

**ANALISIS LOGAM BERAT DI MUARA KALI JAGIR KAWASAN
MANGROVE WONOREJO KECAMATAN RUNGKUT, KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**Oleh:
NURIYATUL ISMA MUFIDAH
NIM. 200602110052**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**ANALISIS LOGAM BERAT DI MUARA KALI JAGIR
KAWASAMANGROVE WONOREJO KECAMATAN RUNGKUT, KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**Oleh:
NURIYATUL ISMA MUFIDAH
NIM. 200602110052**

**diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

ANALISIS LOGAM BERAT DI MUARA KALI JAGIR KAWASAN
MANGROVE WONOREJO KECAMATAN RUNGKUT, KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

SKRIPSI

Oleh:
NURIYATUL ISMA MUFIDAH
NIM. 200602110052

telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal: 30 Mei 2024

Pembimbing I


Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si.
NIP. 19870522 202321 1 016

Pembimbing II


Berry Fakhry Hanifa, M.Sc.
NIP. 19871217 202012 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi

Dr. Erika Handi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

ANALISIS LOGAM BERAT DI MUARA KALI JAGIR KAWASAN
MANGROVE WONOREJO KECAMATAN RUNGKUT, KOTA
SURABAYA, JAWA TIMUR

SKRIPSI

Oleh:
NURIYATUL ISMA MUFIDAH
NIM. 200602110052

Telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal 30 Mei 2024

Ketua Penguji : Dr. Dwi Suheriyanto, M.P.
NIP. 19740325 200312 1 001
Anggota Penguji I : Suyono, M.P.
NIP. 19710622 200312 1 002
Anggota Penguji II : Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si.
NIP. 19870522 202321 1 016
Anggota Penguji III : Berry Fakhry Hanifa, M.Sc.
NIP. 19871217 202012 1 001

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi

Dr. Erika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan kepada semua pihak yang telah mendukung penulis dalam penyusunan skripsi, khususnya:

1. Abah Abid Muhaimin dan Umi Nurus Sa'adah, orang tua tersayang yang selalu memberikan semangat dan dukungan baik dalam segi moral maupun materi serta do'a yang tidak terhenti untuk penulis hingga dapat menyelesaikan studi.
2. Bapak Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar, tidak mempersulit dan telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
3. Pengasuh, murobbi-murobbiah, dan musyrif-musyrifah mabna Ar-razi yang telah memberikan semangat dan selalu menemani penulis di tahun terakhir pengabdian.
4. Teman-teman terdekat: MRH, Annisa, Hesi, Vinka, Hidayah, Jia, Zila, Cholis dan Labib yang selalu memberikan semangat, masukan, dan membantu penulis baik akademik maupun non-akademik.
5. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri, Nuriyatul Isma Mufidah. Terimakasih telah sabar dan bertahan sampai di titik ini. Terimakasih telah menjadi wanita yang kuat dan percaya diri. Terimakasih meski banyak menangis tapi tidak mundur menyerah dalam proses penyusunan skripsi ini dan telah menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin.

MOTTO

“Knowledge is power”

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nuriyatul Isma Mufidah
NIM : 200602110052
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Logam Berat Di Muara Kali Jagir Kawasan
Mangrove Wonorejo Kecamatan Rungkut Kota
Surabaya Jawa Timur

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-banar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 Juni 2024

buat pernyataan,



Nuriyatul Isma Mufidah
NIM. 200602110052

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

Analisis Logam Berat di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Jawa timur

Nuriyatul Isma Mufidah, Muhammad Asmuni Hasyim, Berry Fakhry Hanifa

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri
Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRAK

Kota Surabaya termasuk kota industri yang ada di Indonesia. Banyaknya industri di kota ini menyebabkan tingginya produksi limbah yang dibuang ke perairan, termasuk logam berat seperti Pb, Cu, dan Zn. Kawasan Mangrove Wonorejo di Surabaya diharapkan dapat membantu mengatasi masalah pencemaran perairan di kota ini. Keberadaan mangrove tersebut berfungsi sebagai fitoremediasi. Studi ini bertujuan guna menganalisis kandungan logam Pb, Cu, dan Zn pada akar dan daun *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa* serta air dan sedimen di sekitar Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Metode yang digunakan merupakan metode deskriptif kuantitatif. Sampel diambil dari air, sedimen, akar, dan daun mangrove, yang diperoleh dari 3 stasiun yang berbeda. Analisis logam berat menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Analisis kualitas perairan mencakup suhu, pH, dan salinitas. Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn pada sedimen yakni Cu berkisar 0,0143-0,0649 ppm, Pb 0,0064-0,0111 ppm, dan Zn 0,268-0,456 ppm, sehingga masih dalam kategori baik mengikuti standar baku mutu WAC 172-204-320. sampel air menunjukkan nilai konsentrasi logam berat Cu berkisar 0,0032-0,0082 ppm, Pb 0,0007-0,0009 ppm, dan Zn 0,002-0,1376 ppm. Hasil dari analisis Pb, Cu, dan Zn menunjukkan mangrove jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai akumulasi tertinggi dibandingkan kedua jenis mangrove yang lain, baik di bagian akar dan daun mangrove. Berdasarkan hasil analisis Zn dan Cu telah melebihi baku mutu bagi biota laut yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021. Berdasarkan hasil nilai BCF dan TF yang dilakukan pada ketiga jenis mangrove menunjukkan bahwa tumbuhan ini memiliki kemampuan secara fisiologis dalam menyerap dan mentoleransi logam berat yang tinggi dari lingkungannya.

Kata Kunci: Logam berat, mangrove, *R. apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn)

Analysis of Heavy Metals in the Kali Jagir Estuary Wonorejo Mangrove Area, Rungkut District, Surabaya City, East Java

Nuriyatul Isma Mufidah, Muhammad Asmuni Hasyim, Berry Fakhry Hanifa

Biology Program Study, Faculty of Science and Technology, The State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

ABSTRACT

The city of Surabaya is an industrial city in Indonesia. The large number of industries in this city causes high production of waste that is discharged into the waters, including heavy metals such as Pb, Cu, and Zn. It is hoped that Wonorejo Mangrove Ecotourism in Surabaya can help overcome the problem of water pollution in this city. The existence of mangroves functions as phytoremediation. This study aims to analyze the metal content of Pb, Cu, and Zn in the roots and leaves of *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, and *Rhizophora stylosa* as well as sediments around the Wonorejo Mangrove Area, Rungkut District, Surabaya City. The method used is a quantitative descriptive method. Samples were taken from sediment, roots and mangrove leaves, which were obtained from 3 different stations. Heavy metal analysis using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Water quality analysis includes temperature, pH, and salinity. The results of the research show that the concentration values of the heavy metals Pb, Cu, and Zn in sediment, namely Cu, range from 0.0143-0.0649 ppm, Pb 0.0064-0.0111 ppm, and Zn 0.268-0.456 ppm, so they are still in the good category following WAC quality standards 172-204-320. Water samples showed concentration values for the heavy metal Cu ranging from 0.0032-0.0082 ppm, Pb 0.0007-0.0009 ppm, and Zn 0.002-0.1376 ppm. The results of the Pb, Cu, and Zn analysis show that the *Rhizophora mucronata* type of mangrove has the highest accumulation value compared to the other two types of mangrove, both in the roots and leaves of the mangrove. Based on the results of the Zn and Cu analysis, it has exceeded the quality standards for marine biota set by the Ministry of Environment No. 22 of 2021. Based on the results of the BCF and TF values carried out on the three types of mangroves, it show that these plants have the physiological ability to absorb and tolerate high levels of heavy metals from their environment.

Keywords: Heavy metals, mangrove, *R. apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylosa*, copper (Cu), lead (Pb), zinc (Zn)

ملخص البحث

تحليل المعادن الثقيلة في منطقة وونوريجو مانجروف، منطقة رونجكوت مدينة سورابايا، جاوة الشرقية

المشرف الأول: محمد أسموني هاشم، والمشرف الثاني بييري فخري حنيفة

مدينة سورابايا هي مدينة صناعية في إندونيسيا. يؤدي كثرة الصناعات في هذه المدينة إلى ارتفاع إنتاج النفايات التي يتم تصريفها في المياه، بما في ذلك المعادن الثقيلة مثل الرصاص والنحاس والزنك. من المأمول أن تساعد السياحة البيئية في وونوريجو مانجروف في سورابايا تغلب على مشكلة تلوث المياه في هذه المدينة. وجود أشجار المانجروف يعمل كعلاج نباتي. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل المحتوى المعدني للرصاص والنحاس والزنك في جذور وأوراق نباتات *Rhizophora mucronata* و *Rhizophora apiculata* و *Rhizophora stylosa* بالإضافة إلى الرواسب حول منطقة وونوريجو مانجروف بمنطقة رونجكوت بمدينة سورابايا. والمنهج المستخدم هو المنهج الوصفي الكمي. تم أخذ عينات من الرواسب والجذور وأوراق المانجروف والتي تم الحصول عليها من ثلاث محطات مختلفة. تحليل المعادن الثقيلة باستخدام مقياس الامتصاص الذري (AAS). يشمل تحليل جودة المياه درجة الحرارة والأس الهيدروجيني والملوحة. أظهرت نتائج البحث أن قيم تركيز المعادن الثقيلة *Pb* و *Cu* و *Zn* في الرواسب وهي *Cu* تتراوح من 0.0143-0.0649 جزء في المليون والرصاص 0.0064-0.0111 جزء في المليون والزنك 0.268-0.456 جزء في المليون، لذلك فهي لا تزال في الفئة الجيدة وفقاً لمعايير الجودة WAC 172-204-320. أظهرت عينات المياه قيم تركيز للمعدن الثقيل *Cu* تتراوح بين 0.0032-0.0082 جزء في المليون والرصاص 0.0007-0.0009 جزء في المليون والزنك 0.002-0.1376 جزء في المليون. أظهرت نتائج تحليل الرصاص والنحاس والزنك أن نوع المانجروف *Rhizophora mucronata* لديه أعلى قيمة تراكمية مقارنة بالأنواع الأخرى من المانجروف، سواء في جذور أو أوراق المانجروف. واستناداً إلى نتائج التحليل، تجاوز الزنك والنحاس معايير الجودة للكائنات البحرية التي حددتها وزارة البيئة رقم 101. بناءً على نتائج قيم *BCF* و *TF* التي تم إجراؤها على الأنواع الثلاثة من أشجار القرم، تبين أن هذه النباتات لديها القدرة الفسيولوجية على امتصاص وتحمل مستويات عالية من المعادن الثقيلة من بيئتها.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، المانجروف، *R. apiculata*، *R. mucronata*، *R. Stylosa*

, النحاس (Cu), الرصاص (Pb), الزنك (Zn)

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmaanirrohiim, puji syukur atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Logam Berat di kawasan Mangrove Wonorejo Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Jawa timur”. Penulis juga menyampaikan shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah membawa ajaran Islam. Aamiin.

Penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza*” kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Ucapan terimakasih yang sebesar- besarnya penulis sampaikan pada:

1. Prof. Dr. H. Muhammad Zainuddin, M.A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si. dan Berry Fakhry Hanifa, M.Sc. selaku pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Abah dan Umi dan keluarga tercinta yang telah memberikan Doa, dukungan serta motivasi kepada penulis.
6. Teman-teman *internship* di King Mongkut's University of Technology Thonburi Thailand yang telah kebersamai penulis selama masa susah payah magang.
7. Seluruh teman kelas biologi A yang sudah kebersamai penulis.
8. Anisa dan Hesi yang sudah selalu sedia menerima keluhan hidup penulis.
9. Seluruh pihak yang telah membantu memberikan support serta kebersamai penulis yang tidak bisa disebut satu persatu

Semoga amal baik dari semua pihak memperoleh pahala dari Allah SWT. Skripsi ini didudun dengan teliti dan sebaik mungkin, akan tetapi jika terdapat kekurangan, penulis mengharapkan masukan, saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan skripsi ini.

Malang, 14 Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	Error! Bookmark not defined.
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
ملخص البحث.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Batasan Masalah.....	7
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Ekosistem Mangrove	9
2.2. Pencemaran Perairan	10
2.3. <i>Rhizophora apiculata</i>	13
2.4. <i>Rhizophora mucronata</i>	15
2.5. <i>Rhizophora stylosa</i>	17
2.6. Logam Berat	19
2.6.1. Logam Berat Cu	20
2.6.2. Logam Berat Zn	21
2.6.3. Logam Berat Pb.....	22

2.7.	Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Mangrove.....	24
2.8.	Parameter Kualitas Air	28
2.8.1.	Parameter Fisika.....	28
2.8.2.	Parameter Kimia.....	29
2.9.	<i>Atomic Absorption Spectrometry</i> (AAS)	31
BAB III METODE PENELITIAN		32
3.1.	Jenis Penelitian	32
3.2.	Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.3.	Alat dan Bahan	32
3.3.1.	Alat.....	32
3.3.2.	Bahan.....	33
3.4.	Prosedur Penelitian.....	33
3.4.1.	Penetapan Stasiun Pengambilan Sampel.....	33
3.4.2.	Teknik Pengambilan Sampel Mangrove	35
3.4.3.	Pengambilan Sampel Sedimen.....	36
3.4.4.	Analisis Logam Berat pada Sampel Sedimen, Akar, dan Daun Mangrove	37
3.4.5.	Parameter Kualitas Air	37
3.5.	Analisis Data	38
3.5.1.	Faktor Biokonsentrasi	38
3.5.2.	Faktor Translokasi.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1.	Parameter Kualitas Lingkungan	41
4.2.	Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Sedimen dan Air	44
4.3.	Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada Akar Daun <i>Rhizophora apiculata</i>	47
4.4.	Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada Akar Daun <i>Rhizophora mucronata</i>	49
4.5.	Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada Akar Daun <i>Rhizophora stylosa</i>	51
4.6.	Faktor Biokonsentrasi / <i>Bioconcentration Factor</i> (BCF).....	55
4.7.	Faktor Translokasi / <i>Translocation Factor</i> (TF).....	57
BAB V PENUTUP		61

5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi <i>Rhizophora apiculata</i> . (a) Daun; (b) Bunga; dan (c) Buah	14
Gambar 2.2 Morfologi <i>Rhizophora apiculata</i> . a) bunga, b) buah, c) daun dan d) pohon (Sumber: Noor, dkk. 2006)	14
Gambar 2.3 Morfologi <i>Rhizophora mucronata</i> . a) Buah dan Hipokotil, b) Bunga, dan c) daun (Sumber: Noor, dkk. 2006).....	16
Gambar 2.4 Morfologi <i>Rhizophora mucronata</i> . a) Bunga, b) Buah, c) daun dan d) Pohon (Sumber: Noor, dkk. 2006)	16
Gambar 2.5 Morfologi <i>Rhizophora stylosa</i> . a) Buah dan b) Daun dan Bunga (Sumber: Noor, dkk. 2006)	18
Gambar 2.6 Morfologi <i>Rhizophora stylosa</i> . a) Bunga, b) Buah, c) Daun dan d) Pohon (Sumber: Noor, dkk. 2006)	19
Gambar 2.7 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tumbuhan	27
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	34
Gambar 3.2 Stasiun Pengambilan Sampel. (a) stasiun 1, dermaga ekowisata dekat pemukiman; (b) stasiun 2, dekat tambak warga; dan (c) stasiun 3, dekat laut lepas	35
Gambar 4.1 Grafik nilai salinitas, pH dan suhu pada 3 stasiun	42
Gambar 4.2 Grafik Konsentrasi logam berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada sedimen dan air.	46
Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun <i>Rhizophora apiculata</i>	48
Gambar 4.4 Grafik Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun <i>Rhizophora mucronata</i>	50
Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun <i>Rhizophora stylosa</i>	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Koordinat stasiun pengambilan sampel.....	34
Tabel 4.1 Hasil pengukuran parameter kualitas lingkungan pada 3 stasiun serta Baku Mutu Kementrian lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021	41
Tabel 4.2 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Sedimen dan Air	44
Tabel 4.3 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada akar dan Daun <i>Rhizophora apiculata</i>	47
Tabel 4.4 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada akar dan Daun <i>Rhizophora mucronata</i>	50
Tabel 4.5 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada akar dan Daun <i>Rhizophora stylosa</i>	52
Tabel 4.6 Akumulasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun <i>Rhizophora apiculata</i>	56
Tabel 4.7 Akumulasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun <i>Rhizophora mucronata</i>	56
Tabel 4.8 Akumulasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun <i>Rhizophora stylosa</i>	56
Tabel 4.9 Translokasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada <i>Rhizophora apiculata</i> .	57
Tabel 4.10 Translokasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada <i>Rhizophora mucronata</i>	57
Tabel 4.11 Translokasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada <i>Rhizophora stylosa</i> ...	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ekosistem mangrove merupakan jenis hutan yang berada di zona pasang surut Pantai, sehingga keberadaannya sangat bergantung pada aliran air laut. Ekosistem mangrove berada pada persimpangan laut dan darat yang menyediakan jasa ekonomi, sosial dan ekologi yang penting (Alemu, dkk. 2021 & Enni, dkk. 2022). Hutan mangrove di Indonesia menurut Rahadian, dkk (2019) diperkirakan memiliki luas 4,25 juta setara dengan 3,9% dari keseluruhan hutan di Indonesia. Hutan ini dapat ditemukan di Sumatera, Jawa, Kalimantan, pulau-pulau yang terdapat di Maluku, maupun di Papua. Indonesia masih menempati negara yang memiliki ekosistem mangrove paling luas di dunia.

Tumbuhan mangrove mampu bertahan hidup dalam wilayah yang memiliki salinitas tinggi, keadaan tanpa oksigen (anoksik) serta toleran terhadap paparan logam berat. Mangrove berfungsi sebagai filter alami yang mampu menyerap, memindahkan, dan menyimpan zat-zat beracun, termasuk logam berat. Melalui akarnya, mangrove dapat menyerap nutrien dan zat beracun baik dari sedimen maupun air, proses ini dikenal sebagai fitoremediasi. Selanjutnya, zat-zat yang diserap dapat dipindahkan dari akar ke bagian batang atau daun tanaman dalam proses yang disebut translokasi (Brooks, 1989, David, dkk. 2016, & Ram, dkk. 2018)

Logam berat di perairan akan diabsorpsi oleh akar mangrove, kemudian terkumpul di bagian batang dan daun. Setiap bagian tanaman mangrove memiliki

nilai ambang batas tertentu, yang jika konsentrasinya melebihi standar kualitas yang ditetapkan, maka logam berat tersebut dapat menjadi pencemar berbahaya bagi ekosistem perairan. Logam berat memiliki sifat akumulatif, artinya jika jumlahnya meningkat akan mengendap di sedimen dan terakumulasi dalam biota perairan, yang dapat mengancam kesehatan ekosistem perairan secara keseluruhan (Cabral, dkk 2016, Fachruddin, 2018 & Wang, dkk. 2017).

Potensi pencemaran lingkungan menjadi tantangan utama dalam masyarakat. Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan ancaman bagi lingkungan dan perlu mendapatkan perhatian serius. Industrialisasi yang cepat serta tingkat mobilisasi dan transportasi yang meningkat telah menyebabkan pencemaran lingkungan oleh logam berat. Sumber logam berat alami berasal dari kerak bumi yang berupa bahan-bahan murni, organik, dan anorganik serta berasal dari pelapukan batuan yang mengandung logam dan letusan gunung berapi, sedangkan sumber antropogenik diantaranya berasal dari emisi berbagai industri, pertambangan, peleburan, kegiatan kendaraan bermotor, dan kegiatan pertanian seperti aplikasi pestisida dan pupuk fosfat. Pencemaran logam berat diakibatkan pembuangan limbah industri, limbah domestik, pertambangan, aktivitas pelabuhan, serta hujan asam. Limbah yang tidak dapat melalui proses degradasi tersebut kemudian terakumulasi di perairan yang akan berdampak nyata pada pencemaran lingkungan (Pan dan Wang, 2012 & Khairuddin, dkk. 2018). Logam berat seperti Pb, Cu, Hg, Fe, Cd, Zn, Cr, dan Ni sering ditemukan di lingkungan perairan dan kebanyakan berasal dari aktivitas manusia. Di antara logam berat tersebut, ada tiga jenis yang sering ditemukan di perairan dan biasanya berasal dari kegiatan industri,

yaitu Cu (tembaga), Zn (seng), dan Pb (timbal). Menurut Handayanto, dkk (2017) logam berat berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, dan terbagi atas logam esensial dan non esensial. Logam berat esensial meliputi Cu dan Zn, yang memiliki manfaat bagi tumbuhan tetapi apabila dalam jumlah yang berlebihan justru akan mengganggu metabolisme dan bersifat toksik bagi tumbuhan. Sedangkan Pb termasuk logam non esensial, karena daya larut dan daya translokasinya yang rendah, serta bersifat toksik yang tinggi sehingga menyebabkan racun bagi beberapa spesies.

Surabaya sebagai ibukota dari provinsi Jawa Timur. Menurut Bawani dkk. (2011) Surabaya memiliki perkembangan yang menakjubkan terkait areal perindustrian hanya dalam waktu lima tahun. Di Surabaya terdapat berbagai jenis industri seperti tekstil, plastik, kimia dan obat-obatan, dan sebagainya. Banyaknya industri di kota ini memberikan dampak buruk terhadap lingkungan. Limbah dan polutan yang dihasilkan oleh industri menyebabkan pencemaran udara, air, dan tanah, yang berpotensi merusak ekosistem lokal dan kesehatan manusia. Kelurahan Wonorejo memiliki kawasan ekosistem mangrove yang paling berkembang dan termasuk salah satu kawasan yang mengalami pencemaran di Surabaya (Rachmawati, dkk. 2018). Surabaya berada di sepanjang pesisir pantai yang mempunyai beragam ekosistem mangrove yang menyebar di wilayah utara dan timur. Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya memiliki luasan sebanyak 64,83 ha (Dinas Pertanian Kota Surabaya, 2017). Masyarakat sekitar juga memanfaatkan wilayah ini sebagai tambak tradisional budidaya udang dan bandeng. Menurut Prasetya (2012) ada 5 spesies mangrove yang mendominasi kawasan ekowisata

mangrove wonorejo, yaitu *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, dan *Rhizophora mucronata* yang memiliki nilai penting untuk tujuan fitoremediasi.

Fitoremediasi merupakan sebuah teknologi biologis dengan menggunakan tumbuhan alami yang memiliki nilai manfaat untuk menghilangkan kontaminan dalam sedimen atau air. Secara umum, fitoremediasi dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam mengurangi kontaminasi berupa nutrient, bahan organik, ataupun logam berat dengan biaya yang murah (Wahwakhi, 2015).

Kerusakan ekosistem yang telah banyak terjadi di Indonesia dikarenakan oleh perilaku manusia. Berbagai kasus kerusakan alam baik di daratan maupun lautan merupakan dampak dari tindakan orang-orang yang tidak bertanggung jawab.

Firman Allah SWT. dalam surat Ar-Rum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di lautan disebabkan karena perbuatan tangan (maksiat) manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS: Ar-Rum [30]:41)

Menurut tafsir Kementerian Agama, pada ayat tersebut diterangkan mengenai terjadinya *al-fasad* yang bermakna perusakan atau pelanggaran terhadap tata aturan atau hukum Allah. Perusakan ini terjadi di daratan, seperti kerusakan hutan dan kehilangan flora serta fauna, dan juga di lautan, seperti kerusakan ekosistem dan biota laut. Perusakan ini juga bisa berupa pencemaran alam, sehingga hilangnya kebermanfaatan dan memunculkan krisis-krisis di bumi. Penyebab terjadinya kerusakan terhadap lingkungan merupakan bentuk perbuatan manusia yang korup, sikap eksploitatif dan destruktif (*bima kasabat a'id al-nas*). Namun dalam kitab

tafsir al-Maraghi (1995) kemudian Allah memberikan peringatan dengan menunjukkan dampak atas perbuatan yang telah dilakukan oleh manusia, sehingga manusia kembali ke jalan yang benar (*yarji'un*) yang memiliki makna bertaubat atau tidak lagi merusak alam namun memeliharanya. Maka, keseimbangan ekosistem ini perlu dijaga oleh manusia dengan bersikap adil dalam memperlakukan alam, memanfaatkan segala sesuatu dari alam dengan sesuai kebutuhan serta memberikan hak-hak alam agar keseimbangan ekosistem tetap terjaga.

Penelitian sebelumnya mengenai logam berat yang berada di Kawasan Mangrove wonorejo diantaranya penelitian Rachmawati (2018) yang menganalisis kandungan Pb dan Cu di Kawasan Ekowisata Wonorejo, ditemukan bahwa kadar logam berat tersebut telah melampaui batas yaitu Cu berkisar 4,13-36,95 ppm dan Cu 3,28-23,79 ppm. Penelitian Baihaqi (2019) juga menyatakan kadar logam berat Zn pada kawasan tersebut cukup tinggi sebesar 0,048-0,201 ppm, kedua penelitian memiliki nilai melebihi batas baku mutu Kementrian Lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021 Penelitian analisis logam berat dengan menggunakan jenis mangrove *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa* pada kawasan mangrove wonorejo perlu dilakukan karena menurut Supriyantini, dkk (2017) mangrove jenis *Rhizophora* sp. Memiliki bentuk morfologi akar yang lebar dan luas sehingga bidang penyerapan logam beratnya cenderung tinggi. Bentuk perakaran pada mangrove famili ini dinilai sangat efektif dalam menyerap polutan. Sehingga untuk menjelaskan lebih lanjut kadar Cu, Zn, dan Pb pada air, sedimen,

akar, dan daun pada tumbuhan, serta dapat digunakan sebagai materi penilaian lingkungan dengan mengatur dan mengawasi aktivitas manusia.

1.2. Rumusan Masalah

Didasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalahnya adalah:

1. Berapa konsentrasi logam berat tembaga (Cu), seng (Zn), dan timbal (Pb) pada air dan sedimen di kawasan ekowisata mangrove Wonorejo?
2. Berapa konsentrasi logam berat tembaga (Cu), seng (Zn), dan timbal (Pb) pada akar dan daun mangrove *Rhizophora apiculata* di kawasan ekowisata mangrove Wonorejo?
3. Berapa konsentrasi logam berat tembaga (Cu), seng (Zn), dan timbal (Pb) pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* di kawasan ekowisata mangrove Wonorejo?
4. Berapa konsentrasi logam berat tembaga (Cu), seng (Zn), dan timbal (Pb) pada akar dan daun mangrove *Rhizophora stylosa* di kawasan ekowisata mangrove Wonorejo?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada studi ini yaitu:

1. Mengetahui nilai konsentrasi Cu, Zn, dan Pb pada air dan sedimen di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo.
2. Mengetahui nilai konsentrasi Cu, Zn, dan Pb pada akar dan daun mangrove *Rhizophora apiculata* di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo.

3. Mengetahui nilai konsentrasi Cu, Zn, dan Pb pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo.
4. Mengetahui nilai konsentrasi Cu, Zn, dan Pb pada akar dan daun mangrove *Rhizophora stylosa* di Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada studi ini yaitu:

1. Jenis mangrove pada studi ini yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa* yang berada di Kawasan Mangrove Wonorejo.
2. Logam berat yang dianalisis merupakan tembaga (Cu), seng (Zn), dan timbal (Pb).
3. Sampel penelitian diperoleh dari air, sedimen, akar dan daun mangrove dari 3 spesies.
4. Pengambilan sampel pada 3 stasiun di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari studi ini meliputi:

1. Manfaat Teoritis

Hasil studi bermanfaat sebagai sumber pengetahuan terkait akumulasi logam berat pada sedimen dan mangrove di kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo Surabaya.

2. Manfaat Praktis

Hasil studi ini dapat bermanfaat untuk:

- a. Dapat tambahan informasi bagi masyarakat mengenai manfaat dan fungsi mangrove guna meminimalkan pencemaran logam berat. Selain itu, dapat meningkatkan kesadaran agar ikut serta dalam pelestarian dan pengelolaan ekosistem mangrove di Kawasan Mangrove Wonorejo.
- b. Dorongan kepada pengelola Kawasan Ekowisata Mangrove Wonorejo untuk menjaga sumber daya secara berkelanjutan dan meningkatkan mutu perairan kawasan wonorejo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ekosistem Mangrove

Mangrove termasuk tumbuhan khas daerah litoral di pesisir pantai. Ekosistem mangrove dapat tumbuh di lingkungan dengan tanah lumpu dan memiliki salinitas tinggi, serta ditentukan oleh pasang surut air laut. Ekosistem ini lebih dominan ditemukan di daerah estuaria, pantai dengan teluk yang dangkal serta daerah pantai (Hermialingga, dkk. 2020). Ekosistem mangrove adalah kawasan vegetasi tinggi yang dapat beradaptasi dengan lingkungan intertidal di mana terjadi interaksi antara air laut, sungai, air payau, dan daratan. Interaksi tersebut membuat ekosistem mangrove memiliki keragaman flora dan fauna yang meliputi spesies dari lingkungan laut, air tawar, dan darat. Ekosistem mangrove adalah hutan yang tumbuh di tanah berlumpur jenis alluvial, terdiri dari berbagai hewan yang khas dan jenis tumbuhan meliputi *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Lumnitzera*, *Excoecaria*, *Xylocarpus*, dan *Nypa*. (Febrianto, dkk. 2019 & Martuti, dkk. 2018).

Ekosistem mangrove memiliki peran sebagai penyangga pantai yang mencegah erosi akibat gelombang laut. Kawasan mangrove kaya akan bahan organik yang mendukung keberagaman biota, menjadikannya sebagai habitat alami. Secara fisik, salah satu fungsi ekosistem mangrove adalah sebagai pengolah limbah perairan, di mana prosesnya melalui akumulasi limbah di tumbuhan mangrove. Selain itu, ekosistem ini membantu mengurangi pencemaran dengan menyerap dan menguraikan zat-zat berbahaya dalam limbah sebelum mencapai perairan. Selain itu juga memiliki kemampuan beradaptasi yang ekstrim terhadap

lingkungannya, misal salinitas dan kandungan logam berat yang tinggi serta keadaan tanah yang tidak stabil. Beberapa spesies mangrove pada kondisi lingkungan di atas akan mengeluarkan garam secara aktif dari jaringan serta memperoleh oksigen yang dibantu sistem akar napas (Badera, 2017 & Wibisono, 2005).

2.2. Pencemaran Perairan

Pencemaran lingkungan dijelaskan Kementerian Lingkungan Hidup pada PP No. 22 tahun 2021 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, sebagai penambahan makhluk hidup, substansi, energi, ataupun unsur lainnya oleh aktivitas manusia ke lingkungan yang tidak sesuai dengan standar kualitas lingkungan. Lingkungan yang tercemar menunjukkan adanya perubahan dari kondisi aslinya akibat masuknya benda asing, yang berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi organisme dan ekosistemnya (Palar, 2012).

Terjadinya pencemaran di lingkungan perairan, secara umum dikategorikan ada 2 cara bahan polutan ke dalam lingkungan yakni:

- a. Secara alamiah, seperti pengikisan batuan, dari gelombang tsunami, maupun bencana gunung meletus.
- b. Aktivitas manusia (antropogenik), seperti insiden kapal tanker, pelepasan material dari kegiatan pengerukan pelabuhan, sisa produksi industri, dan limbah domestik (Khairuddin, dkk 2018).

Aktivitas manusia memberikan penyebab paling banyak terjadinya pencemaran di laut dilihat dari cara masuknya bahan pencemar ke dalam lingkungan perairan. Polutan atau logam berat yang banyak diproduksi karena

aktivitas manusia meliputi Pb, Hg, Cu, Cd, Zn, Cr, Fe, Mn, dan Ni yang sebelumnya sudah ditemukan di dalam perairan. Menurut Mills (1995), konsentrasi logam berat mencakup Cu, Pb, dan Zn paling tinggi terdapat di estuari. Ketika limbah dibuang ke perairan, terjadi proses sedimentasi yang dapat meningkatkan konsentrasi zat pencemar dalam endapan di dasar perairan. Logam berat di ekosistem perairan akan terjadi serangkaian proses, mulai dari pengendapan di dasar perairan, pelarutan, dan dispersi ke berbagai bagian ekosistem. Akibatnya, polutan tersebut akan diabsorpsi oleh berbagai organisme di ekosistem perairan, dapat membahayakan kesehatan dan kelangsungan hidup organisme tersebut serta ekosistem secara keseluruhan.

Allah SWT. menjelaskan dalam Al-Qur'an agar manusia tidak melakukan perbuatan rugi dengan merusak lingkungan. Salah satu buktinya yakni pada Qur'an surat Al-Baqarah ayat 205:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ

Artinya: *“Dan apabila dia berpaling (dari engkau), ia berusaha untuk berbuat kerusakan di bumi, serta merusak tanam-tanaman dan ternak, sedang Allah tidak menyukai kerusakan”* (Q.S. Al-Baqarah [2]:205)

Menurut penjelasan Kementerian Agama terkait ayat tersebut menyebutkan golongan manusia yang melakukan kerusakan atas tanaman hingga binatang. Manusia dalam hal ini melakukan perbuatan yang sewenang-wenang dalam mengambil manfaat pada lingkungan, mengutamakan ketamakan atas dirinya hingga menghiraukan yang lainnya (kelestarian alam). Tafsir mengenai “berbuat kerusakan di bumi” dalam ayat ini dapat diartikan pengalihan lahan menjadi industri, perkotaan, perumahan, pembangunan pelabuhan, pertanian, dan sebagainya yang tidak memperhatikan limbah yang dibawanya. Limbah tersebut

kemudian dibuang ke lautan atau perairan yang mengakibatkan “merusak tanam-tanaman dan ternak”. Tanaman dalam hal ini tumbuhan pesisir seperti mangrove hingga terumbu karang serta ternak yang diartikan hewan seperti biota laut.

Beberapa istilah yang menunjukkan makna kerusakan antara lain *fasad*, *sa'a*, *dammara*, dan *halaka*. Sementara istilah *halaka* dalam al-Qur'an telah disebutkan sebanyak 68 kali. Merujuk penjelasan pada buku oleh al-Shafani (2017), istilah *halaka* memiliki 3 makna utama salah satunya yakni kerugian atau kehancuran berupa kerusakan alam. Istilah *halaka* bermakna kehancuran serta merujuk pada kerusakan alam yaitu pada ayat di atas. Istilah *sa'a* mengarah pada kerusakan lingkungan, yang disebutkan dalam Q.S Al-Baqarah ayat 205.

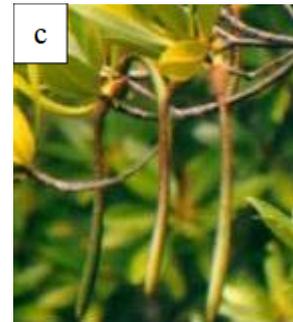
Sebagai khalifah di bumi ini, manusia seharusnya bertanggung jawab dalam pengelolaan sumber daya alam dengan bijaksana guna mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan. Manusia telah diperintahkan untuk mengelola serta menjaga alam secara lestari dengan tidak membuang limbah ke perairan yang menimbulkan pencemaran. Pencemaran memberikan dampak negatif pada kelangsungan hidup manusia. Limbah industri yang tidak dikelola secara tepat bisa mencemari lingkungan, serta berpotensi merusak kesehatan manusia, merusak ekosistem, dan mengancam keanekaragaman hayati. Berdasarkan hal tersebut, manusia memiliki tanggung jawab moral untuk menjaga kelestarian lingkungan dan menerapkan upaya-upaya ramah lingkungan, terutama dalam hal penanganan dan pembuangan limbah.

2.3. *Rhizophora apiculata*

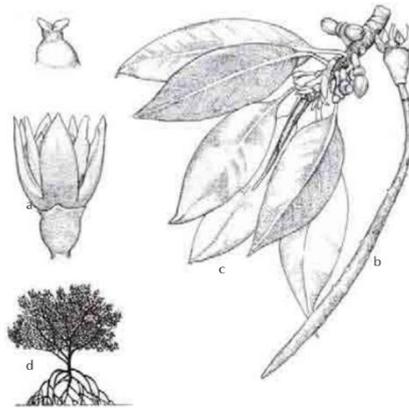
Tumbuhan ini di daerah dikenal dengan sebutan bakau minyak, bakau tanduk, bakau akik, bakau leutik, tinjang, dan wako. Pohon ini mempunyai tinggi mencapai 30 m dan diameter batangnya hingga 50 cm. Karakteristik khas dari pohon ini adalah akar tunjang yang tingginya 5 m dan juga ditemukan akar udara pada bagian cabangnya. Daunnya berbentuk elips dengan ujung meruncing, berkulit, dan memiliki warna hijau tua, dengan ukurannya 7-19 x 3,5-8 cm. Buahnya bulat memanjang menyerupai buah pir, warnanya coklat, memiliki panjang 2-3,5 cm, dan di dalamnya ada biji yang telah dibuahi (Noor, dkk. 2006).

Klasifikasi pada *Rhizophora apiculata* menurut Cronquist (1981) yaitu:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Myrtales
Famili : Rhizophoraceae
Genus : Rhizophora
Spesies : *Rhizophora apiculata*



Gambar 2.1 Morfologi *Rhizophora apiculata*. (a) Daun; (b) Bunga; dan (c) Buah dan Hipokotil (Sumber : Noor, dkk. 2006)



Gambar 2.2 Morfologi *Rhizophora apiculata*. a) bunga, b) buah, c) daun dan d) pohon (Sumber: Noor, dkk. 2006)

Rhizophora apiculata merupakan tumbuhan yang umum ditemukan di daerah berlumpur, halus, dan selalu tergenang ketika pasang air laut normal. Tumbuhan ini kurang cocok tumbuh di area dengan tanah keras dan berpasir. Namun, tumbuhan ini lebih adaptif pada lingkungan perairan pasang surut yang tercampur air tawar. Tumbuhan ini sering mendominasi hingga 90% dari jenis vegetasi di suatu area. *Rhizophora apiculata* banyak ditemukan Indonesia, Malaysia, Sri Lanka, dan wilayah Australia Tropis serta Kepulauan Pasifik

Manfaat *Rhizophora apiculata* biasanya oleh masyarakat Indonesia digunakan sebagai tanaman pinggir tambak untuk melindungi pematang. Kayunya digunakan untuk bahan bangunan, arang, serta kayu bakar. Sedangkan cabang akarnya untuk bahan jangkar. tumbuhan ini juga berpotensi digunakan sebagai obat

antibiotik alami karena mengandung senyawa antibakteri seperti flavonoid, saponin, alkaloid, dan tannin. *Rhizophora apiculata* mampu mengabsorpsi bahan pencemar seperti gas buangan kendaraan, industri, dan sebagainya. Selain itu, jenis tumbuhan ini juga memiliki kemampuan khusus dalam mendetoksifikasi atau biofilter logam-logam berat dalam jaringannya yang terbawa di sedimen (Noor, dkk. 2006).

2.4. *Rhizophora mucronata*

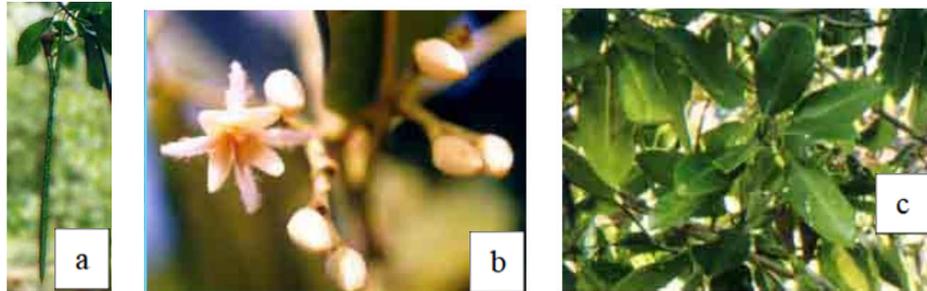
Rhizophora mucronata memiliki nama setempat bakau hitam, bakau merah, dan bakau hitam. Tinggi pohonnya dapat mencapai 27 m dengan diameter batang hingga 70 cm, serta warna kulitnya hitam. Sistem akar dari tumbuhan ini adalah jenis tunjang serta memiliki akar udara yang muncul di cabang bagian bawahnya. Batangnya berdiri lurus tanpa lekukan, torsi, atau tonjolan. Daunnya berbentuk elips yang melebar hingga memanjang, dengan ujung yang meruncing menyerupai jarum. Daun bagian atas memiliki warna hijau, sedangkan bagian bawahnya berwarna hijau kekuningan dengan bintik-bintik hitam. Bunga ditemukan pada ketiak daun yang tangkai bunganya menyerupai cangkang. Buahnya lonjong telur dengan ukuran sekitar 5-7 cm dan berwarna hijau coklat (Noor, dkk. 2006).

Klasifikasi pada *Rhizophora mucronata* menurut Cornquist (1998) yaitu:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Myrtales
Famili	: Rhizophoraceae

Genus : *Rhizophora*

Spesies : *Rhizophora mucronata*



Gambar 2.3 Morfologi *Rhizophora mucronata*. a) Buah dan Hipokotil, b) Bunga, dan c) Daun (Sumber: Noor, dkk. 2006)



Gambar 2.4 Morfologi *Rhizophora mucronata*. a) Bunga, b) Buah, c) Daun dan d) Pohon (Sumber: Noor, dkk. 2006)

Rhizophora mucronata memiliki tempat hidup sama dengan *Rhizophora apiculata*, tetapi lebih mampu bertahan pada tanah yang keras atau berpasir.

Biasanya, jenis mangrove ini tumbuh berkelompok di sekitar muara sungai. Tumbuhan ini tumbuh baik di area yang sering terendam air, khususnya pada tanah yang kaya akan bahan organik. Tumbuhan ini tergolong sebagai tumbuhan yang penting, di mana penyebarannya yang sangat luas di berbagai wilayah. Perbungaannya terjadi sepanjang tahun. Penyebarannya diantaranya di Indonesia, Malaysia, Afrika, Madagaskar, serta Mauritania. Kayu dari tumbuhan ini banyak digunakan untuk bahan bakar dan arang. Tannin dalam kulit kayunya seringkali dimanfaatkan sebagai bahan pewarna dan terkadang digunakan sebagai pengobatan untuk kondisi hematuria. Pohon ini biasanya ditanam di sepanjang tambak sebagai bentuk perlindungan untuk menjaga pematang dari erosi dan kerusakan (Noor, dkk. 2006).

2.5. *Rhizophora stylosa*

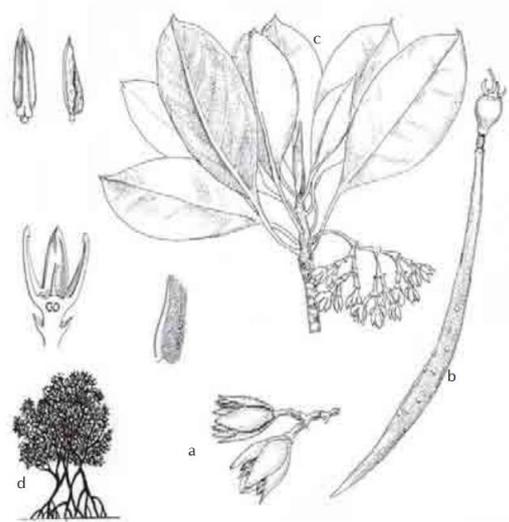
Rhizophora stylosa dikenal dengan berbagai nama lokal seperti bakau, wako, bangko, dan slindur. Mangrove ini memiliki pohon dengan satu atau beberapa batang yang bisa mencapai ketinggian 10 meter. Kulit kayunya halus, retak-retak, dan berwarna dari abu-abu hingga kehitaman. Akarnya berjenis tunjang yang panjangnya mencapai 3 cm, serta memiliki akar udara di cabang bagian bawah. Daunnya berkulit dan berbintik-bintik pada bagian bawahnya. Tangkai daun berwarna hijau dan berbentuk elips melebar dan ujung yang meruncing. Bunganya tumbuh di ketiak daun dengan tangkai bunga yang menyerupai cangkang. Buah mangrove ini berbentuk seperti buah pir, yang panjangnya 2,5-4 cm, berwarna coklat dan berbintil agak halus (Noor, dkk. 2006).

Klasifikasi *Rhizophora stylosa* menurut Cornquist (1998) yaitu:

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Sub kelas : Myrtales
Ordo : Myrtales
Famili : Rhizophoraceae
Genus : Rhizophora
Spesies : *Rhizophora stylosa*



Gambar 2.5 Morfologi *Rhizophora stylosa*. a) Buah dan b) Daun dan Bunga
(Sumber: Noor, dkk. 2006)



Gambar 2.6 Morfologi *Rhizophora stylosa*. a) Bunga, b) Buah, c) Daun dan d) Pohon (Sumber: Noor, dkk. 2006)

Tumbuhan ini dapat tumbuh di berbagai jenis kondisi tanah, seperti pasang surut, berlumpur, berpasir, dan berbatu. Jenis tumbuhan ini tergolong sebagai tumbuhan pionir di lingkungan pesisir. Area untuk tumbuh *Rhizophora stylosa* yakni tepian mangrove pada substrat karang. Penyebarannya yakni di Taiwan, Malaysia, Filipina, dan Indonesia. Manfaat *Rhizophora stylosa* yakni dapat digunakan untuk material bangunan, kayu bakar dan arang. Buahnya bisa diminum digunakan guna mengobati hematuria (Noor, dkk. 2006).

2.6. Logam Berat

Dilihat dari segi kemampuannya dalam menghantarkan panas dan listrik, unsur-unsur kimia dalam tabel periodic terbagi menjadi 2 golongan utama: logam dan non-logam. Berdasarkan densitasnya, ada dua jenis logam yaitu logam ringan dan logam berat. Logam berat merupakan unsur-unsur kimia berdensitas melebihi 5 g/cm^3 dan bernomor atom antara 22 - 92, serta periode III - VII. Dalam bidang

biologi, logam berat termasuk unsur logam yang beracun bagi flora dan fauna, meskipun konsentrasinya rendah (Handayanto, dkk. 2017). Logam berat merupakan zat alami yang tidak bisa terurai atau diuraikan, cenderung mengendap di lingkungan. Terakumulasinya logam berat dalam waktu lama dapat menyebabkan kerusakan ekologi dan potensial meningkatkan masalah pencemaran lingkungan (Agustina, 2014).

Berdasarkan perspektif toksikologi, logam berat terdapat dua macam yakni 1) logam berat esensial yang memiliki peranan nyata dalam proses metabolisme tubuh, namun apabila jumlahnya sangat banyak bersifat toksik, misal Zn, Cu, Fe, dan sebagainya. 2) logam berat non-esensial yang tidak diketahui terkait peranannya di tubuh makhluk hidup, seperti Pb, Cd, Hg, dan sebagainya. Keberadaan logam non esensial sangat berbahaya bagi lingkungan meskipun dalam kadar yang rendah akan menghambat proses metabolisme organisme (Advinda, 2018).

2.6.1. Logam Berat Cu

Tembaga (Cu) merupakan nomor atom 29 dengan nilai konfigurasi [Ar] $3d^{10}4s^1$ yang memiliki berat atom 65,37 g/mol, titik didih 2562°C , dan titik lebur 1038°C . logam ini termasuk dalam kelompok loga, penghantar listrik yang terbaik sehingga banyak digunakan dalam bidang elektronika dan pelistrikan (Manikasari, dkk. 2018). Cu termasuk logam esensial sebagai elemen mikro untuk kehidupan makhluk hidup. Namun jika dalam jumlah yang melebihi batas justru akan bersifat toksik. Logam Cu memiliki peranan penting dalam tumbuhan yaitu sebagai aktivator enzim serta pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama daun yang terjadi

proses fotosintesis. Kekurangan logam ini akan mengakibatkan tumbuhan berdaun kecil, berwarna kuning, bahkan hingga gagal memproduksi bunga. Nilai baku mutu Cu pada biota laut menurut KEP-MEN LH No. 22 Tahun 2021 yakni sebesar 0,008 ppm.

Cu di perairan bersumber dari alam dan kegiatan manusia. Sumber logam dari alam dapat berupa pengikisan batu mineral di perairan, sedangkan logam dari kegiatan manusia berupa limbah rumah tangga, dan industri. Cu sering digunakan pada industri tekstil, pembuatan cat anti karat, industri lem, serta pembuatan alat elektronik. Tembaga juga banyak digunakan pada bidang pertanian sebagai bahan pestisida seperti algasida dan makro-invertebrata (Yoon, 2006).

2.6.2. Logam Berat Zn

Seng (Zn) bernomor atom 30 dan nilai konfigurasi elektronnya adalah $[\text{Ar}]3d^{10}4s^2$ yang memiliki berat atom 65,4 gr/mol, berat jenisnya 7,14 gr/cm³, titik didih 906°C, dan titik leleh 419,5°C. Logam ini termasuk reduktor kuat yang mempunyai nilai oksidasi +2 sehingga mengakibatkan perubahan nilai konfigurasi menjadi $[\text{Ar}]3d^{10}$. Zn termasuk logam yang penting untuk proses metabolisme dalam jumlah ion yang kecil. Namun jika berlebihan akan menghambat proses metabolisme organisme dan menyebabkan toksisitas. Seng memiliki warna putih kebiruan yang mudah untuk ditempa. Pembentukan logam ini secara alamiah di tanah serta bergantung pada faktor antropogenik dari kawasan industri. Di dalam tanah, konsentrasi Zn adalah 70 mg/kg, dan jumlahnya bisa berubah-ubah tergantung faktor antropogenik yang mempengaruhinya (Handayanto, dkk. 2017). Nilai baku mutu Zn pada biota laut menurut KEP-MEN LH No. 22 Tahun 2021 yakni sebesar 0,05 ppm.

Beberapa sumber logam Zn antara lain yaitu dari penggunaan pupuk kimia yang terkandung Zn di dalamnya, seperti *Zinc sulfate* untuk metabolisme tumbuhan. Sisa-sisa pupuk pertanian masuk ke perairan dan mengendap di dalamnya. Kegiatan domestik juga menghasilkan limbah yang mengandung Zn seperti penggunaan formula dan deterjen serta korosi pada pipa air. Limbah industri seperti bahan baku minyak, cat besi, serta bahan lainnya ikut menyumbang limbah kandungan seng yang akan bercampur di dalam perairan. Siregar dan Edward (2010) menjelaskan kadar kandungan seng di lingkungan khususnya perairan disebabkan karena aktivitas perkapalan. Perairan pantai yang berfungsi sebagai pelabuhan dan jalur pelayaran, terutama yang digunakan untuk industri galangan kapal, berpotensi menjadi sumber pencemaran oleh logam berat. Limbah dari kegiatan perkapalan berupa Zn di sekitar pelabuhan juga menyebabkan kontaminasi perairan. Di sekitaran dermaga yang kurang terurus biasanya ditemukan tumpukan sampah, di mana sampah tersebut sering masuk ke perairan. Area *docking* kapal seringkali dilakukan aktivitas pengecatan dan reparasi kapal, juga turut memperparah penumpukan pencemaran logam berat di lingkungan tersebut.

2.6.3. Logam Berat Pb

Timbal bernomor atom 82 yang memiliki berat atom 207,2 gr/mol, berat jenis 11,34 gr/cm³, titik didih 1740°C, dan titik leleh 327,43°C. Pb memiliki tekstur yang lunak dan mudah untuk ditempa, dicairkan, diekstruksi, dan digulung. Logam ini memiliki resistensi terhadap korosi, sehingga umumnya digunakan sebagai lapisan pelindung (*coating*). Namun, logam ini kurang baik sebagai penghantar listrik.

Timbal juga dimanfaatkan dalam produksi amunisi, bahan kembang api, peledak, korek api, retardan api untuk plastik, serta sebagai katalisator dalam proses industri dan bahan pelapis epoksi. Pb mudah menguap dan berinteraksi dengan oksigen, dan menghasilkan Timbal oksida (PbO). *U.S Environmental Protection Agency* mengklasifikasikan Pb merupakan logam berat yang memiliki sifat toksisitas tinggi (Ghasemidehkordi, et al. 2018). Nilai baku mutu Pb pada biota laut menurut KEP-MEN LH No. 22 Tahun 2021 yakni sebesar 0,008 ppm.

Jenis timbal ada dua yakni timbal organik dan timbal anorganik. Timbal organik umumnya ditambahkan ke dalam bahan bakar untuk mengoptimalkan kualitas oktan. Ketika timbal organik tercampur dengan bensin dan dibakar, itu dapat mengakibatkan emisi timbal masuk ke atmosfer. Akan tetapi, praktek menambahkan Pb ke bahan bakar sudah dihentikan dari tahun 1966 karena dampak negatifnya terhadap kesehatan dan lingkungan. Sedangkan timbal anorganik merupakan jenis timbal yang mudah atau sering ditemukan di lingkungan sekitar karena umumnya dijumpai dalam cat, debu, kosmetik, mainan anak-anak dan produk-produk lainnya.

Sumber Pb di lingkungan sebagian besar akibat dari faktor antropogenik, meliputi buangan limbah dari industri maupun sampah domestik, aktivitas penambangan, peleburan bijih, produksi produk yang di dalamnya terkandung timah, pembakaran batu bara, asap dari industri pemngolahan senyawa alkil-Pb dan pembakaran sampah. Pb dalam lingkungan dapat mengalami transformasi menjadi bentuk timbal yang berbeda. Timbal tidak dapat terurai sepenuhnya karena tidak mengalami proses degradasi. Penggunaan timbal secara terus menerus dapat

meningkatkan konsentrasi timbal di lingkungan, yang berpotensi terakumulasi ke dalam ekosistem dalam jumlah yang tinggi (Yoon, dkk 2006).

2.7. Mekanisme Penyerapan Logam Berat pada Mangrove

Allah SWT. berfirman dalam Al-Qur'an Surat Al-Qomar ayat 49:

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ

Artinya: “*Sungguh, Kami menciptakan segala sesuatu menurut ukuran*”

Tafsir ayat di atas menurut Kementrian Agama, Allah menciptakan segala hal di bumi ini sesuai dengan ketentuan dan hukum-hukum Allah. Setiap ciptaan Allah mempunyai fungsi dan manfaatnya. Salah satunya yakni tumbuhan mangrove yang dikehendaki Allah bisa tumbuh dan bertahan hidup di di area pasang surut air laut, berstrat lumpur, serta memiliki kandungan logam berat yang tinggi. Tumbuhan ini mampu mengabsorpsi logam dari lingkungan melalui membran sel dan masuk ke dalam tubuh tumbuhan. Sedangkan jika pada kasus yang sama, manusia tidak dapat menerima logam berat pada tubuh serta tidak memiliki kemampuan dan daya untuk menahan logam berat dalam jumlah yang tinggi. Justru dalam kasus ini, manusia akan mengalami keracunan pada tubuh yang berakibat gangguan pada kesehatan. Hal ini membuktikan bahwasanya kekuasaan Allah dalam menciptakan segala hal berdasarkan ukuran, fungsi, dan manfaatnya masing-masing.

Irhamni, dkk (2017) menyebutkan bahwa mekanisme absorpsi dan akumulasi logam berat oleh tanaman dikelompokkan ke dalam 3 proses, yaitu:

1. Absorpsi melalui akar. Rizosfer merupakan bagian tanaman yang mampu mengabsorpsi logam dengan membawanya ke bagian lapisan tanah di area akar, yang melalui berbagai metode tergantung jenis tanamannya. Senyawa terlarut

umumnya terserap oleh akar bersamaan dengan air, sementara senyawa yang tidak larut dalam air terserap melalui permukaan akar.

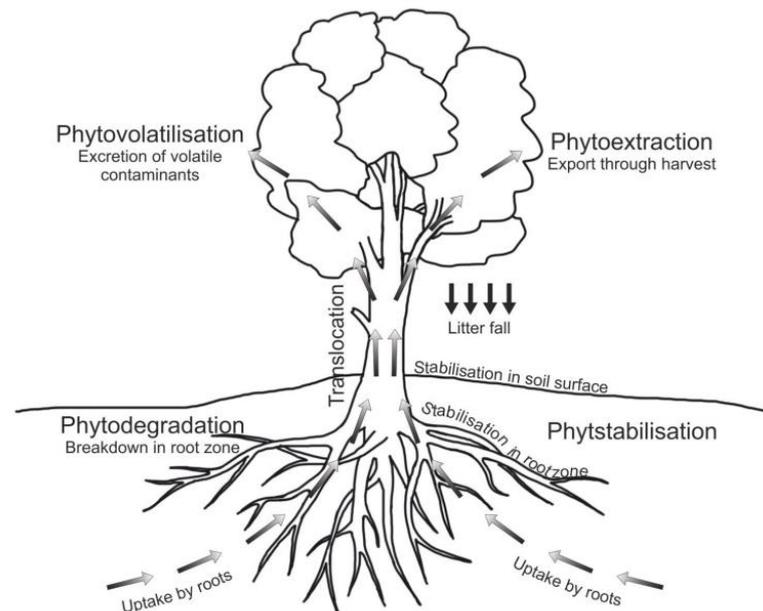
2. Translokasi logam dari akar ke bagian lainnya. Logam yang telah berhasil melewati lapisan endodermis di akar, kemudian senyawa asing lainnya ikut masuk melalui proses transpirasi menuju ke berbagai bagian tubuh tumbuhan yang terfasilitasi oleh jaringan xilem dan floem.
3. Lokalisasi logam di dalam sel. Tujuannya adalah guna mencegah gangguan pada metabolisme tanaman akibat logam tersebut. Untuk menghindari keracunan oleh logam, tanaman memiliki mekanisme detoksifikasi, seperti penyimpanan logam di akar dan daun.

Penjelasan mengenai mekanisme absorpsi logam berat oleh tumbuhan, yaitu:

1. *Phytoaccumulation*, merupakan proses di mana tumbuhan menarik zat pencemar dari lingkungan dan mengumpulkannya di sekitar akar tumbuhan.
2. *Rhizofiltration*, merupakan proses di mana akar menyerap atau mengendapkan zat pencemar, menempel pada permukaan akar.
3. *Phytostabilization* merupakan proses di mana zat pencemar menempel pada akar tanaman dan tidak bisa diserap oleh batang. Zat pencemar menempel dengan kuat di bagian akar, mencegahnya terlarut dan terbawa aliran air di media.
4. *Rhizodegradation* merupakan proses di mana zat pencemar diuraikan oleh mikroorganisme seperti ragi, fungi, dan bakteri yang ada di sekitar akar tanaman.
5. *Phytodegradation* adalah proses dimana tumbuhan mengubah zat pencemar dengan struktur molekulnya kompleks menjadi bahan yang lebih sederhana dan aman, yang bisa mendukung pertumbuhan tanaman. Proses ini terjadi di daun,

batang, atau akar, yang dibantu oleh enzim tanaman. Beberapa tanaman menghasilkan enzim untuk mempercepat penguraian.

6. *Phytovolaziation* merupakan proses di mana tumbuhan menarik zat pencemar melalui akarnya dan melalui transpirasi, mengubahnya menjadi bentuk yang tidak berbahaya, yang kemudian diupkan kembali ke atmosfer (Irhamni, dkk 2017).



Gambar 2.7 Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tumbuhan (Fitoremediasi)
(Sumber: Kafle, dkk. 2022)

Tanaman yang hidup di area yang terpapar kontaminasi logam berat biasanya mampu menyerap logam melalui sistem akarnya. Setelah penyerapan, logam berat ini seringkali membentuk ikatan dengan protein khusus yang disebut fitokelatin. Logam yang telah diserap dan terikat oleh fitokelatin kemudian akan disimpan di berbagai bagian tanaman dan diangkut ke area lain seperti batang dan daun. Fitokelatin yaitu protein yang dapat berikatan dengan logam, dan komponennya terdiri dari sistin dan glisin. Tam dan Wong (1996) menyatakan konsentrasi logam berat yang paling tinggi dalam tanaman mangrove biasanya terkonsentrasi di akar.

Menurut Sitompul dan Guritno (1995), pencemaran oleh logam berat dapat menyebabkan penumpukan bahan beracun di dalam tubuh tumbuhan. Akibatnya, aktivitas enzim dalam tumbuhan terganggu, proses fotosintesis tidak optimal,

meningkatnya respirasi, berubahnya permeabilitas sel, dan penurunan kesuburan tanaman. Berbagai gangguan tersebut mempengaruhi produktivitas dan kualitas tumbuhan tersebut.

2.8. Parameter Kualitas Air

2.8.1. Parameter Fisika

a. Suhu

Suhu termasuk unsur penting yang menentukan kualitas dan fungsi ekosistem perairan, seperti fotosintesis dan respirasi. Di ekosistem mangrove, suhu air ditentukan oleh berbagai faktor seperti kedalaman perairan, sirkulasi udara, arus, dan vegetasi mangrove. Suhu air yang tinggi karena terjadi tingginya paparan matahari. Tingkat radiasi matahari yang masuk ke perairan akan menentukan seberapa tinggi atau rendah suhu air tersebut. Vegetasi mangrove yang sangat rapat dapat menurunkan suhu, hal ini dikarenakan kanopi vegetasi mangrove menghalangi sinar matahari untuk masuk ke dalam. Kenaikan suhu mengakibatkan peningkatan toksisitas logam berat. Ketika suhu perairan menurun, kemampuan perairan untuk menyerap logam ke dalam partikel yang mengendap semakin meningkat. Namun, ketika suhu perairan meningkat, senyawa logam berat lebih cenderung larut dalam air sebab menurunnya penyerapan ke dalam partikulat (Palar, 2012 & Prihandana, dkk. 2020). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan suhu perairan ditentukan oleh distribusi dan kelarutan logam berat di dalam ekosistem perairan. Palar (2012) menyebutkan bahwa Suhu yang optimal untuk ekosistem mangrove idealnya $> 20^{\circ}\text{C}$, dan secara musiman $< 5^{\circ}\text{C}$. Jika suhunya mencapai $>40^{\circ}\text{C}$, ini tidak berdampak negatif pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup

tumbuhan mangrove. Menurut standar Kepmen baku mutu air laut, suhu 28-30°C merupakan suhu optimal bagi ekosistem mangrove.

2.8.2. Parameter Kimia

a. Salinitas

Salinitas adalah jumlah konsentrasi garam yang terlarut dalam gram per kilogram air laut. Salinitas menunjukkan padatan keseluruhan dalam air, sehingga salinitas perairan mencerminkan konsentrasi garam di perairan. Salinitas dihasilkan oleh beberapa ion antara lain natrium, klorida, kalsium, magnesium, kalium, sulfat dan bikarbonat. Pengaruh tinggi rendahnya salinitas pada perairan disebabkan oleh penguapan, curah hujan, dan aliran air tawar. Semakin tinggi penguapan yang terjadi di permukaan laut, maka salinitas dalam air laut akan meningkat, semakin tinggi curah hujan maka salinitas wilayah tersebut akan menurun, serta semakin banyaknya sungai mengalir masuk ke laut maka salinitas laut akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya. Menurunnya salinitas mengakibatkan peningkatan toksisitas logam berat, tingkat akumulasinya makin meningkat, dan penurunan konsentrasi oksigen (Pudjirahayu, dkk. 2017)

Kandungan garam pada air, umumnya < 0,05%. Namun apabila jumlahnya melebihi jumlah tersebut, maka termasuk air payau jika konsentrasinya 3-5%, apabila lebih dari 5% dikategorikan *brine*. Salinitas pada hutan mangrove memiliki variasi yaitu dikisaran 0,5-35 ppt. Hal ini terjadi dikarenakan pencampuran antara air laut dan air tawar, terutama saat musim penghujan. Air payau menunjukkan tingkat salinitas dikisaran 0,5 - 18 ppt, sementara salinitas air laut berkisar 18 -

30 ppt. Salinitas di daerah muara sungai juga bisa bervariasi tergantung pada kedalamannya (Jupriyanti, dkk. 2013).

b. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan air, yang berpengaruh pada kelangsungan hidup flora, fauna akuatik, serta produktivitas ekosistem perairan. Rentang nilai pH berada antara 0 hingga 14. Jika pH kurang dari 7 maka lingkungan tersebut asam. Sebaliknya, jika pH melebihi 7, maka lingkungan tersebut basa. Nilai pH 7 dianggap netral. Rendahnya nilai pH akan meningkatkan toksisitas senyawa logam berat, begitu sebaliknya. Wahwakhi (2015) menyatakan bahwa pH optimal untuk kehidupan organisme di perairan dikisaran 7-8,5. Keadaan lingkungan yang terlalu basa atau asam dapat meningkatkan konsentrasi logam berat yang beracun, sehingga mengancam kehidupan organisme.

Kusumaningtyas, dkk (2014) menyebutkan bahwa produktivitas perairan dipengaruhi oleh pH. Jika dalam suatu perairan menunjukkan pH dikisaran 5,5-6,5 dikategorikan sebagai perairan tidak produktif, pH dikisaran 6,5-7,5 dikategorikan produktif, dan pH antara 7,5-8,5 dikategorikan sangat produktif, sedangkan jika pH lebih > 8,5 termasuk perairan yang tidak produktif. Meningkatnya nilai pH di perairan ditentukan oleh komponen organik dan di perairan. Banyaknya bahan organik yang dibuang ke perairan akan menyebabkan nilai pH di perairan menjadi menurun hingga masam. Perairan yang memiliki nilai pH antara 6,5-7,5 termasuk perairan yang ideal untuk kehidupan organisme di dalamnya. Jika nilai pH melebihi ambang batas yang telah ditentukan tentunya akan mengganggu organisme yang terdapat di perairan.

2.9. *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)*

Atomic Absorption Spectrometry (AAS) adalah instrumen yang diperuntukan guna mengukur konsentrasi sebuah unsur dalam senyawa yang didasarkan pada absorpsi atomnya. Instrumen ini diperuntukan dalam menganalisis logam atau senyawa anorganik. Sampel yang dianalisis menggunakan AAS biasanya berupa larutan yang transparan dan prinsip dasarnya adalah absorpsi cahaya oleh atom. Cahaya yang diserap mengubah atom menjadi bentuk ion atau senyawa. Untuk menganalisis ion atau senyawa logam berat maka perlu dikonversi menjadi atom, yang dilakukan pada suhu yang tinggi. Cahaya yang diabsorpsi oleh atom-atom tersebut menghasilkan panjang gelombang tertentu yang ditentukan oleh karakteristik unturnya. Analisis menggunakan AAS merujuk pada prinsip hukum Lambert Beer, di mana jumlah cahaya yang terabsorpsi oleh sampel berbanding lurus dengan kadar zat pada sampel tersebut. Analisis ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara absorpsi cahaya yang diukur dan konsentrasi zat dalam sampel (Based, 1994).

Analisis kuantitatif logam berat menggunakan AAS adalah teknik yang umum dan banyak digunakan. Prinsipnya yaitu terjadi absorpsi sinar oleh atom pada panjang gelombang tertentu (Based, 1994).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Studi ini berjenis penelitian deskriptif kuantitatif. Metode penelitiannya adalah metode eksplorasi. Untuk mengambil sampel penelitian dengan cara mendatangi lokasi secara langsung. Penelitian ini melakukan uji terhadap Cu, Zn, dan Pb pada air, sedimen, akar, dan daun dari *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa* dengan menggunakan instrumen AAS.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan studi pada bulan Februari tahun 2024 dan berlokasi di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Stasiun pengamatan merupakan tiga lokasi berbeda pada kawasan mangrove dengan karakteristik berbeda pada masing-masing stasiun. Sampel air, sedimen, akar dan daun mangrove kemudian dilakukan preparasi dan analisis logam berat di Laboratorium Kimia Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel, Surabaya

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Peralatan yang dibutuhkan saat pengambilan sampel di lapangan antara lain GPS, kamera, *cool box*, plastik ziplock, kertas label, alat tulis, pisau, gunting dan pipa PVC. Alat untuk mengukur kualitas air suhu yaitu termometer. Selanjutnya alat yang dibutuhkan dalam preparasi dan analisis logam berat pada sampel antara lain timbangan analitik, blender, aluminium foil, kertas saring, gelas ukur ukuran

10 ml, gelas beaker ukuran 100 ml, jeldal, corong 75 mm, cawan goach, labu ukur ukuran 100 ml, labu ukur ukuran 50 ml, Erlenmeyer ukuran 100 ml, botol asi ukuran 100 ml, batang pengaduk, *instrument furnace*, *microwave extraction*, pipet ukuran 10 ml dan 5 ml, *hot plate*, dan AAS.

3.3.2. Bahan

Bahan-bahan untuk proses preparasi dan analisis logam berat pada sampel penelitian ini antara lain larutan HNO₃, batu didih, aquades, dan air sampel, sampel sedimen, sampel akar dan daun mangrove dari 3 stasiun.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Penetapan Stasiun Pengambilan Sampel

Dalam proses menetapkan stasiun dalam tahap pengambilan sampel dengan menerapkan metode *purposive sampling*, yang dilaksanakan di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo yang ditujukan untuk menentukan stasiun yang mempertimbangkan karakter masing-masing stasiun dan mengetahui sebaran vegetasi mangrove di lokasi tempat penelitian dengan mengambil 3 stasiun. Stasiun 1 adalah kawasan dermaga yang dekat dengan pemukiman penduduk serta memiliki jarak terjauh dari laut lepas, stasiun 2 merupakan stasiun *intermediate* dengan karakteristik dekat dengan kawasan tambak milik warga setempat, sedangkan

stasiun 3 merupakan kawasan ekowisata serta titik terdekat dengan laut lepas. Peta stasiun pengambilan sampel tersaji dalam gambar 3.1



Gambar 3.1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo

Tabel 3.1 Koordinat stasiun pengambilan sampel

Stasiun	Keterangan	Latitude	Longitude
1	Dermaga ekowisata	-7.307151	112.823915
2	Daerah <i>intermediate</i>	-7.309134	112.834907
3	Pertemuan sungai dan laut	-7.307712	112.841362



Gambar 2.2 Stasiun Pengambilan Sampel. (a) stasiun 1, dermaga ekowisata; (b) stasiun 2, daerah *intermediate*; dan (c) stasiun 3, pertemuan sungai dan laut

3.4.2. Teknik Pengambilan Sampel Mangrove

Sampel penelitian dipilih dengan memilih pohon yang batangnya berdiameter 20-25 cm dan tinggi < 3-5 m. Harnani dan Titah (2017) menyampaikan bahwa untuk memilih sampel penelitian dipilih tumbuhan mangrove yang memiliki batang berdiameter 5 cm. Ukuran ini erat kaitannya dengan sistem perakaran serta kualitas spesies mangrove. Mangrove yang diambil sebagai sampel telah berusia tua yang dapat diketahui dari diameter batangnya. Berdasarkan hal tersebut, mangrove yang

diambil dianggap sebagai agen bioremediasi bagi lingkungannya. hidupnya. Sampel yang diambil terdiri dari akar dan daun mangrove.

3.4.2.1. Pengambilan Sampel Akar

Sampel akar diperoleh dari ketiga jenis mangrove. Menurut Supriyantini, dkk (2017) akar diambil pada bagian akar yang terendam pada sedimen, yang diameter akarnya berkisar 0,4-0,6 cm. Akar tersebut dipotong memakai pisau, dengan panjang 10 cm. Selanjutnya, akar diletakan dalam plastik ziplock, dilabeli dengan kertas penanda, dan disimpan dalam *cool box*.

3.4.2.2. Pengambilan Sampel Daun

Sampel daun dari ketiga jenis mangrove menurut Supriyantini, dkk (2017) diambil dengan memilih daun yang tua, ditandai dengan berhijau tua dan berukuran 4-8 cm. Masing-masing daun diambil sebanyak 6 daun setiap pohon. Setelah dilakukan pengambilan daun lalu diletakan dalam plastik ziplock yang sudah ditandai dengan kertas label, dan disimpan didalam *cool box*.

3.4.3. Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil pada titik pengambilan tiap jenis mangrove pada masing-masing stasiun, yang dilakukan dengan memasukkan pipa PVC diameter 60 mm ke sedimen pada kedalaman antara 10 - 30 cm. Sampel yang telah diambil diletakkan dalam plastik yang telah dilabeli, kemudian disimpan dalam *cool box* untuk menganalisis kadar Cu, Zn, dan Pb di laboratorium.

3.4.4. Analisis Logam Berat pada Sampel Sedimen, Akar, dan Daun Mangrove

Analisis logam berat dilaksanakan di laboratorium meliputi proses analisa kadar Cu mengacu pada SNI No. 6989.6-2009, Zn mengacu pada SNI No. 06-6992.8-2004, sementara Pb mengacu pada SNI No. 06-6992.3-2004. Adapun prosedur analisis dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu: sampel pertama-tama dibersihkan, dikeringkan dalam oven, selanjutnya dihaluskan serta dicampur hingga homogen. Kemudian, 3 g sampel ditempatkan pada erlenmeyer berukuran 250 ml dan 25 ml aquades ditambah ke dalamnya. Kemudian, ditambah 5-10 ml HNO₃ pekat dan dicampur sampai merata. Dilanjutkan dengan penambahan 3-5 batu didih dan menutupnya. Selanjutnya, dilakukan pemanasan sampel bersuhu 1050°C hingga 1200°C sampai volume tersisa 10 ml. Setelah itu, sampel diangkat dan didinginkan.

Proses analisis lanjutan dilakukan dengan menambahkan 5 ml HNO₃ pekat. Sampel dipanaskan kembali dipanaskan kembali sampai muncul asap putih dan larutan sampelnya jernih, kemudian dipanaskan Kembali selama 30 menit, dan didinginkan. Kemudian disaring memakai kertas saring. Sampel diletakan di labu ukur 100 ml dan ditambah aquadest, lalu dilakukan pengukuran kadar Cu, Zn, dan Pb menggunakan AAS. Cu dan Zn diukur dengan panjang gelombang 324,7 nm, sementara Pb panjang gelombang 217,0.

3.4.5. Parameter Kualitas Air

3.4.5.1. Suhu

Suhu air dikur dengan alat thermometer yang sebelumnya dikalibrasi terlebih dahulu memakai akuades terlebih dahulu, kemudian dilap menggunakan

tisu, lalu dimasukkan ke air. Kemudian ditunggu 2-3 menit dan dibaca nilai hasil yang keluar tanpa diangkat dari perairan. Langkah terakhir yakni suhu perairan dicatat sebagai data penelitian.

3.4.5.2. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH perairan dilaksanakan di Laboratorium Instrumen UIN Sunan Ampel, Surabaya menggunakan alat pH meter. Kemudian dikalibrasi menggunakan akuades lalu dicelupkan ke dalam sampel air selama 1-2 menit hingga nilai pH muncul. Selanjutnya nilai dicatat sebagai data penelitian.

3.4.5.3. Salinitas

Salinitas diukur melalui alat salt meter di Laboratorium Instrumen UIN Sunan Ampel, dengan melakukan kalibrasi salt meter menggunakan akuades. Kemudian dicelupkan pada sampel air. Selanjutnya nilai yang keluar dicatat sebagai data penelitian.

3.5. Analisis Data

3.5.1. Faktor Biokonsentrasi

Bioconcentration Factor (BCF) atau biokonsentrasi adalah kemampuan zat kimia untuk mengendap pada tubuh organisme akuatik. Faktor biokonsentrasi dihitung guna menduga suatu tumbuhan dapat dijadikan sebagai fitoremediasi dari spesies tanaman yang bersangkutan. Didasarkan BCF pada penelitian ini maka nilai konsentrasi logam berat di bagian akar dan daun mangrove terbagi oleh konsentrasi logam berat di sedimen.

Baker (1981) menyatakan bahwa nilai BCF terbagi menjadi tiga yakni:

1. Excluder : jika BCF kurang dari 1

2. Indikator : jika $BCF = 1$
3. Akumulator : jika BCF lebih dari 1

Akumulator adalah jenis tumbuhan yang mampu menyerap dan mengakumulasi konsentrasi logam berat yang tinggi, terutama di bagian atas tanah seperti daun dan batang. Tumbuhan ini dapat mengabsorpsi logam-logam tersebut dalam jumlah yang tinggi, kemudian menyimpannya di berbagai bagian seperti akar, batang, daun, dan tunas. Sementara itu, Indikator adalah tumbuhan yang memiliki toleransi terhadap konsentrasi logam yang tinggi. Untuk melindungi diri dari dampak negatif logam berat, tumbuhan ini bisa menghasilkan senyawa khusus yang berfungsi untuk mengikat logam dan menyimpannya di bagian tumbuhan yang kurang sensitif terhadap efek negatif dari logam tersebut. Excluder adalah tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk mencegah masuknya logam dari tanah ke dalam tubuh tumbuhan (Irawanto, dkk. 2015). Rumus BCF menurut (Environmental Protection Agency, 2000) dapat dihitung:

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

3.5.2. Faktor Translokasi

Faktor translokasi adalah metode untuk mengukur seberapa efisien perpindahan logam berat dari akar ke bagian lain dari tumbuhan. translokasi faktor dihitung untuk mengevaluasi kemampuan tanaman sebagai fitoekstraktor, yaitu tanaman yang mampu mengekstrak logam berat dari tanah. Selain itu, juga untuk menentukan apakah tumbuhan berfungsi sebagai fitoekstraktor atau fitostabilizer. Jika nilai $TF > 1$, tumbuhan tersebut berfungsi sebagai fitoekstraktor, yang berarti tumbuhan tersebut memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat di daunnya, yang berasal dari tanah atau air tempat tumbuhan tersebut tumbuh.

Sebaliknya, jika nilai $TF < 1$, tumbuhan berperan sebagai fitostabilizer. Fitoekstraksi menunjukkan proses di mana tumbuhan menyerap zat kontaminan dari lingkungannya dan menyimpannya di akar. Selanjutnya, zat kontaminan tersebut didistribusikan ke seluruh bagian tumbuhan seperti batang, daun, dan akar melalui proses translokasi. Fitostabilisasi adalah mekanisme di mana akar tumbuhan mampu menstabilkan polutan. Melalui fitostabilisasi, akar tumbuhan menahan polutan melalui akumulasi, penyerapan, dan mengendapkannya di bagian akar. Polutan-polutan ini terikat kuat di bagian akar, sehingga tidak mudah terlarut dalam aliran air tanah. Dengan demikian, fitostabilisasi membantu mengurangi risiko pergerakan polutan dan menghalangi perpindahannya ke dalam air tanah ataupun ke udara (Proklamasiningsih dan Hernayanti, 2010).

Rumus TF menurut Lichtfouse dan Schwarzbauer (2012) dapat dihitung:

$$TF = \frac{\text{Kadar Logam Berat di Daun}}{\text{Kadar Logam Berat di Akar}}$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Parameter Kualitas Lingkungan

Hasil analisis parameter kualitas lingkungan pada air di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo antara lain suhu, pH, dan salinitas menunjukkan nilai yang berbeda-beda (Tabel 4.1), nilai tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran parameter kualitas lingkungan pada 3 stasiun serta Baku Mutu Kementerian lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021

No	Parameter	Stasiun			Baku Mutu (Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 22 Th. 2021)
		1	2	3	
1	Suhu (°C)	28,8	29	29,2	28-32 °C
2	pH	7,21	7,29	7,82	7-8,5
3	Salinitas (ppt)	3,2	5,4	7,2	s/d 34 ppt

Keterangan:

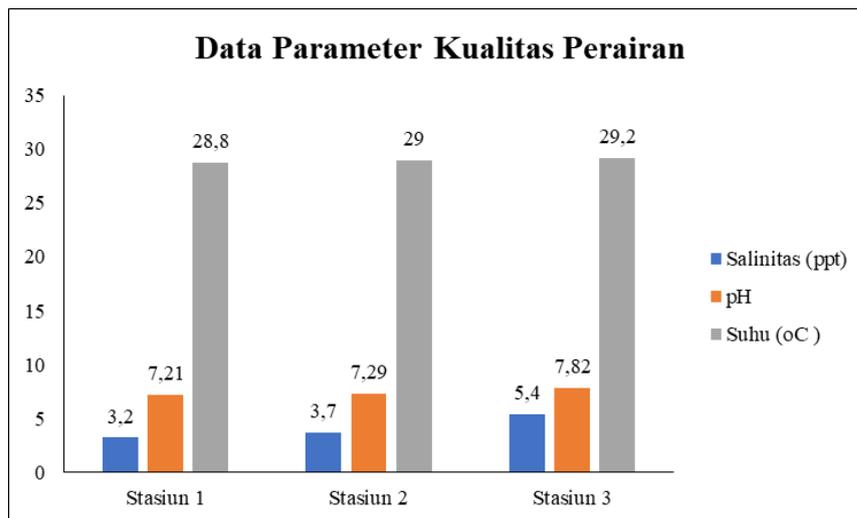
Stasiun 1: Dermaga ekowisata

Stasiun 2: Daerah *intermediate*

Stasiun 3: Pertemuan sungai dan laut

Pengukuran kualitas air suhu dilakukan secara langsung pada setiap stasiun.

Sedangkan pengukuran pH dan salinitas dilakukan di laboratorium. Nilai salinitas, pH, dan suhu pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1. Grafik nilai kualitas air salinitas, pH dan suhu pada 3 stasiun

Pengukuran salinitas dilakukan pada laboratorium dengan mengambil sampel air pada masing-masing stasiun. Hasil pengukuran salinitas pada ketiga stasiun memiliki nilai yang berbeda-beda. Stasiun 1 memiliki nilai salinitas 3,2 ppt, stasiun 2 memiliki nilai salinitas 3,7 ppt, dan stasiun 3 sebesar 5,4 ppt. Nilai kisaran salinitas pada ketiga stasiun sebesar 3,2-5,4 yang tergolong kecil. Hal tersebut terjadi dikarenakan pengambilan sampel dilakukan pada musim hujan. Semakin tinggi curah hujan maka nilai salinitas semakin rendah. Rendahnya salinitas di perairan menyebabkan akumulasi dan toksisitas logam berat semakin tinggi (Rompas, 2010). Menurut Supriyantini, dkk (2017) menyebutkan bahwa nilai salinitas yang baik bagi kehidupan mangrove kurang dari 33 ppt. Hal tersebut juga sesuai dengan baku mutu Kementrian Lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021 bahwa batas maksimum nilai salinitas pada mangrove adalah 34 ppt. Kondisi ini menunjukkan terjadinya peningkatan nilai salinitas dari stasiun 1 hingga stasiun 3. Hal tersebut membuktikan penelitian Yolanda (2023) bahwa semakin kearah muara

atau laut lepas nilai konsentrasi pada suhu, pH, dan salinitas cenderung meningkat yang berkaitan dengan terjadinya siklus hidrologi, kondisi lautan mampu menyerap panas dari atmosfer bumi.

Hasil pengukuran pH pada ketiga stasiun memiliki nilai yang berbeda-beda. Stasiun 1 memiliki nilai pH 7,21, stasiun 2 memiliki nilai pH 7,29, dan stasiun 3 sebesar 7,82. kisaran pH pada ketiga stasiun tersebut sebesar 7.21-7,82 yang tergolong dalam kondisi normal berdasarkan baku mutu Kementrian Lingkungan Hidup No 22 Tahun 2021, dimana pH yang diperkenankan untuk mangrove berkisar 7-8,5. Umumnya, jika nilai pH rendah menyebabkan toksisitas logam berat meningkat. Namun pada pH yang tinggi menyebabkan pengendapan logam berat dalam sedimen (Palar, 1994). Stasiun 1 memiliki nilai pH yang rendah. Menurut Indrawan dan Putra (2021), penurunan tersebut dapat terjadi akibat adanya peningkatan senyawa organik pada lingkungan perairan tersebut.

Pengukuran suhu pada tiap stasiun dilakukan secara langsung saat pengambilan sampel. Hasil pengukuran suhu pada ketiga stasiun menunjukkan nilai yang berbeda-beda. Stasiun 1 memiliki nilai suhu sebesar 28,8 °C, stasiun 2 memiliki nilai suhu sebesar 29 °C, dan pada stasiun 3 sebesar 29,2 °C. Berdasarkan grafik menunjukkan nilai suhu antar stasiun yang tidak mengalami perbedaan signifikan. Hal ini disebabkan cahaya yang masuk pada masing-masing stasiun hampir sama. Menurut Andrianto dkk (2015), jika intensitas cahaya yang masuk ke dalam stasiun sama maka suhu juga relatif sama. Nilai kisaran suhu pada ketiga stasiun tersebut sebesar 28,8-29,2 °C yang tergolong dalam kondisi normal berdasarkan baku mutu Keputusan Kementrian Lingkungan Hidup No. 22 Tahun

2021, dimana suhu yang diperkenankan untuk mangrove adalah sebesar 28-32 °C. sehingga kondisi suhu pada ekosistem mangrove di ekowisata mangrove Wonorejo baik untuk kehidupan biota laut. Nilai suhu pada ekosistem dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat. Nilai suhu yang tinggi mengakibatkan tingginya kelarutan logam berat sehingga toksisitas dari logam berat tersebut juga ikut tinggi (Chakraborty, et al. 2014). Berdasarkan hasil parameter perairan yang dilakukan di Kawasan Mangrove Wonorejo dapat dikategorikan dalam kondisi normal, kualitas perairan ini berpengaruh terhadap sebaran dan konsentrasi dari logam berat pada sedimen dan air. Selain itu, kualitas perairan juga mempengaruhi ekosistem biota laut hingga struktur komunitasnya (Indrawan dan Putra, 2021).

4.2. Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Sedimen dan Air

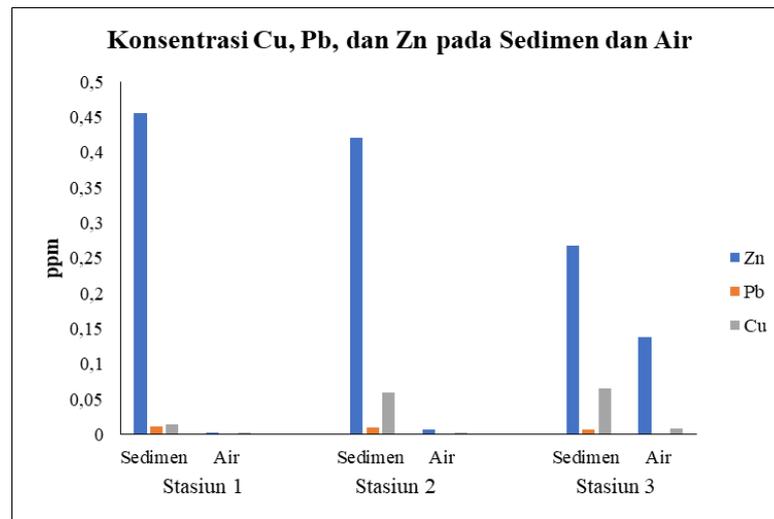
Pengukuran konsentrasi logam berat pada sedimen dan air yang dilakukan pada tiga stasiun di Kawasan Mangrove Wonorejo masing-masing diambil 1 sampel kemudian dianalisis di Laboratorium Kimia Lingkungan UIN Sunan Ampel, Surabaya. Hasil konsentrasi logam berat pada sampel dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Sedimen dan Air

Stasiun	Sedimen			Air		
	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
1	0,0143	0,0111	0,4562	0,0032	0,0007	0,002
2	0,0593	0,0094	0,4206	0,0023	0,0008	0,0073
3	0,0649	0,0064	0,2683	0,0082	0,0009	0,1376

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan nilai yang sangat jauh antara sampel sedimen dan air. Pada sampel sedimen, nilai konsentrasi logam berat tertinggi yakni seng (Zn) dengan nilai berkisar 0,2683-0,4562 ppm dan nilai tertinggi pada stasiun 1. Logam berat tembaga (Cu) pada sedimen memiliki nilai berkisar 0,0143-0,0649 ppm, konsentrasi tertinggi pada stasiun 3. Sedangkan logam berat timbal (Pb) memiliki konsentrasi terendah dari ketiga logam berat dengan nilai berkisar 0,0064-0,0111 ppm dan konsentrasi tertinggi pada stasiun 1. Belum terdapat baku mutu di Indonesia untuk logam berat dalam sedimen. Oleh karena itu, mengacu pada standar baku mutu sedimen WAC 172-204-320 yakni Cu 390 ppm, Pb 450 ppm, dan Zn 410 ppm, sehingga kandungan logam berat Cu, Pb, dan Zn dalam sedimen di semua stasiun masih dalam kategori baik.

Sampel air telah menunjukkan nilai konsentrasi yang jauh di bawah sedimen dari ketiga logam berat. Nilai konsentrasi tertinggi terdapat pada logam berat Zn yang berkisar 0,002-0,1376 ppm serta konsentrasi tertinggi pada stasiun 3. Logam berat Cu memiliki nilai konsentrasi berkisar 0,0023-0,0082 ppm, konsentrasi tertinggi pada stasiun 3. Sedangkan logam berat Pb memiliki nilai konsentrasi terendah berkisar antara 0,0007-0,0009 ppm. Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi logam berat Cu pada stasiun 3 dan logam berat Zn pada stasiun 2 dan 3 telah melebihi baku mutu Kementerian Lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021 yakni Cu sebesar 0,008 ppm dan Zn sebesar 0,05 ppm.



Gambar 4.2 Grafik Konsentrasi logam berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada sedimen dan air.

Pada grafik diatas menunjukkan nilai konsentrasi tertinggi dari ketiga logam berat diserap oleh sedimen. Hal tersebut terjadi karena pencemaran logam berat yang masuk dalam lingkungan perairan akan terlarut dalam air kemudian terakumulasi pada sedimen (Setiawan, 2013). Sehingga menyebabkan konsentrasi Cu, Pb, dan Zn yang diserap oleh sedimen memiliki konsentrasi jauh lebih tinggi daripada yang diserap oleh air. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa pada sampel air untuk keberadaan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) sangat sedikit. Hal ini diduga akibat sifat logam berat tersebut yang cenderung berikatan dengan partikel sehingga mengendap pada sedimen yang menunjukkan keberadaan logam berat tersebut pada sampel air sangat sedikit. Penyebaran distribusi logam berat yang tidak merata ini dapat diakibatkan dari pengaruh pasang surut air laut. Konsentrasi logam berat yang terlarut saat air pasang dinilai memiliki kandungan logam lebih tinggi dibandingkan saat air surut (Najamuddin, dkk. 2016).

4.3. Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada Akar Daun *Rhizophora apiculata*

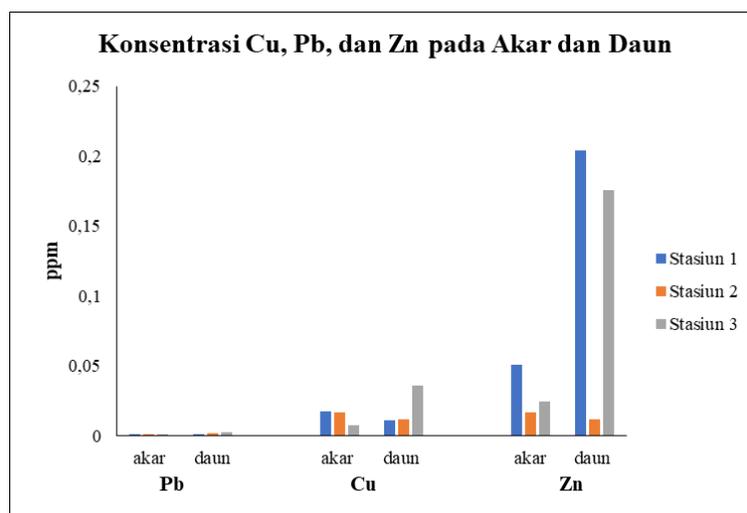
Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi yang berbeda-beda pada masing-masing logam berat. Setiap stasiun diambil masing-masing 1 sampel kemudian dianalisis. Data yang diperoleh dari hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada akar dan Daun *Rhizophora apiculata*

Sampel	Logam Berat	Stasiun		
		1	2	3
Akar	Cu	0,0171	0,0165	0,0077
	Pb	0,001	0,0009	0,0008
	Zn	0,0506	0,0459	0,0245
Daun	Cu	0,0114	0,012	0,0359
	Pb	0,0013	0,0018	0,0026
	Zn	0,2041	0,196	0,1753

Tabel diatas menunjukkan besarnya konsentrasi logam berat Cu dan Zn pada akar dan daun *Rhizophora apiculata* pada ketiga stasiun. Hasil analisis memperlihatkan nilai konsentrasi logam berat Pb pada daun dan akar yang sangat sedikit dibandingkan dengan logam berat lainnya. Akumulasi Cu pada akar tertinggi pada stasiun 1 yaitu 0,0171 ppm. Sedangkan pada daun terletak pada stasiun 3 sebesar 0,0359 ppm. Akumulasi Zn pada akar dan daun tertinggi sebesar 0,0506 ppm dan 0,2041 ppm secara berurutan, keduanya terletak pada stasiun 1

penelitian. Selanjutnya akumulasi logam berat terendah yaitu Pb, akumulasi tertinggi pada akar terletak di stasiun 1 sebesar 0,001 ppm, sedangkan akumulasi tertinggi pada daun di stasiun 3 yaitu 0,0026 ppm.



Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun *Rhizophora apiculata*

Pada gambar diatas menunjukkan perbedaan grafik yang signifikan dari ketiga jenis logam berat. Pada konsentrasi tembaga (Cu), bagian akar memperlihatkan nilai yang lebih tinggi daripada daun kecuali pada stasiun 3. Hal ini dapat terjadi karena posisi stasiun 1 dekat dengan pemukiman penduduk, ditemukannya sampah organik maupun anorganik, dan dekat dengan kawasan industri salah satunya pabrik kertas. Menurut Khairuddin (2021), tembaga (Cu) sering digunakan dalam bidang industri seperti penyepuhan, produksi perak, serta industri kertas. Hasil konsentrasi timbal (Pb) menunjukkan nilai yang paling rendah pada akar maupun daun berkisar 0,0008-0,0026 ppm. Hal tersebut menunjukkan

bahwa kandungan logam berat timbal (Pb) masih dalam kondisi aman bagi tumbuhan, karena logam jenis ini merupakan logam non esensial yang tidak dibutuhkan dalam tumbuhan. Timbal (Pb) dapat menyebabkan racun bagi beberapa spesies (Hamzah, dan Setiawan, 2010). Logam berat seng (Zn) memiliki konsentrasi yang paling tinggi dibandingkan dengan logam berat lainnya yakni berkisar 0,01753-0,0506 ppm. Hal tersebut terjadi karena jumlahnya yang sangat tinggi di sedimen serta akar mampu menyerap unsur dalam tanah kemudian ditranslokasikan hingga ke daun. Logam tersebut dimanfaatkan oleh tumbuhan salah satunya dalam proses metabolisme (Khairuddin, dkk. 2018). Berdasarkan hasil analisis, kandungan logam berat tembaga (Cu) pada akar dan daun di ketiga stasiun dan seng (Zn) pada semua sampel daun dan akar pada stasiun 1 di Kawasan Mangrove Wonorejo telah melebihi baku mutu Kementrian Lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021 yaitu tembaga (Cu) sebesar 0,008 ppm dan seng (Zn) sebesar 0,05 ppm.

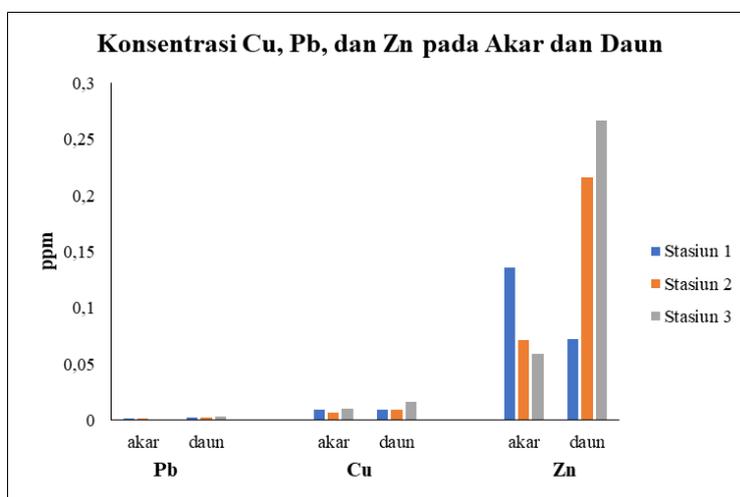
4.4. Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada Akar Daun *Rhizophora mucronata*

Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi yang berbeda-beda pada masing-masing logam berat. Setiap stasiun diambil masing-masing 1 sampel kemudian dianalisis. Data yang diperoleh dari hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada akar dan Daun *Rhizophora mucronata*

Sampel	Logam Berat	Stasiun		
		1	2	3
Akar	Cu	0,009	0,0064	0,0102
	Pb	0,0016	0,0013	0,001
	Zn	0,1354	0,071	0,0594
Daun	Cu	0,0089	0,0092	0,0163
	Pb	0,0021	0,0024	0,0035
	Zn	0,0719	0,2164	0,2666

Tabel diatas menunjukkan nilai konsentrasi Cu, Pb, dan Zn yang berbeda-beda pada akar dan daun *Rhizophora mucronata*. Logam timbal (Pb) masih memiliki konsentrasi yang rendah dibandingkan logam berat yang lainnya. Hampir secara keseluruhan akar dan daun pada stasiun 3 memiliki akumulasi nilai konsentrasi paling tinggi pada ketiga jenis logam berat, kecuali pada akar dengan akumulasi nilai konsentrasi logam berat Pb tertinggi pada stasiun 1 sebesar 0,0016 ppm.



Gambar 4.4 Grafik Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun *Rhizophora mucronata*

Grafik tersebut memperlihatkan konsentrasi logam berat pada akar dan daun *Rhizophora mucronata* memiliki konsentrasi logam berat sedikit berada dibawah mangrove *Rhizophora apiculata*. Hal tersebut bisa terjadi meskipun dalam jenis famili yang sama karena kemampuan dalam mengakumulasi logam berat pada tiap spesies berbeda-beda (Dewi, dkk. 2018). Logam tembaga (Cu) memiliki nilai konsentrasi paling tinggi pada stasiun 3 yakni akar sebesar 0,0102 ppm dan daun sebesar 0,0163 ppm. Logam timbal (Pb) dan seng (Zn) memiliki konsentrasi tertinggi pada bagian akar di stasiun 1 yakni Pb sebesar 0,0016 ppm dan Zn sebesar 0,1354 ppm, sedangkan bagian daun pada stasiun 3 yakni Pb sebesar 0,0035 ppm dan Zn sebesar 0,2666 ppm. Hasil konsentrasi tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) pada akar dan daun secara berurutan yakni berkisar 0,0064-0,0163 ppm, 0,001-0,0035 ppm, dan 0,071-0,2666 ppm. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kandungan logam Zn pada semua sampel dan logam Cu kecuali bagian akar stasiun 2 telah melebihi baku mutu bagi biota laut yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup No. 22 Tahun 2021 yaitu Zn sebesar 0,05 ppm dan Cu sebesar 0,008 ppm.

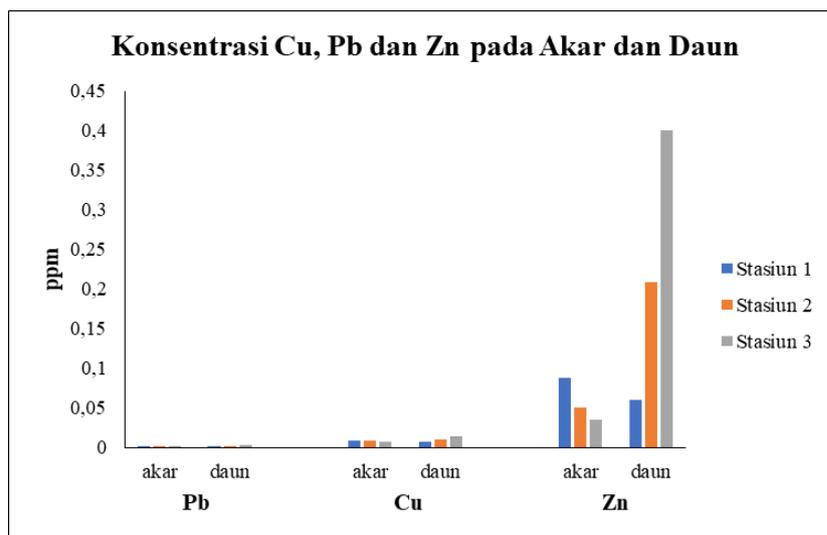
4.5. Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu), Timbal (Pb), dan Seng (Zn) pada Akar Daun *Rhizophora stylosa*

Hasil penelitian menunjukkan nilai konsentrasi yang berbeda-beda pada masing-masing logam berat. Setiap stasiun diambil masing-masing 1 sampel kemudian dianalisis. Data yang diperoleh dari hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Data Hasil Konsentrasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada akar dan Daun *Rhizophora stylosa*

Sampel	Logam Berat	Stasiun		
		1	2	3
Akar	Cu	0,0091	0,0081	0,0079
	Pb	0,0014	0,0013	0,0011
	Zn	0,0875	0,0502	0,0351
Daun	Cu	0,0067	0,0098	0,0143
	Pb	0,0016	0,0023	0,003
	Zn	0,0595	0,2082	0,3996

Tabel diatas menunjukkan nilai konsentrasi logam berat yang tidak terlalu jauh dengan mangrove jenis *Rhizophora* yang lainnya. Logam berat seng (Zn) memiliki nilai konsentrasi yang paling tinggi dan logam berat timbal (Pb) pada nilai konsentrasi terendah. Akumulasi logam tembaga (Cu) tertinggi pada akar sebesar 0,0079 ppm sedangkan pada daun sebesar 0,0143 ppm yang terletak pada stasiun 3. Akumulasi logam timbal (Pb) tertinggi pada akar sebesar 0,0014 ppm pada stasiun 1, sedangkan pada daun sebesar 0,0030 ppm di stasiun 3. Akumulasi logam seng (Zn) tertinggi pada akar sebesar 0,0875 ppm dan bagian daun sebesar 0,0595 ppm yang terletak pada stasiun 1.



Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun *Rhizophora stylosa*

Grafik tersebut menunjukkan bahwa antar spesies mangrove jenis *Rhizophora* memiliki kemampuan yang berbeda dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungan hidupnya. Pernyataan tersebut membuktikan penelitian yang dilakukan Hamzah dan Setiawan (2010) bahkan mangrove pada genus yang sama namun spesiesnya berbeda memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam akumulasi logam berat. Pada banyaknya kasus penelitian menunjukkan bahwa nilai konsentrasi logam berat lebih tinggi pada bagian akar daripada daun. Hal ini karena pada jaringan akar yang berinteraksi secara langsung dengan sedimen. Menurut Nugrahanto, dkk (2014), unsur yang berada pada sedimen termasuk logam berat pertama kali akan diserap tumbuhan melalui akar serta akar memiliki kemampuan untuk menggantikan ion lain yang terkandung didalamnya juga diikat kuat pada bagian akar tersebut.

Pada penelitian ini juga didapatkan hasil nilai konsentrasi logam berat pada daun lebih tinggi daripada akar. Hal tersebut dapat juga terjadi karena faktor mobilitas logam berat dalam tumbuhan. Menurut Dewi, dkk (2018) kandungan logam pada akar mangrove jenis *Avicennia* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan mangrove jenis *Rhizophora* sp. karena akar mangrove *Rhizophora* sp. memiliki ultrafilter yang menyebabkan sedikitnya logam yang masuk dalam tumbuhan jika dibandingkan dengan mangrove jenis *Avicennia* sp.

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai konsentrasi ketiga logam berat yang lebih kecil dibandingkan dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Hal tersebut dikarenakan ketika pengambilan sampel pada saat musim hujan. Menurut Rompas (2010) curah hujan menyebabkan masuknya air tawar ke lingkungan perairan akan mengakibatkan penurunan toksisitas logam berat. Allah SWT. menyebutkan dalam Al-Qur'an bahwa salah satu karunia-Nya yakni turunnya hujan. Hal tersebut terdapat dalam A-Qur'an Surat Al-Baqarah ayat 22 yang berbunyi:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ
أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ

Artinya: “Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezeki untukmu; karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, padahal kamu mengetahui” (QS: Al-Baqarah [2]:22)

Tafsir Kementrian Agama menguraikan dari ayat tersebut bahwa Allah SWT. juga menciptakan bumi untuk manusia agar menjadi manfaat lahir dan batin,

material dan spiritual. Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT. telah menurunkan Sebagian dari air, yaitu air hujan sebagai sumber kehidupan. Air hujan tersebut untuk kemanfaatan makhluk yang ada di bumi baik manusia, hewan dan tumbuhan. Dalam Al-Qur'an hujan merupakan rahmat sebagai bukti atas kekuasaan Allah SWT. istilah tersebut yakni *al-Ghayth* yang diulang dalam Al-Qur'an sebanyak 6 kali yang membicarakan salah satunya tentang Allah menurunkan hujan dan tidak seorangpun yang mengetahui dan akan ada tahun yang mana manusia diberi hujan dan memeras hasilnya. Hujan memberikan banyak manfaat bagi lingkungan serta makhluk hidupnya salah satunya yakni sebagai agen remediasi turunnya toksisitas logam berat pada lingkungan perairan agar tidak merusak biota hingga tumbuhan (Abrori, 2019).

4.6. Faktor Biokonsentrasi / *Bioconcentration Factor* (BCF)

Logam berat yang ada pada lingkungan perairan dapat masuk dalam tubuh tumbuhan melalui jaringan akar kemudian diteruskan ke bagian tumbuhan yang lain seperti daun. Jaringan akar tumbuhan mangrove dapat menyerap logam berat di sedimen maupun air bersamaan dengan nutrient lain yang terkandung didalamnya kemudian ditranslokasikan ke bagian lainnya (Jupriyanti, dkk 2013). Kemampuan jaringan akar untuk menyerap logam berat dihitung menggunakan *Bioconcentration Factor* (BCF). Perhitungan BCF merupakan perbandingan dari konsentrasi logam berat yang ada pada akar atau daun dengan konsentrasi pada sedimen. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui besarnya konsentrasi logam berat yang ada pada daun dan akar yang berasal dari lingkungan. Nilai BCF pada masing-masing jenis mangrove ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Akumulasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun *Rhizophora apiculata*

Stasiun	BCF Logam Cu		BCF Logam Pb		BCF Logam Zn	
	Akar	Daun	Akar	Daun	Akar	Daun
1	0,98	0,79	0,09	0,11	0,11	0,44
2	0,27	0,2	0,09	0,19	0,1	0,46
3	0,11	0,55	0,12	0,4	0,09	0,65

Tabel 4.7 Akumulasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun *Rhizophora mucronata*

Stasiun	BCF Logam Cu		BCF Logam Pb		BCF Logam Zn	
	Akar	Daun	Akar	Daun	Akar	Daun
1	0,62	0,62	0,14	0,18	0,29	0,15
2	0,1	0,15	0,13	0,25	0,16	0,51
3	0,15	0,25	0,15	0,54	0,22	0,99

Tabel 4.8 Akumulasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada Akar dan Daun *Rhizophora stylosa*

Stasiun	BCF Logam Cu		BCF Logam Pb		BCF Logam Zn	
	Akar	Daun	Akar	Daun	Akar	Daun
1	0,63	0,46	0,12	0,14	0,19	0,13
2	0,13	0,16	0,13	0,24	0,11	0,48
3	0,12	0,22	0,17	0,46	0,13	0,49

Berdasarkan hasil BCF yang diperoleh dapat dilihat bahwa pada *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa* di 3 stasiun dan 3 logam berat yang berbeda menunjukkan nilai BCF <1. Hal ini menandakan bahwa ketiga tanaman tersebut tergolong dalam *excluder*. Menurut Sofyan, dkk (2014) menyebutkan *excluder* merupakan sifat tumbuhan yang dapat membatasi terjadinya penyerapan logam berat dari lingkungannya, namun saat masuk dalam tubuh

tumbuhan kemudian akan dengan mudah ditranslokasikan ke bagian tubuh tumbuhan yang lain. Dalam hal lain tergolong dalam tanaman fitoekstraktor yaitu tanaman yang memiliki potensi untuk dapat menyerap logam berat di lingkungan dan mengakumulasi ke bagian tubuh tumbuhan yang lain.

4.7. Faktor Translokasi / *Translocation Factor* (TF)

Perhitungan nilai TF dilakukan yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari tanaman dalam mentranslokasikan logam berat dari jaringan akar ke seluruh bagian tumbuhan (Merchand, et, al. 2016). Nilai TF pada masing-masing jenis mangrove dan logam berat ditunjukkan pada tabel

Tabel 4.9 Translokasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada *Rhizophora apiculata*

Stasiun	Spesies	TF Logam Cu	TF Logam Pb	TF Logam Zn
1	<i>R. apiculata</i>	0,66	1,3	4,03
2	<i>R. apiculata</i>	0,72	2	4,27
3	<i>R. apiculata</i>	4,66	3,25	7,15

Tabel 4.10 Translokasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada *Rhizophora mucronata*

Stasiun	Spesies	TF Logam Cu	TF Logam Pb	TF Logam Zn
1	<i>R. mucronata</i>	0,988	9	0,53
2	<i>R. mucronata</i>	1,43	1,84	3,04
3	<i>R. mucronata</i>	1,59	3,5	4,48

Tabel 4.11 Translokasi Logam Berat Cu, Pb, dan Zn pada *Rhizophora stylosa*

Stasiun	Spesies	TF Logam Cu	TF Logam Pb	TF Logam Zn
1	<i>R. stylosa</i>	0,73	1,14	0,68

2	<i>R. stylosa</i>	1,2	1,76	4,14
3	<i>R. stylosa</i>	1,81	2,72	11,38

Nilai TF pada tumbuhan *Rhizophora apiculata* pada ketiga logam berat hampir secara keseluruhan memiliki nilai >1 , kecuali pada logam berat tembaga (Cu) di stasiun 1 dan 2 memiliki nilai <1 . Tumbuhan *Rhizophora mucronata* hanya pada logam berat tembaga (Cu) di stasiun 1 memiliki nilai TF <1 , sedangkan pada ketiga logam berat dan 3 stasiun yang berbeda memiliki nilai TF >1 . Selain itu, tumbuhan *Rhizophora stylosa* memiliki nilai TF <1 di stasiun 1 pada logam berat tembaga (Cu) dan seng (Zn). Menurut Majid, dkk (2014) menyatakan jika nilai TF <1 maka dikategorikan sebagai fitostabilisasi. Hal tersebut menunjukkan terjadinya mekanisme pertahanan oleh akar dalam merespon mobilisasi toksisitas logam dari akar menuju daun sehingga diakumulasi oleh akar dan mengendap di rizosfer. Sedangkan jika nilai TF >1 maka tergolong dalam tumbuhan fitoekstraktor yaitu tumbuhan tersebut memiliki mekanisme dalam penyerapan zat kontaminan oleh akar kemudian ditranslokasikan ke bagian tumbuhan yang lain.

Berdasarkan hasil nilai BCF dan TF yang dilakukan menandakan bahwa mangrove *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, dan *Rhizophora stylosa* memiliki kemampuan secara fisiologis dalam menyerap dan mentoleransi logam berat yang tinggi dari lingkungannya. Bagian mangrove paling penting dalam mencegah atau menghalangi logam berat masuk ke bagian tubuh tumbuhan yang lain yakni jaringan akar. Dalam akar terdapat sel endodermis yang bertugas menyaring logam berat yang berhasil diserap akar. Terkadang akar juga mampu menghentikan penyebaran atau translokasi logam dari akar menuju daun terutama

pada logam yang bersifat non esensial, sehingga terjadi akumulasi logam pada akar. Hal ini tetap terjadi kegiatan penyerapan oleh akar namun dalam jumlah terbatas dan mengalami penumpukan di akar (Nugrahanto, dkk. 2014).

Penelitian ini menunjukkan salah satu bukti kekuasaan Allah SWT. yang telah memberikan kemanfaatan kepada seluruh makhluk di bumi berupa tumbuh-tumbuhan. Beberapa ayat dalam Al-Qur'an menurut tafsir Kementerian Agama terdapat kata *Zaujin* dalam kata jamak yang berarti tumbuhan yang berbagai macam atau tumbuhan yang banyak. Kemudian terdapat kata *karim* pada pengertian Al-Qur'an yakni sesuatu yang baik, makna lainnya yaitu sesuatu yang mulia atau ditafsirkan kembali sesuatu yang dapat memberikan kemanfaatan sehingga memiliki sifat *karim* atau mulia. Allah SWT. memiliki sifat Yang Maha Mulia, segala sesuatu yang diciptakan-Nya memiliki sifat yang mulia termasuk di dalamnya ialah tumbuh-tumbuhan (Afifudin, 2022). Banyak manfaat yang dapat diperoleh dari tumbuh-tumbuhan, baik itu oleh manusia, hewan, maupun lingkungannya. Dalam hal ini sama halnya dengan ekosistem mangrove yang terdapat di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo yang memberikan manfaat secara ekonomis salah satunya mangrove dapat digunakan sebagai tempat wisata serta menghasilkan makanan, obat-obatan, dan bahan bangunan. Menurut fungsi biologisnya, mangrove sebagai habitat alami berbagai jenis biota, pelindung pantai, pengolah limbah perairan, dan sebagai fitoremediasi logam berat. Umat Islam khususnya dan seluruh manusia pada umumnya harus memiliki kode berperilaku atau etika yang dipegang baik itu pada hewan, tumbuhan, maupun mikroorganisme termasuk dalam etika terhadap lingkungan hidupnya. Islam tidak

membenarkan aksi yang berakibat merusak lingkungan namun menjunjung tinggi etika dalam hubungan antara manusia dengan makhluk hidup lain maupun dengan lingkungan (Khalilah, dkk. 2013). Tafsir mengenai tumbuh-tumbuhan yang memiliki manfaat tersebut tercantum dalam Al-Qur'an Surat Asy-Syu'ara' ayat 7 yang berbunyi:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ

Artinya: *“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”* (QS: Asy-Syu'ara' [26]:7).

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Muara Kali Jagir Kawasan Mangrove Wonorejo, Kecamatan Rungkut Kota Surabaya dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) dalam air tertinggi terletak pada stasiun 3 lokasi penelitian yang berdekatan dengan laut, nilai konsentrasinya yaitu Pb sebesar 0,0009 ppm, Cu sebesar 0,0082 ppm, dan Zn sebesar 0,1376 ppm. Konsentrasi logam berat dalam sedimen tertinggi timbal (Pb) dan seng (Zn) yang terletak pada stasiun 1 dengan nilai Pb sebesar 0,0111 ppm dan Zn sebesar 0,4562 ppm, namun logam berat tembaga (Cu) tertinggi pada stasiun 3 yaitu sebesar 0,0649 ppm.
2. Konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada *Rhizophora apiculata* di bagian akar yang memiliki konsentrasi tertinggi terdapat di stasiun 1, nilai konsentrasinya yaitu Pb sebesar 0,001 ppm, Cu sebesar 0,0171 ppm, dan Zn sebesar 0,0506 ppm. Sedangkan di bagian daun konsentrasi tertingginya terdapat di stasiun 3 yakni Pb sebesar 0,0026 ppm, Cu sebesar 0,0359 ppm, dan Zn sebesar 0,1753 ppm.
3. Konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada *Rhizophora mucronata* di bagian akar yang memiliki konsentrasi Pb tertinggi terdapat di stasiun 1 sebesar 0,0016 ppm, konsentrasi tertinggi Cu terdapat di stasiun 3 sebesar 0,0102 ppm, dan konsentrasi tertinggi Zn terdapat di stasiun

1 sebesar 0,1354 ppm. Sedangkan di bagian daun konsentrasi tertingginya terdapat di stasiun 3, konsentrasinya yakni Pb sebesar 0,0035 ppm, Cu sebesar 0,0163 ppm, dan Zn sebesar 0,2666 ppm.

4. Konsentrasi logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), dan seng (Zn) pada *Rhizophora stylosa* di bagian akar yang memiliki konsentrasi tertinggi terdapat di stasiun 1, nilai konsentrasinya yaitu Pb sebesar 0,0014 ppm, Cu sebesar 0,0091 ppm, dan Zn sebesar 0,0875 ppm. Sedangkan di bagian daun konsentrasi tertingginya terdapat di stasiun 3 yakni Pb sebesar 0,003 ppm, Cu sebesar 0,0143 ppm, dan Zn sebesar 0,3966 ppm.

5.2. Saran

Penelitian lebih lanjut terkait analisis logam berat pada jenis mangrove yang lainnya perlu dilakukan untuk mengetahui daya serap logam pada jenis-jenis mangrove yang terdapat di kawasan penelitian ini. Pemilihan waktu pengambilan sampel pada saat pasang atau surut dan melihat musim tertentu perlu pengkajian lebih lanjut untuk memperoleh hasil logam berat yang paling optimal. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan dari mangrove jenis *Rhizophora* karena belum banyak informasi tentang kemampuan, manfaat, dan fungsi mangrove jenis *Rhizophora* di lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, S., Z. 2019. *Konsep Hujan dalam Al-Qur'an dan Relevansinya dalam Pelestarian Lingkungan*. Skripsi. Fakultas Ushuluddin Abad dan Dakwah. IAIN Ponorogo
- Adhityo, A. 2013. *Kandungan Logam Berat (Pb) pada Akar dan Batang Mangrove (Sonneratia caseolaris) di Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya dan di Desa Kedawang, Pasuruan, Jawa Timur*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya.
- Afifudin, A. 2022. *Kemampuan dan Respon Pertumbuhan Tanaman Daun Tombal (Sagittaria lancifolia) dalam Mengabsorbsi Logam Berat Tembaga (Cu)*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi
- Agustina, T. 2014. *Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan*. *Teknobunga*. 1(1).
- Alemu I, J. B., Richards, D. R., Gaw, L. Y. F., Masoudi, M., Nathan, Y., and Friess, D. A. 2021. Identifying spatial patterns and interactions among multiple ecosystem services in an urban mangrove landscape. *Ecol. Indic.* 121, 107042.
- Al-Maraghi, 1995. *Tafsir Al-Maraghi*. Semarang: Toha Putera.
- Al-Shafani, 2017. *Kamus Al-Qur'an, Jilid 3. Terjemah: Ahmad Zaini Dahlan*. Jakarta: Pustaka Khazanah Fawaid
- Badera, D.W.K. 2017. *Serapan Karbon Hutan Mangrove Gorontalo*. Yogyakarta: Deepublish.
- Baihaqi, V. 2019. *Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) pada Akar dan Daun Mangrove Avicennia marina serta Sedimen di Sekitar Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya Jawa Timur*. Skripsi. F. Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya.
- Baker, A.J.M. 1981. Accumulators and Excluders Strategies in The Response of Plants to Heavy Metals. *J. Plant Nutr.* 3:643-654.
- Based, J.R.C., Denney, G., Jefferey, J., & Mendom. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Bawani, I., Zaini, I., Muzakki, A., Jazil, S., Biyanto, & Hilmy. 2011. *Pesantren Buruh Pabrik: Pemberdayaan Buruh Pabrik Berbasis Pendidikan Pesantren*. Yogyakarta: LKiS Yogyakarta.
- Brooks, R. 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metal elements- a reveiw of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1:81-126.
- Cabral, L., Junior, L., Viera, G., Sousa, S., Pereira, T. 2016. Anthropogenic impact on mangrove sediments triggers differential responses in the heavy metals

- and antibiotic resistomes of microbial communities. *Environmental Pollution*. 216, 460–469
- Chakraborty, S., T. Bhattacharya, G., Singh and Maity, J. P. 2014. Benthic Macroalgae as Biological Indicators of Heavy Metal Pollution in The Marine Environments: A Biomonitoring Approach for Pollution Assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 100:61-68.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. New York: Columbia University Press.
- David, M., Liong, S., & Hala. 2016. Fitoakumulasi Cd dan Zn dalam Tumbuhan Bakau *Rhizophora mucronate* di Sungai Tallo Makassar. *Makara Sains*. 11(1):28-36.
- Department of Ecology State of Washington, the Sediment Quality Standards, WAC 172-204-320.*
- Dewi, P. K., Hastuti, E. D., & Budihastuti, R. 2018. Kemampuan Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina* (Forsk) dan *Rhizophora mucronate* (Lamk) di Lahan Tambak. *Jurnal Akademia Biologi*. 7(1): 14-19.
- Dinas Pertanian Kota Surabaya. 2017
- Enni, dkk. 2022. Pemanfaatan Ekosistem Hutan Mangrove sebagai Habitat untuk Biota Laut. *Jurnal Biosense*. 5(2).
- Environmental Protection Agency. 2000. *Methodology for Deriving Ambient Water Quality Criteria for The Protection of Human Health*. Washington: U.S. Environmental Protection Agency.
- Fachruddin. 2018. *Pengelolaan Limbah Pertambangan Secara Biologis*. Makassar: Celebes Media Perkasa.
- Febrianto, S., Hartoko, A & Suryanti. 2019. *Buku Ajar Ekosistem Mangrove Coastal Blue Carbon*. Semarang: UNDIP Press Semarang.
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., et al. 2019. The state of the world's mangrove forests: past, present, and future. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 44, 89–115.
- Ghasemidehkordi, B., Malekirad, A. A., Nazem, H., Fazilati, M., Salavati, H., Shariatifar, N., & Mousavi Khaneghah, A. 2018. Concentration of lead and mercury in collected vegetables and herbs from Markazi province, Iran: A non-carcinogenic risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*. 113, 204–210.
- Hamzah, F. dan Setiawan A. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(1): 41-52.

- 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., Nuraini, Y., Muddarisna, N.n Syam, A., & Fiqri, A. 2017. *Fitoreemdiati dan Phytomining Logam Berat Tercemar Tanah*. Yogyakarta: Plantaxia
- Harnani BRD, Titah HS. 2017. Kemampuan *Avicennia alba* untuk menurunkan konsentrasi tembaga (Cu) di Muara Sungai Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. 6:218-222.
- Hermialingga, A., Suwignyo, R.A., & Ulqodry, T.Z. 2020. Carbon Storage Estimation in Mangrove Sediment at Payung Island, South Sumatra. *Srwyj Jrnl of Environt*. 5(3):178-184.
- Indrawan, G. S. dan Putra, I. N. G. 2021. Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cu, Cd, Zn) Pada Air dan Sedimen di Perairan Serangan, Bali. *Jurnal Metamorfosa*. 8(1):115-123.
- Irawanto, R., A., Damayanti, Tangahu, dan Purwanti. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik *Coix lacrymajobi* (Jali). *Konservasi dan Pemanfaatan Sumberdaya Alam*. 3(21):138-146.
- Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan W. 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*. 1(2).
- Jupriyanti, R., Soenardjo, N., & Suryono, C. 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia marina* (Forssk) di Perairan Mangunharjo Semarang. *Journal of Marine Research*. 3(1): 90-94.
- 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.
- Kafle, A., Timilsina, A., Gutam, A., Adhikari, K., Bhattarai, A., & Aryal, A. 2022. Phytoremediation: Mechanism, Plant Selection Enhancement by natural and synthetic agents. *Environmental Advances*.
- Kementrian Agama Republik Indonesia
Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia
- Khairuddin, Yamin, & Kusmiyati. 2021. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Bandeng dari Kampung Melayu Kota Bima. *Jurnal Pijar MIPA*. 16(1):97-102.
- Khairuddin, Yamin, A., dan Syukur, A. 2018. Analisis Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove sebagai Bioindikator di Teluk Bima. *Jurnal Biologi Tropis*. 18(1): 69-79.

- Khalilah, I., Muhammad, A. S., & Haq, Z., M. 2013. *Tumbuhan dalam Perspektif Tafsir Ilmi: Analisis Tafsir Ilmi Kementerian Agama RI*. Jakarta: Yayasan Bumi Suci Indonesia.
- Kusumaningtyas, M.A, Bramawanto, R., Daulat, A., Pranowo, W.S. 2014. Kualitas Perairan Natuna Pada Musim Transisi. *Jurnal Depik*. 3(1):10-20.
- Lichtfouse, E. & Schwarzbauer, J. 2012. *Environmental Chemistry for a Sustainable World*. Germany: Springer.
- Majid, S. N., Khwakaram A. I., Rasul G. A. M. & 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. *Journal of Zankoy Sulaimani*. 16(4).
- Manikasari, G. K. & Mahayani, N. P. D. 2018. Peran Hutan Mangrove sebagai Biofilter dalam Pengendalian Polutan Pb dan Cu di Hutan Mangrove Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*. 2(2): 105-117.
- Martuti, N., K., Setyowati, D., L., & Nugraha, S., B. 2018. *Ekosistem Mangrove (Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon, Peran dan Pengelolaan)*. Semarang: Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Negeri Semarang.
- Najamuddin, T., Pratono, H. S., Sanusi, & Nurjaya. 2016. Distribusi dan Perilaku Pb dan Zn Terlarut dan Partikulat di Perairan Estuaria Jeneberang, Makassar. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 8(1): 11-28.
- Noor, Y., R., Khazali, M., & Suraydiputra, I N.N. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP, Bogor.
- Nugrahanto, N. P., Yulianto, B., & Azizah, R. 2014. Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb Terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan Rhizophora mucronate. *Journal of Marine Research*. 2(3): 107-114.
- Nurhayati, A., Ummah, Z., I., & Shobron, S. 2018. Kerusakan Lingkungan dalam Al-Qur'an. *Suhuf*. 30(2): 194-220.
- Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Cetakan Kelima. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pan, K., & Wang, W. 2012. Trace metal contamination in estuarine and coastal environments in China. *Science of the Total Environment*. 421, 3–16.
- Pertiwi, M., R., H. 2019. *Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Mangrove Avicennia marina di Pulau Sarinah, Kecamatan Jabon, Sidoarjo, Jawa Timur*. Skripsi. Universitas Airlangga.
- Poedjirahajoe, E., M. Djoko, dan F. Kusuma. 2017. Penggunaan Principal Component Analysis Dalam Distribusi Spasial Vegetasi Mangrove Di Pantai Utara Pematang. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 11:29-42.

- Prasetya, A. 2012. *Struktur Komunitas Mangrove di Derah Wonorejo Pantai Timur Surabaya*. Skripsi. F. Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga.
- Prihandana, P., K., E., Putra, A., D., N., N. & Indrawan, G., S. 2020. Struktur Vegetasi Mangrove berdasarkan Karakteristik Substrat di Pantai Karang Sewu, Gilimanuk Bali. *JMRT*. 4(1) : 29-36.
- Proklamasiningsih, E. dan Hernayanti. 2010. Rizofiltrasi Logam Pb (Plumbum) pada beberapa Jenis Tumbuhan Air. *Biosfera*. 21(1):30-37.
- Rachmawati., Yona, D., & Kasitowati, R.D. 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.
- Rahardian, A., Prasetyo L.B., Setiawan, Y., & Wikantika, K. 2019. Tinjauan Historis Data dan Informasi Luas Mangrove Indonesia. *Media Konservasi*. 24(2): 163-178.
- Ram, S. S., Aich, A., Sengupta, P., Chakraborty, A., and Sudarshan, M. 2018. Assessment of trace metal contamination of wetland sediments from eastern and western coastal region of India dominated with mangrove forest. *Chemosphere*. 211, 1113–1122.
- Rofii, I., Poedjirahajoe, E., & Marsono, D. 2021. Keanekaragaman dan Pola Sebaran Jenis Mengrove di SPTN Wilayah I Bekol, Taman Nasional Baluran. *Jurnal Kelautan*. 14(3): 210-222.
- Rompas, M.R. 2010. *Toksikologi Kelautan*. Jakarta: PT. Walaw Bangkulen.
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 7(1).
- Siregar, Y.I. dan J. Erdward. 2010. Faktor Konsentrasi Pb, Cd, Ni, Zn dalam Perairan Pesisir Kota Dumai. *Masapari Journal*. 1:1-10
- Sitompul, S.M. & Guritno, B. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sofyan, R., Sikanna, & Sumarni, N. K. 2014. Fitoakumulasi Merkuri oleh Akar Tanaman Bayam Duri (*Amarantus spinosus* Linn). Pada Tanah Tercemar. *Journal of Natural Science*. 3(1): 31-39.
- Supriyantini, E., Nuraini, T., & Dewi, P. 2017. Daya Serap Mangrove *Rhizophora* sp. Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Mangrove Park, Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(1): 16-24
- Supriyantini, E., Nurani, R. A., dan Dewi C. P. 2017. Daya Serap Mangrove *Rhizophora* sp. Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Mangrove Park, Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis*. 20(1): 16-24.\
- Tam, N., N., F., Y. & Wong, Y., S. 1996. Retention and Distribution of Heavy Metals in Mangrove Soils Receiving Wastewater. *Environmental Pollution*. 94(3): 283-291.

- Wahwakhi, S. 2015. *Kajian Avicennia Alba Sebagai Agen Fitoremediasi Upaya Mengurangi Konsentrasi Logam Berat Pb Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya*. Skripsi. F. Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya.
- Wang, J. G., Wang, P., Zhao, Z. Z. 2017. Distribution characteristics of available Cd, Zn, As, Pb in Sediments of Mangrove Wetland and Their Correlation. *Environmental Pollution Control*, 39, 1289–1293.
- Wibisono, M.S. 2005. *Pengantar Ilmu Kelautan*. Jakarta: Grasindo.
- Wijaya, N. I. & Sanjaya, R. F. 2021. Kerapatan Mangrove terhadap Kandungan Logam Pb, Cu, dan Cd pada Daging Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Mangrove Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Pertanian Terpadu*. 9(2): 150-161.
- Yolanda, Y. 2023. Analisa Pengaruh Suhu, Salinitas, dan pH Terhadap Kualitas Air di Muara Perairan Belawan. *Jrnl Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 11(2) :329-337.
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Groeing on a Contaminated Florida Site. *Science. Of The Total Environment*. 368:2-3.
- Yudo, S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *JAI*. 2(1):1-15.

LAMPIRAN**Lampiran 1. Dokumentasi penelitian**

 <p>Pengambilan sampel sedimen menggunakan pipa PVC</p>	 <p>Pengambilan sampel akar mangrove</p>
 <p>Pengambilan sampel daun mangrove</p>	 <p>Pengambilan sampel air</p>
 <p>Pengecekan parameter lingkungan (pH, salinitas, dan suhu)</p>	 <p>Mengeringkan sampel akar, daun, dasedimen menggunakan oven</p>



Menghaluskan sampel akar, daun, dan sedimen menggunakan blender



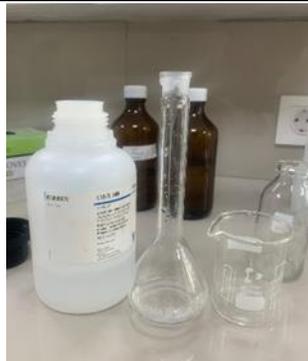
Mengabukan sampel akar, daun, dan sedimen menggunakan furnace



Destruksi sampel air secara manual



Destruksi menggunakan microwave extraction



Pembuatan larutan standar Cu, Pb, dan Zn



Analisis logam Cu, Pb, dan Zn pada sampel menggunakan AAS



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp/ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Nuriyatul Isma Mufidah
NIM : 200602110052
Judul : Analisis Logam Berat di Kawasan Mangrove Wonorejo Kecamatan Rungkut Kota Surabaya Jawa Timur

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	24 ⁷	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		

Mengetahui,
Kepala Program Studi Biologi

Desy Meka Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK
IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341)
572533 Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-

JURNAL BIMBINGAN
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 200602110052
Nama : NURIYATUL ISMA MUFIDAH
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Program Studi : BIOLOGI
Dosen Pembimbing 1 : MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si.
Dosen Pembimbing 2 : BERRY FAKHRY HANIFA, M.Sc.
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : ANALISIS LOGAM BERAT DI KAWASAN MANGROVE WONOREJO KECAMATAN RUNGKUT KOTA SURABAYA JAWA TIMUR

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	07 Juni 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Pendahuluan bimbingan skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	16 Agustus 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	konsultasi judul skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	01 September 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	bimbingan topik skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	14 November 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	bimbingan bab 1	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	22 November 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	bimbingan bab 2	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	28 November 2023	BERRY FAKHRY HANIFA, S.Si., M.Sc	bimbingan integrasi bab 1 dan 2	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	04 Desember 2023	BERRY FAKHRY HANIFA, S.Si., M.Sc	revisi integrasi bab 1 dan 2	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	10 Desember 2023	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	bimbingan dan acc bab 1-3	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	1 April 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Bimbingan bab 4	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	23 April 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Revisi bab 4 dan 5	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
11	23 April 2024	BERRY FAKHRY HANIFA, M.Sc	Bimbingan integrasi bab 4	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
12	29 April 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Revisi bab 4 dan 5	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
13	29 April 2024	BERRY FAKHRY HANIFA, M.Sc	Revisi dan acc integrasi bab 4	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
14	30 April 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Revisi bab 4 dan abstrak	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
15	6 April 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Bimbingan skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK
IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341) 551354, Fax. (0341)
572533 Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-

Telah disetujui
untuk mengajukan ujian Skripsi

Dosen Pembimbing I

Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si.
NIP. 19870522 202321 1 016

Malang, 06 Mei 2024
Dosen Pembimbing II

Berry Fakhry Hanifa, M.Sc.
NIP. 19871217 20160801 1 066

