). Faktor lain seperti mobilitas dan kelarutan logam juga berpengaruh terhadap akumulasi logam berat dalam tumbuhan. Selain akumulasi, mangrove diduga memiliki kemampuan 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 dapat mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, 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 (Kariada dan Irsadi, 2014).

Rhizophora mucronata memiliki strategi dalam akumulasi logam berat. Pada konsentrasi logam berat yang rendah di lingkungan, *Rhizophora mucronata* akan bersifat sebagai fitostabilisator. Namun, pada konsentrasi Zn yang tinggi di lingkungan, *Rhizophora mucronata* akan bersifat sebagai fitoekstraktor dimana

logam berat akan di distribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses uptake pada akar, ditahan (*retention*) pada jaringan, dan dilepas/dikembalikan (*return*) ke lingkungan melalui pelepasan daun (Santoso *et al.*, 2013).

Perbandingan kadar logam berat seng (Zn) antar stasiun penelitian disajikan pada grafik berikut



Gambar 8. Hasil Pengukuran Kadar Seng (Zn)

Grafik diatas menunjukkan bahwa kadar penyerapan seng (Zn) pada akar dan daun *Rhizophora mucronata* tertinggi berada pada stasiun 1 dimana stasiun tersebut adalah kawasan pemukiman penduduk. Hal tersebut disebabkan karena banyaknya aktivitas antropogenik yang berpotensi menghasilkan berbagai macam limbah rumah tangga baik limbah cair maupun padat yang berpotensi dalam kontribusi seng (Zn) yang terbawa oleh aliran air. Namun perbandingan konsentrasi seng (Zn) pada keseluruhan stasiun hampir sama.

Seng (Zn) yang terkandung pada daun, akar dan sedimen pada masing-masing stasiun berasal dari tiga aliran sungai yaitu Kali Jagir Wonokromo,

Wonorejo dan Gunung Anyar. Kawasan Mangrove yang mengalami pencampuran aliran ketiga sungai tersebut berpotensi mengakumulasi beban antropogenik. Hal ini diperparah dengan adanya penyalahgunaan sungai sebagai tempat pembuangan limbah sehingga beban pencemar akan terdistribusi sampai ke muara sungai hingga laut. Masukan limbah dari darat menuju ke muara umumnya berasal dari kegiatan manusia seperti seperti industri, perkapalan, antropogenik dan lain-lain (Sari *et al.*, 2017). Letak stasiun pengambilan sampel dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

4.5 Analisis Data

4.5.1 Faktor Biokonsentrasi / *Bioconcentration Factor* (BCF)

Seng (Zn) yang ada pada tumbuhan merupakan unsur esensial yang bisa masuk di dalam tumbuhan, maka akan dikelat oleh suatu protein yang ada dalam akar kemudian disimpan dan sebagian akan diteruskan ke daun. Akar mangrove dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air dan logam berat yang terserap oleh akar bersama dengan nutrien lain yang kemudian akan diedarkan ke bagian lainnya. Cara pergerakan ion ke arah tanaman yaitu dengan aliran massa dalam air bergerak masuk menembus tanah menuju ke akar kemudian ke gradien potensial yang disebabkan oleh transpirasi (Jupriyati *et al.*, 2013).

Umumnya proses bioremediasi ion logam berat terdiri atas dua mekanisme yang melibatkan proses pengambilan aktif (*active uptake*) dan penyerapan pasif (*passive uptake*). Prosesnya berlangsung dengan cepat dan bolak balik. *Active uptake* terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme dan akumulasi intraselular ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekresi pada tingkat ke dua. Proses ini tergantung dari energi yang terkandung dan sensitivitasnya terhadap parameter-parameter

seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, serta cahaya. Proses ini dapat terhambat karena rendahnya suhu, tidak tersedianya sumber energi dan penghambat-penghambat metabolisme sel. Biosorpsi logam berat dengan sel hidup ini terbatas dikarenakan oleh akumulasi ion yang menyebabkan racun terhadap mikroorganisme (Ahmad, 2018). *Passive uptake* terjadi ketika ion logam berat terikat pada dinding sel biosorben. Proses ini dikenal dengan nama biosorpsi. Proses biosorpsi lebih efektif apabila terdapat pH tertentu dan adanya ion-ion lain di media yang dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut. Mekanisme *passive uptake* dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan cara pertukaran ion dan pembentukan senyawa kompleks. Proses petukaran ion terjadi karena ion pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat, sedangkan pembentukan senyawa kompleks terjadi antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, thiol, fosfat, dan hidroksi-karboksil secara bolak balik dan cepat (Aminullah *et al.*, 2015).

Nilai Kemampuan akar dalam menyerap logam berat tersebut dihitung menggunakan *Bioconcentration Factor* (BCF). *Bioconcentration Factor* (BCF) merupakan perbandingan konsentrasi logam berat di akar atau daun dengan konsentrasi logam berat di perairan atau sedimen. Perhitungan BCF tersebut bertujuan untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam berat pada daun dan akar yang berasal dari lingkungan. Perhitungan BCF masing-masing sampel disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Bioconcentration Factor (BCF)

Stasiun	Konsentrasi Zn pada Akar (ppm)	Konsentrasi Zn pada Sedimen (ppm)	BCF
1	0,093	0,185	0,501
2	0,081	0,196	0,414
3	0,080	0,177	0,454

Berdasarkan hasil yang diperoleh diatas dapat dilihat bahwa nilai BCF pada *Rhizophora mucronata* di keseluruhan stasiun mempunyai nilai <1 , menurut Baker (1981) nilai BCF <1 dikategorikan bahwa tanaman tersebut sebagai *excluder*. *Excluder* merupakan sifat dimana tumbuhan membatasi penyerapan logam berat pada lingkungannya baik sedimen maupun air namun ketika masuk ke tubuh tumbuhan maka logam berat akan mudah ditranslokasikan ke bagian tubuh yang lain atau ke biomasa diatasnya (Yoon *et al.*, 2006), sedangkan menurut Sofyan *et al.*(2014), tanaman tersebut dikategorikan sebagai fitoekstraktor. Fitoekstraktor merupakan kategori tanaman yang berpotensi menyerap logam berat dan mengakumulasi ke bagian-bagian tanaman yang lain.

4.5.2 Faktor Translokasi / *Translocation Factor* (TF)

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses, yang pertama adalah penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam berat harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar. Kedua, translokasi logam berat dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam berat menembus endodermis akar, logam berat atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xylem dan floem) ke bagian tanaman lainnya seperti daun. Ketiga, lokalisasi logam berat pada sel dan jaringan, yang bertujuan agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan mengakumulasi logam di dalam organ tertentu seperti akar (Siahaan *et al.*, 2013).

Perhitungan *Translocation Factor* (TF) dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian daun. Nilai TF dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Translocation Factor* (TF)

Stasiun	Konsentrasi Zn pada Daun (ppm)	Konsentrasi Zn pada Akar (ppm)	TF
1	0,043	0,093	0,471
2	0,032	0,081	0,393
3	0,026	0,080	0,328

Nilai TF pada *Rhizophora mucronata* pada keseluruhan stasiun mempunyai nilai <1, menurut Majid *et al.* (2014) nilai TF <1 dikategorikan sebagai fitostabilisasi. Fitoekstraksi dan fitostabilisasi merupakan mekanisme dalam fitoremediasi. Keduanya mampu untuk mendegradasi logam berat namun dengan mekanisme yang berbeda. Cara kerja fitostabilisasi adalah menggunakan kemampuan akar mengubah kondisi lingkungan. Tumbuhan akan menghentikan pergerakan logam yang diserap dan diakumulasikan oleh akar, kemudian diserap dan diendapkan dalam rizosfer (Hamzah dan Pancawati, 2013). Fitostabilisasi menunjukkan bahwa tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan polutan pada zona akar (Hidayati, 2005).

Berdasarkan hasil BCF dan TF, dapat diduga mangrove secara fisiologisnya mempunyai kemampuan dalam mentoleransi logam berat yang cukup tinggi yang terdapat di lingkungan hidupnya. Barrier pada akar mangrove merupakan penghalang bagi unsur-unsur logam berat untuk sampai ke berbagai jaringan tanaman yang sensitif. Apabila konsentrasi logam berat yang berada di sedimen tinggi, maka mangrove secara aktif akan mengurangi penyerapan logam berat. Terkadang akar juga mempunyai sistem penghentian transpor logam

menuju daun terutama logam non esensial, sehingga ada penumpukkan logam di akar yang berarti 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 (Nugrahanto *et al.*, 2014).



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Akumulasi logam berat seng (Zn) pada *Rhizophora mucronata* ditemukan di bagian akar, daun serta sedimen di setiap stasiun pengambilan sampel yaitu kawasan pemukiman, ekowisata dan muara sungai. *Rhizophora mucronata* yang terdapat di Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya tersebut dapat menyerap logam berat seng (Zn) yang terdapat pada sedimen dengan jumlah yang rendah. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai BCF (*Bioconcentration Factor*) serta nilai TF (*Translocation Factor*) yang bernilai <1 . Nilai tersebut menunjukkan *Rhizophora mucronata* mampu sebagai *excluder* serta fitostabilisasi dalam penyerapan logam berat seng (Zn).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, masih perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai analisis konsentrasi logam berat seng (Zn) pada mangrove *Rhizophora mucronata* untuk mengetahui seberapa besar kemampuannya dalam mengakumulasi logam berat serta membandingkan tingkat keefektifannya dengan spesies mangrove jenis lain. Upaya ini dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam berat yang terdapat pada perairan melalui pemanfaatan mangrove tersebut. Selain itu perlu dilakukan penelitian pH di sedimen, tekstur sedimen serta pengukuran konsentrasi logam berat pada perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Baki AS, Dkhil MA, Al-Quraishy S. 2011. Bioaccumulation of some heavy metals in tilapia fish relevant to their concentration in water and sediment of Wadi Hanifah, Saudi Arabia. *AfrJ. of Biot.* **10**(13): 2541-2547.
- Adiwjaya, H. 2009. Kondisi Mangrove Pantai Timur Surabaya dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Hidup. *Jurnal Teknik Lingkungan.* 1:1-14.
- Advinda, L. 2018. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Deepublish. Yogyakarta. 171 hlm.
- Ahmad., R.Z. 2018. Mikoremediasi Menghilangkan Polusi Logam Berat pada Lahan Bekas Tambang untuk Lahan Peternakan. *Wartazoa.* **28**(1):41-50.
- Aksornkoe, S. 1993. Ecology and Management of Mangrove. IUCN. Thailand.
- Aminullah., F. Rachmadiarti, dan G. Trimulyono. 2015. Isolasi dan Karakterisasi Rhizobakteri pada Akar *Rhizopora mucronata* yang Terpapar Logam Berat Timbal (Pb). *Lentera Bio.* **4**(1):43-49.
- Andrianto, F., A. Bintoro, dan S.B. Yuwono. 2015. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Mangrove (*Rhizophora* Sp.) di Desa Durian dan Desa Batu Menyan Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sylva Lestari.* **3**(1):9-20.
- Arief, A. Hutan Mangrove : Fungsi dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta. 44 hlm.
- Baderan, D.W.K. 2017. Serapan Hutan Mangrove Gorontalo. Deepublisher. Yogyakarta. 97 hlm.
- Baker, A.J.M. (1981). Accumulators and excluders -strategies in the response of plants to heavy metals. *J. Plant Nutr.* **3**:643-654.
- Baker, A.J.M. and R.R. Brooks. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements: a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery.* **1**:81-126.
- Barus, T.A. 2001. Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Sungai dan Danau. USU Press. Medan.
- Bengen, D.G. 2002. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan.IPB. Bogor.
- Chester, R. 1990. Marine Geochemistry. Unwin Hyman Ltd. London.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press. Jakarta. 148 hlm.
- David, M., S. Liong, dan Y. Hala. 2016. Fitoakumulasi Cd dan Zn dalam Tumbuhan Bakau *Rhizopora mucronata* di Sungai Tallo Makassar. *Makara Sains.* **11**(1):28-36.
- Duke NC. 2006. *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, *R. x annamalai*, *R. x lamarckii* (Indo-West Pacific stilt mangrove). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry.*1-21.

- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta. 249 hlm.
- Fahrudin. 2018. Pengelolaan Limbah Pertambangan Secara Biologis. Celebes Media Perkasa. Makassar. 214 hlm.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Yogyakarta. 152 hlm.
- Güven, K., C. Özbay, E. Ünlü, A. Satar. 1999. Acute lethal toxicity and accumulation of copper in *Gammarus pulex* (L.) (Amphipoda). Tr. *J. Bio.* **23**(1):513-521.
- Hamzah, F dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis.* **2**(2):41-52.
- Hamzah, F., Pancawati, Y. 2013. Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove (Phytoremediation of Heavy Metals Using Mangroves). *J. Mar. Sci.* **18**:203–212.
- Handayani, T. 2006. Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. *J.Tek.Ling.* **7**(3):266-270.
- Handayani, C.O., T. Dewi dan A. Hidayah. 2018. Biokonsentrasi dan Translokasi Logam Berat Cd pada Tanaman Bawang Merah dengan Aplikasi Amelioran. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan.* **5**(2):841-845.
- Handayanto, E., Y. Nuraini, N. Muddarisna, N. Syam, dan A. Fiqri. 2017. Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah. UB Press. Malang. 212 hlm.
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences.* **12**(1):35-40.
- Hutabarat, S dan S.M. Evans. 1986. Pengantar Oseanografi. UI Press. Jakarta. 159 hlm.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. *Oseana.* **9**(1):11-20.
- Hutahean E.E., C. Kusmana, dan H.R. Dewi. 1999. Studi Kemampuan Tumbuh Anakan Mangrove Jenis *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gimnorrhiza* dan *Avicennia marina* Pada Berbagai Tingkat Salinitas. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika.* **1**:77-85.
- Irawanto, R., A. Damayanti, B.V. Tangahu dan I.F. Purwanti. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik *Coix lacrymajobi* (Jali). *Konservasi dan Pemanfaatan Sumberdaya Alam.* **3**(21):138-146.
- Jupriyati, R., N. Soenardjo, dan C.A. Suryono. 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia marina* (Forssk). Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang. *Journal Of Marine Research.* **3**(1):61-68.
- Kamal, E. 2011. Fenologi Mangrove (*Rhizophora apiculata*, *R. mucronata* dan *R.stylosa*) di Pulau Unggas, Air Bangis Pasaman Barat, Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia.* **14**(1):90-94.

- Kariada, N. dan A. Irsadi. 2014. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. *J. Manusia dan Lingkungan*. **21**(2):188-194.
- Kusumaningtyas, M.A, Bramawanto, R., Daulat, A., Pranowo, W.S. 2014. Kualitas Perairan Natuna Pada Musim Transisi. *Jurnal Depik*. **3**(1):10-20.
- Latupapua, M.J.J. 2011. Keanekaragaman Jenis Nekton di Mangrove Kawasan Segoro Anak Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Agroforesti*. **6**(2):81-91.
- MacFarlane, G.R. and M.D. Burchett. 2002. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Veirh. *Marine Environmental Research*. **54**: 65–84..
- Majid, S. N., Khwakaram, A. I., Rasul, G. A. M., and Ahmed, Z. H. 2014. Bioaccumulation, Enrichment and Translocation Factors of some Heavy Metals in *Typha Angustifolia* and *Phragmites Australis* Species Growing along Qalyasan Stream in Sulaimani City/IKR. *Journal of Zankoy Sulaimani Part A*. **16**(4).
- Mastuti, R. 2017. Dasar-dasar Kultur Jaringan Tumbuhan. UB Press. Malang. 126 hlm.
- Mellem, J.J., Baijnath, H. and Odhav, B. 2012. Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu and Ni with the ability for hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. *African Journal of Agricultural Research*. **7**(4): 591-596.
- Morissan, M.A. 2017. Metode Penelitian Survey. Kencana. Jakarta. 433 hlm.
- Mulyadi, E., O.Hendriyanto , dan N. Fitriani. 2009. Konservasi Hutan Mangrove Sebagai Ekowisata. *Jurnal Teknik Lingkungan*. **1**:51-58.
- Mulyono, M., R. Fidaus, C. Meurah, N. Akla dan H. Anda. 2018. Sumberdaya Hayati Laut Indonesia. SPI Press. Jakarta. 107 hlm.
- Nontji, A. 2005. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta. 372 hlm.
- Nordberg J.F., J. Parizek, G. Pershagen and L. Gerhardson. 1986. Factor Influencing Effect and Dose-Respons Relationships of Metals. Elsevier. New York.
- Nugrahanto, N.P., B. Yulianto dan R. Azizah. 2014. Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb Terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan *Rhizophora mucronata*. *Journal of Marine Research*. **2**(3):107-114.
- Odum, E.P. 1971. Fundamental Ecology. 3rd ed. W. B. Saunders C. Philadelphia. Toppan Co. Ltd.Tokyo. Japan. 574p.
- Petra, J.L., S. Sastrawibawa, dan I. Riyantini. 2012. Pengaruh Kerapatan Mangrove Terhadap Laju Transpor di Pantai Karangsong Kabupaten Indramayu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **3**(3):329-337.
- Poedjirahajoe, E., M. Djoko, dan F. Kusuma. 2017. Penggunaan Principal Component Analysis Dalam Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove Di Pantai Utara Pemalang. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. **11**:29-42.
- Proklamasiningsih, E. dan Hernayanti. 2010. Rizofiltrasi Logam Pb (Plumbum) pada beberapa Jenis Tumbuhan Air. *Biosfera*. **21**(1):30-37.

- Purwanti, P., E. Susilo, dan E. Indrayanti. 2017. Pengelolaan Hutan Mangrove Berkelanjutan : Pendekatan Kelembagaan dan Insentif Ekonomi. UB Press. Malang. 262 hlm.
- Rachmawati., D. Yona dan R.D. Kasitowati. 2018. Potensi Mangrove *Avicennia alba* Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) di Perairan Wonorejo, Kota Surabaya. *Jurnal Kelautan*. **11**(1):80-87.
- Ramlal, P.S. 1987. Mercury Methylation Dimethylation Studies at Southern India Lake. Minister of supply and services. Canada.
- Razak, H. 1980. Pengaruh Logam Berat Terhadap Lingkungan. Pewarta Oseana LON-LIPI. Jakarta.
- Santosa, S.J. 2014. Dekontaminasi Ion Logam dengan Biosorben Berbasis Asam Humat, Kitin dan Kitosan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 189 hlm.
- Santoso, A., I. Dedy, dan Irwani. 2013. Studi Akumulasi Logam Tembaga (Cu) dan Efeknya terhadap Struktur Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*). *Journal Of Marine Research*. **2**(4):8-15.
- Sari, S.H.J., J.F.A. Kirana, dan Guntur. 2017. Analisis Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi*. **22**(1):1-9.
- Schaduw, J.NW. 2018. Distribusi dan Karakteristik Kualitas Perairan Ekosistem Mangrove Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken. *Majalah Geografi Indonesia*. **32**(1):40-49.
- Sericano JL, Wade TL, Jackson TJ, Brooks JM, Tripp BW, Farrington JW, Mee LD, Readmann JW, Villeneuve JP, Goldberg ED. 1995. Trace organic contamination in the Americas: An overview of the US National Status & Trends and the International 'Mussel Watch' programmes. *Marine Pollution Bulletin*. **31**(4):12-22.
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. **7**(1):12-24.
- Siahaan, M.T.A., Ambariyanto, dan B. Yulianto. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Klorofil, Konsentrasi Timbal Pada Akar dan Daun, Serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. **2**(2):111-119.
- Siburian, R. dan J. Haba. 2016. Konservasi Mangrove dan Kesejahteraan Masyarakat. Yayasan Pustaka Obor Indonesia Jakarta. 280 hlm.
- Siregar, Y.I. dan J. Erdward. 2010. Faktor Konsentrasi Pb, Cd, Ni, Zn dalam Perairan Pesisir Kota Dumai. *Masapari Journal*. 1:1-10.
- Sopyan, R. Sikanna, dan Sumarni, N.K. 2014. Fitoakumulasi merkuri oleh akar tanaman bayam duri (*Amarantus spinosus* Linn.) pada tanah tercemar. *Online Journal of Natural Science*. **3**(1): 31-39.
- Sumardjo, D. 2009. Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Program Mahasiswa Strata 1 Fakultas Bioeksakta. ECG. Jakarta. 650 hlm.

- Suprihatin, I.E., M. Manurung, dan D. Mayangsari. 2014. Logam Kromium (Cr) dan Seng (Zn) dalam Akar, Batang, dan Daun Tumbuhan Mangrove *Rhizophora apiculata* di Muara Sungai Badung. *Jurnal Kimia*. **8**(2):178-182.
- Susanto, A.H., T. Soedarti, dan H. Purnobasuki. 2013. Struktur Komunitas Mangrove di Sekitar Jembatan Suramadu Sisi Surabaya. *Bioscientiae*. **10**(1):1-10.
- Tolcin, A.C. 2008. Indium, in Metals and Minerals. *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook*. **1**(35):1-5.
- Ulqodry, T.Z., D.G. Bengen, dan R.S. R.F. Kaswadji. 2010. Karakteristik Perairan Mangrove Tanjung Api-api Sumatera Selatan Berdasarkan Sebaran Parameter Lingkungan Perairan dengan Menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA). *Maspri Journal*. **1**:16-21.
- Usman, A.R.A., Alkredaa, R.S. and Al-Wabel, M.I. 2013. Heavy metal contamination in sediments and mangroves from the coast of Red Sea: *Avicennia* sp. marina as potential metal bioaccumulator. *Ecotoxicol Environ Saf*. **97**:263-270
- Wantasen, A.S. 2013. Kondisi Perairan dan Substrat Dasar Sebagai Faktor Pendukung Aktivitas Pertumbuhan Mangrove di Pantai Pesisir Desa Basaan I, Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Ilmiah Platax*. **1**(4):204-209.
- Widigdo, B. dan J. Pariwono. 2003. Daya Dukung Perairan di Pantai Utara Jawa Barat untuk Budidaya Udang (Studi Kasus di Kabupaten Subang, Teluk Jakarta dan Serang). *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. **1**: 10-17.
- Williams, J. 1979. Introduction to marine pollution control. A Wiley Interscience Publication. New York. 157p.
- Yan, Z. Z., L. Ke, N. F. Y. Tam. 2010. Lead Stress in Seedlings of *Avicennia marina*, a Common Mangrove Species in South China with and without Cotyledons. *Aquatic Botany*. **92**:112-118.
- Yudo, S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *JAI*. **2**(1):1-15.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., and Ma, L. Q. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the total environment*. **368**:2-3.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Variabel Penelitian

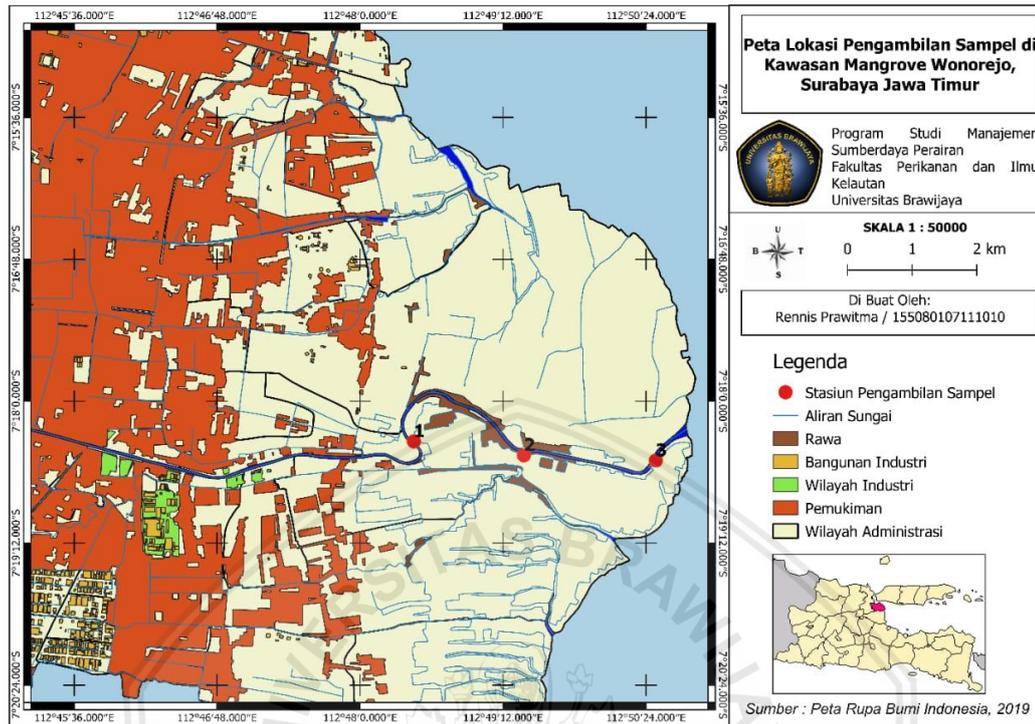
Input	Parameter	Variabel	Jenis Data	Sumber Data
Kualitas air pada masing-masing stasiun	Fisika	Suhu	Primer	Pengukuran langsung di lapang dan analisis laboratorium
	Kimia	pH Salinitas	Primer	
	Logam Berat	Zn	Primer	
Tanaman mangrove (akar dan daun) serta sedimen	Logam Berat	Zn	Primer	Pengukuran langsung di lapang dan analisis laboratorium



Lampiran 2. Alat dan Bahan

No.	Parameter	Variabel	Alat	Bahan
1	Fisika	Suhu	Thermometer	Air sampel pada masing-masing stasiun
2	Kimia	pH	pH meter	Air sampel pada masing-masing stasiun
		Salinitas	Refraktometer	Air sampel pada masing-masing stasiun
		Zn	<ul style="list-style-type: none"> - Oven - Timbangan analitik - Labu Takar - <i>Beaker glass</i> - Cawan Porselen - Hot plate - Kertas Saring - Erlenmeyer - AAS 	<ul style="list-style-type: none"> - Larutan Standart - Larutan Blanko - Larutan HNO₃ - Aquades - H₂SO₄ - Gas Etilen - Sampel Sedimen - Sampel Akar dan Daun <i>Rhizophora mucronata</i>

Lampiran 3. Peta Lokasi Pengambilan Sampel



Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

No	Dokumentasi	Keterangan
1.		Pengukuran suhu
2.		Pengukuran salinitas
3.		Pengukuran pH
4.		Pengambilan sampel akar

5.



Pengukuran lingkaran mangrove

6.



Pengambilan sampel daun

7.



Pengambilan sampel sedimen

8.



Pengemasan sampel

Lampiran 5. Data Konsentrasi Seng (Zn) pada Akar



UNIVERSITAS ISLAM MALANG
(UNISMA)
LABORATORIUM HALAL CENTER

Jalan Mayjend Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 551932 ext 164 Faks. 0341 552249 E-mail: halalcenter@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

Hasil Uji AAS untuk Logam Berat Zn

Sample masuk : 13 Feb 2019

Hasil Keluar : 28 Feb 2019

Pemilik Sampel : Rennis

No	Nama	Conc. (ppm)	Abs.	Actual conc (ppm)
1	Stasiun I (Akar 1)	0,0987	0,0005	0,0987
2	Stasiun I (Akar 1)	0,0997	0,0004	0,0997
3	Stasiun I (Akar 1)	0,0914	0,0006	0,0914
4	Stasiun I (Akar2)	0,0954	0,0009	0,0954
5	Stasiun I (Akar 2)	0,0966	0,0008	0,0966
6	Stasiun I (Akar 2)	0,0915	0,0008	0,0915
7	Stasiun I (Akar 3)	0,0894	0,001	0,0894
8	Stasiun I (Akar 3)	0,0885	0,0011	0,0885
9	Stasiun I (Akar 3)	0,0888	0,0009	0,0888
10	Stasiun II (Akar 1)	0,0845	0,0006	0,0845
11	Stasiun II (Akar 1)	0,0887	0,0004	0,0887
12	Stasiun II (Akar 1)	0,0863	0,0006	0,0863
13	Stasiun II (Akar 2)	0,0797	0,0004	0,0797
14	Stasiun II (Akar 2)	0,0804	0,0006	0,0804
15	Stasiun II (Akar 2)	0,0811	0,0004	0,0811
16	Stasiun II (Akar 3)	0,0795	0,0011	0,0795
17	Stasiun II (Akar 3)	0,0774	0,0009	0,0774
18	Stasiun II (Akar 3)	0,0768	0,0007	0,0768
19	Stasiun III (Akar 1)	0,0874	0,0008	0,0874
20	Stasiun III (Akar 1)	0,0884	0,0009	0,0884
21	Stasiun III (Akar 1)	0,0872	0,0006	0,0872
22	Stasiun III (Akar 2)	0,0738	0,0012	0,0738
23	Stasiun III (Akar 2)	0,0809	0,00011	0,0809
24	Stasiun III (Akar 2)	0,0841	0,001	0,0841
25	Stasiun III (Akar 3)	0,0712	0,0008	0,0712
26	Stasiun III (Akar 3)	0,0784	0,0007	0,0784
27	Stasiun III (Akar 3)	0,077	0,0006	0,077



Lampiran 6. Data Konsentrasi Seng (Zn) pada Daun



UNIVERSITAS ISLAM MALANG
(UNISMA)
LABORATORIUM HALAL CENTER

Jalan Mayjend Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 551932 ext 164 Faks. 0341 552249 E-mail: halalcenter@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

Hasil Uji AAS untuk Logam Berat Zn

Sample masuk : 13 Feb 2019

Hasil Keluar : 28 Feb 2019

Pemilik Sampel : Rennis

No	Nama	Conc. (ppm)	Abs.	Actual conc (ppm)
1	Stasiun I (Daun 1)	0,0476	0,0011	0,0476
2	Stasiun I (Daun 1)	0,0462	0,0011	0,0462
3	Stasiun I (Daun 1)	0,0496	0,0012	0,0496
4	Stasiun I (Daun 2)	0,0494	0,0016	0,0494
5	Stasiun I (Daun 2)	0,0476	0,0017	0,0476
6	Stasiun I (Daun 2)	0,0465	0,0015	0,0465
7	Stasiun I (Daun 3)	0,0335	0,0017	0,0335
8	Stasiun I (Daun 3)	0,0375	0,0019	0,0375
9	Stasiun I (Daun 3)	0,0387	0,0007	0,0387
10	Stasiun II (Daun 1)	0,0279	0,0007	0,0279
11	Stasiun II (Daun 1)	0,0237	0,0009	0,0237
12	Stasiun II (Daun 1)	0,0219	0,0003	0,0219
13	Stasiun II (Daun 2)	0,0372	0,0004	0,0372
14	Stasiun II (Daun 2)	0,0344	0,0005	0,0344
15	Stasiun II (Daun 2)	0,0348	0,001	0,0348
16	Stasiun II (Daun 3)	0,0374	0,0009	0,0374
17	Stasiun II (Daun 3)	0,0397	0,0011	0,0397
18	Stasiun II (Daun 3)	0,0319	0,0012	0,0319
19	Stasiun III (Daun 1)	0,034	0,0009	0,034
20	Stasiun III (Daun 1)	0,0337	0,0011	0,0337
21	Stasiun III (Daun 1)	0,0354	0,0014	0,0354
22	Stasiun III (Daun 2)	0,0267	0,0012	0,0267
23	Stasiun III (Daun 2)	0,0299	0,0011	0,0299
24	Stasiun III (Daun 2)	0,0261	0,0011	0,0261
25	Stasiun III (Daun 3)	0,0175	0,0008	0,0175
26	Stasiun III (Daun 3)	0,0177	0,0009	0,0177
27	Stasiun III (Daun 3)	0,0181	0,0011	0,0181

Lampiran 7. Data Konsentrasi Seng (Zn) pada Sedimen



UNIVERSITAS ISLAM MALANG
(U N I S M A)
LABORATORIUM HALAL CENTER

Jalan Mayjend Haryono 193 Malang, Jawa Timur 65144 Indonesia Telp. 0341 551932 ext 164 Faks. 0341 552249 E-mail: halalcenter@unisma.ac.id Website: unisma.ac.id

Hasil Uji AAS untuk Logam Berat Zn

Sample masuk : 13 Feb 2019

Hasil Keluar : 28 Feb 2019

Pemilik Sampel : Rennis

No	Nama	Conc. (ppm)	Abs.	Actual conc (ppm)
1	Stasiun I (Sedimen 1)	0,1854	0,0031	0,1854
2	Stasiun I (Sedimen 1)	0,1887	0,0032	0,1887
3	Stasiun I (Sedimen 1)	0,1853	0,0032	0,1853
4	Stasiun I (Sedimen 2)	0,1796	0,0025	0,1796
5	Stasiun I (Sedimen 2)	0,1781	0,0027	0,1781
6	Stasiun I (Sedimen 2)	0,1786	0,0021	0,1786
7	Stasiun I (Sedimen 3)	0,1924	0,0016	0,1924
8	Stasiun I (Sedimen 3)	0,194	0,0016	0,194
9	Stasiun I (Sedimen 3)	0,1917	0,0018	0,1917
10	Stasiun II (Sedimen 1)	0,2117	0,0025	0,2117
11	Stasiun II (Sedimen 1)	0,2077	0,0024	0,2077
12	Stasiun II (Sedimen 1)	0,2124	0,0021	0,2124
13	Stasiun II (Sedimen 2)	0,1976	0,0015	0,1976
14	Stasiun II (Sedimen 2)	0,1984	0,0016	0,1984
15	Stasiun II (Sedimen 2)	0,1988	0,0018	0,1988
16	Stasiun II (Sedimen 3)	0,1769	0,0021	0,1769
17	Stasiun II (Sedimen 3)	0,1842	0,0022	0,1842
18	Stasiun II (Sedimen 3)	0,1839	0,0021	0,1839
19	Stasiun III (Sedimen 1)	0,1648	0,003	0,1648
20	Stasiun III (Sedimen 1)	0,1709	0,0029	0,1709
21	Stasiun III (Sedimen 1)	0,1718	0,0032	0,1718
22	Stasiun III (Sedimen 2)	0,1837	0,0016	0,1837
23	Stasiun III (Sedimen 2)	0,1864	0,0019	0,1864
24	Stasiun III (Sedimen 2)	0,1811	0,0017	0,1811
25	Stasiun III (Sedimen 3)	0,1754	0,002	0,1754
26	Stasiun III (Sedimen 3)	0,1844	0,0018	0,1844
27	Stasiun III (Sedimen 3)	0,1832	0,0017	0,1832

Lampiran 8. Perhitungan Nilai BCF (*Bioconcentration Factor*)**a. Stasiun 1**

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar atau Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Sedimen}}$$

$$BCF = \frac{0,093}{0,185}$$

$$BCF = 0,501$$

b. Stasiun 2

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar atau Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Sedimen}}$$

$$BCF = \frac{0,081}{0,196}$$

$$BCF = 0,414$$

c. Stasiun 3

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar atau Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Sedimen}}$$

$$BCF = \frac{0,080}{0,177}$$

$$BCF = 0,454$$

Lampiran 9. Perhitungan TF (*Translocation Factor*)**a. Stasiun 1**

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar}}$$

$$TF = \frac{0,043}{0,093}$$

$$TF = 0,417$$

b. Stasiun 2

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar}}$$

$$TF = \frac{0,032}{0,081}$$

$$TF = 0,393$$

c. Stasiun 3

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar}}$$

$$TF = \frac{0,026}{0,080}$$

$$TF = 0,328$$