

**FITOREMEDIASI Pb DAN Cu OLEH *Avicennia alba* Blume. DI
KAWASAN CAGAR ALAM HUTAN BAKAU PANTAI TIMUR,
TANJUNG SOLOK, TANJUNG JABUNG TIMUR, JAMBI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di
Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya

OLEH:

**INTAN SRI MULYANI
08041281924029**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Fitoremediasi Pb dan Cu oleh *Avicennia alba* Blume. di
Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau, Tanjung Solok,
Tanjung Jabung Timur, Jambi.
Nama Mahasiswa : Intan Sri Mulyani
NIM : 08041281924029
Jurusan : Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 29 Maret 2023

Indralaya, Maret 2023

Pembimbing

1. Drs. Juswardi, M.Si.
NIP. 196309241990021001

()

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Fitoremediasi Pb dan Cu oleh *Avicennia alba* Blume. di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

Nama Mahasiswa : Intan Sri Mulyani

NIM : 08041281924029

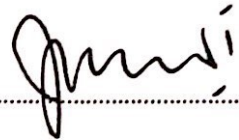
Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Pembimbing dan Penguji Sidang Sarjana Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 29 Maret 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, April 2023

Pembimbing

1. Drs. Juswardi, M.Si.
NIP. 196309241990021001

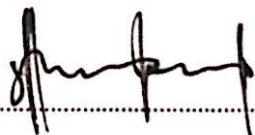
()

Penguji

1. Dra. Nina Tanzerina, M.Si.
NIP. 1964402061990032001

()

2. Dr. Sarno, M.Si.
NIP. 196507151992031004

()

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



Dr. Anis Sotawan, S.Si., M.Si.
NIP. 197211221998031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Sri Mulyani

NIM : 08041281924029

Fakultas/ Jurusan : MIPA/Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Indralaya, April 2023
Penulis,



Intan Sri Mulyani
NIM.08041281924029

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Intan Sri Mulyani

NIM : 08041281924029

Fakultas/ Jurusan : MIPA/ Biologi

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Fitoremediasi Pb dan Cu oleh *Avicennia alba* Blume. di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/mengformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasi tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, April 2023

Penulis,



Intan Sri Mulyani

NIM.08041281924029

**Phytoremediation of Pb and Cu by *Avicennia alba* Blume.
in Mangrove Forest Nature Reserve East Coast, Tanjung Solok,
Tanjung Jabung Timur, Jambi**

**Intan Sri Mulyani
NIM: 08041281924029**

SUMMARY

Through the length of Batanghari River, there are many community activities, such as fishing, coal-carrying, and industrial activities. These various activities can cause pollution of the aquatic environment, such as pollution of heavy metals Pb and Cu. This pollution can be overcome by using phytoremediation techniques using *Avicennia alba* Blume. which grows in Mangrove Forest Nature Reserve East Coast (CAHBPT), Jambi. This study aims to determine the ability and mechanism of phytoremediation of heavy metals Pb and Cu by *A. alba* in CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi. The research was held from November 2022 to January 2023. Sampling was carried out in the CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi using a purposive sampling method. Heavy metal analysis was carried out using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) at the UPTD Laboratorium Lingkungan, DLHP Sumatera Selatan. The Bioconcentration Factor (BCF) aims to determine the ability of *A. alba* found in the CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi in accumulating heavy metals Pb and Cu from the environment, and the Translocation Factor (TF) aims to determine the mechanism of phytoremediation in *A. alba* against Pb and Cu metals. The results of this study were found that the accumulation of Pb metal accumulation ranged from 10.08-13.42 mg/kg for sediment, 1.93-2.88 mg/kg for roots, and 2.43-2.76 mg/kg for leaves. The accumulation of Cu metal accumulation ranges from 8.61-22.92 mg/kg for sediment, 2.00-2.45 mg/kg for roots, and 1.75-2.78 mg/kg for leaves. The ability of *A. alba* in reducing the impact of Pb and Cu metal pollution is classified as an excluder which is marked $BCF < 1$, although the concentration of heavy metals in sediments is still below the Environmental Protection Authority (EPA) quality standards for sediments. *A. Alba* in the CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi has a Pb metal translocation mechanism in the form of fitoextraction marked by $TF > 1$ value, and for Cu metal using a fitostabilization mechanism marked by $TF < 1$.

Keywords: *Avicennia alba* Blume., Jambi East Coast Mangrove Forest Reserve, Phytoremediation, Heavy Metal.

**Fitoremediasi Pb dan Cu Oleh *Avicennia Alba* Blume.
di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur,
Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi**

**Intan Sri Mulyani
NIM: 08041281924029**

RINGKASAN

Sepanjang Sungai Batanghari ditemukan banyak aktivitas masyarakat, seperti aktivitas nelayan, kapal pengangkut batu bara, dan industri. Berbagai aktivitas tersebut dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan, seperti pencemaran logam berat Pb dan Cu. Pencemaran ini dapat ditanggulangi dengan teknik fitoremediasi menggunakan *Avicennia alba* Blume. yang tumbuh di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT), Jambi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan mekanisme fitoremediasi logam berat Pb dan Cu oleh *A. alba* di CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi. Penelitian sudah dilaksanakan pada November 2022 sampai Januari 2023. Pengambilan sampel dilakukan di Kawasan CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi dengan metode *purposive sampling*. Analisis logam berat dilakukan menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di UPTD Laboratorium Lingkungan, DLHP Sumatera Selatan. Faktor Biokonsentrasi (BCF) bertujuan untuk mengetahui kemampuan *A. alba* yang terdapat di Kawasan CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi dalam mengakumulasi logam berat Pb dan Cu dari lingkungan, dan Faktor Translokasi (TF) bertujuan untuk mengetahui mekanisme fitoremediasi pada *A. alba* terhadap logam Pb dan Cu. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa kadar akumulasi logam Pb berkisar 10,08-13,42 mg/kg untuk sedimen, 1,93-2,88 mg/kg untuk akar, dan 2,43-2,76 mg/kg untuk daun. Kadar akumulasi logam Cu berkisar 8,61-22,92 mg/kg untuk sedimen, 2,00-2,45 mg/kg untuk akar, dan 1,75-2,78 mg/kg untuk daun. Kemampuan *A. alba* dalam mengurangi dampak pencemaran logam Pb dan Cu tergolong *excluder* yang ditandai $BCF < 1$, walaupun konsentrasi logam berat pada sedimen masih di bawah ambang batas baku mutu *Environmental Protection Authority* (EPA) untuk sedimen. *A. alba* di CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi memiliki mekanisme translokasi logam Pb berupa fitoekstraksi yang ditandai dengan nilai $TF > 1$, dan untuk logam Cu menggunakan mekanisme fitostabilisasi yang ditandai dengan $TF < 1$.

Kata kunci: *Avicennia alba* Blume., Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur Jambi, Fitoremediasi, Logam Berat.

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain), dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”
(QS Al-Insyirah : 6-8)

Karya ilmiah ini kupersembahkan untuk:

- ❖ Allah SWT & Rasulullah SAW
- ❖ Kedua Orang tua tercinta
- ❖ Sahabat dan teman-teman seperjuangan
- ❖ Almamater

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan segala rahmat dan karunia-Nya untuk dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Fitoremediasi Pb dan Cu Oleh *Avicennia Alba* Blume. di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi”. Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Terima kasih diucapkan kepada kedua orang tua Sofian Sauri dan Nur Ainun yang telah memberikan dukungan baik dengan doa maupun materi, serta ucapan terima kasih kepada Drs. Juswardi, M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan saran, masukan, arahan, dukungan, ilmu, dan waktunya dengan sabar serta ikhlas selama menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Yth:

1. Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
2. Dr. Arum Setiawan, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Dr. Salni, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
4. Dra. Nina Tanzerina, M.Si., dan Dr. Sarno, M.Si., selaku dosen pembahas yang telah memberi saran dalam penulisan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen, staf, serta karyawan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
6. Sahabat serta teman-teman satu tim bimbingan yang selalu setia memberi dukungan, semangat, dan doa. Kemudian, tim fitoremediasi yang telah membantu selama penelitian.

Indralaya, April 2023

Intan Sri Mulyani

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
SUMMARY	v
RINGKASAN	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur Jambi.....	7
2.2 Pencemaran Muara Sungai	8
2.3 Logam Berat	10
2.2.1 Timbal (Pb)	11
2.2.2 Tembaga (Cu).....	12
2.4 Mangrove.....	13
2.5 <i>Avicennia alba</i> Blume.....	15
2.6 Fitoremediasi <i>Avicennia alba</i> Blume.....	18
2.6.1 Fitoekstraksi	20
2.6.2 Fitostabilisasi	21
2.6.3 Fitovolatilisasi	21
2.6.4 Rhizofiltrasi.....	22
2.7 Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF)	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat.....	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.3 Cara Kerja.....	25
3.3.1 Penentuan Titik Stasiun	25
3.3.2 Pengukuran Parameter Lingkungan	26
3.3.3 Pengambilan Sedimen.....	26
3.3.4 Pengambilan Akar dan Daun <i>Avicennia alba</i> Blume.....	27
3.3.5 Preparasi Sedimen	27
3.3.6 Preparasi Akar dan Daun <i>Avicennia alba</i> Blume.....	28
3.3.7 Pengukuran dan Perhitungan Kadar Pb dan Cu	29
3.4 Analisa Data.....	30
3.4.1 Faktor Biokonsentrasi (BCF)	30
3.4.2 Faktor Translokasi (TF)	31
3.4.3 Analisis Data	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Akumulasi Pb dan Cu pada Sedimen.....	32
4.2. Akumulasi Pb dan Cu pada Akar dan Daun <i>Avicennia alba</i>	37
4.3. Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) Pb dan Cu pada <i>Avicennia alba</i>	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	47

DAFTAR PUSTAKA 49**LAMPIRAN.....** 59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Titik Koordinat Lokasi Penelitian	26
3.2. Karakteristik Stasiun Pengambilan Sampel	26
4.1. Faktor Lingkungan dari Setiap Stasiun Penelitian di Perairan Muara Sungai Batanghari, Kawasan CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.	35
4.2. Nilai BCF dan TF <i>A. alba</i> Blume. di Perairan Muara Sungai Batanghari Kawasan CAHBPT Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Pola zonasi mangrove di Cilacap, Jawa Tengah.....	14
2.2. Morfologi <i>Avicennia alba</i> Blume.	17
3.1. Peta Lokasi Penelitian di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT), Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.	25
4.1. Kadar Pb dan Cu pada Sedimen dari Setiap Stasiun Penelitian di Perairan Muara Sungai Batanghari kawasan CAHBPT Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.	32
4.2. Kadar Pb dan Cu pada Akar dan Daun dari Setiap Stasiun Penelitian di Perairan Muara Sungai Batanghari kawasan CAHBPT Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kondisi Umum Lokasi Penelitian dan Morfologi <i>Avicennia alba</i>	59
2. Pengambilan Sampel dan Pengukuran Parameter Lingkungan	61
3. Tahap Preparasi Sampel Dan Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) di Laboratorium	62
4. Baku Mutu Logam Berat untuk Sedimen, EPA (<i>Environmental Protection Authority</i>).....	64
5. Surat Izin Penelitian di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Provinsi Jambi.....	66
6. Surat Izin Penelitian di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan, Provinsi Sumatera Selatan	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perairan Indonesia menduduki sebagian besar dari total luas wilayah Indonesia yang menjadikannya sebagai negara pesisir. Wilayah pesisir memiliki banyak sumber daya alam sehingga wilayah ini banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sumber mata pencaharian, industri, dan transportasi laut. Berbagai aktivitas tersebut menyumbang logam berat yang dapat mencemari perairan, khususnya daerah pesisir dan muara sungai. Pencemaran yang terjadi berupa pencemaran organik dan anorganik. Adapun beberapa jenis pencemaran anorganik, seperti logam berat, bahan radioaktif, dan lain sebagainya (Mohan *et al.*, 2014). Aktivitas antropogenik, seperti pertambangan, industri, dan buruknya sistem pembuangan limbah, dapat menjadi sumber yang menimbulkan pencemaran anorganik, khususnya pencemaran logam berat pada air (Srivastav dan Ranjan, 2020).

Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan terakumulasi membentuk sedimen dan terbawa arus menuju muara sungai. Muara sungai ialah zona pertemuan air sungai dengan air laut (Pamuji *et al.*, 2015). Muara Sungai Batanghari yang terletak di wilayah Kecamatan Kuala Jambi Kabupaten Tanjung Jabung Timur, sering digunakan untuk jalur transportasi nelayan dan kapal pengangkut batu bara. Tidak hanya itu, aktivitas rumah tangga, perkebunan kelapa, peternakan, dan industri juga banyak ditemukan di sepanjang Sungai Batanghari.

Kegiatan tersebut dapat menimbulkan limbah yang bisa menyebabkan turunnya kualitas air sungai.

Kabupaten Tanjung Jabung Timur memiliki kondisi topografi yang datar dan rendah, sehingga saat musim penghujan sering terjadi banjir dan memungkinkan banyaknya material, serta partikel bekas aktivitas masyarakat yang terbawa banjir menuju perairan muara (Susantoro *et al.*, 2015). Berdasarkan hal tersebut, sangat memungkinkan bahwa perairan Muara Sungai Batanghari terakumulasi bahan organik dan anorganik, seperti logam berat.

Logam berat ialah bahan pencemar beracun yang tidak bisa dihancurkan dan dapat menyebabkan terjadinya bioakumulasi atau penumpukan logam berat di dalam tubuh organisme (Yudo, 2006). Sebelum terakumulasi dalam tubuh organisme, logam berat di perairan akan lebih dulu menyebar dan mengendap di dasar perairan. Saat logam berat seperti Pb, Cr, Zn, dan lainnya masuk ke dalam perairan yang stabil, maka logam berat akan mengikat partikel-partikel organik dalam badan perairan, sehingga lama-kelamaan akan terakumulasi membentuk sedimen (Wulan *et al.*, 2013).

Sedimen di dasar perairan yang terkontaminasi logam berat berpeluang besar untuk masuk ke tubuh biota laut yang mengambil makan di dasar sungai, sehingga memungkinkan adanya perpindahan logam berat dari lingkungan ke organisme dan antar organisme melalui rantai makanan (Setiawan, 2013). Hal ini dapat mengancam kesehatan manusia akibat paparan logam berat.

Bila merujuk pada data status lingkungan hidup daerah Provinsi Jambi Tahun 2015, diketahui bahwa Sungai Batanghari banyak menerima masukan limbah,

terutama limbah cair industri minyak sawit serta industri *pulp* dan kertas yang mengandung Pb, Zn, Cd, dan Cu. Lebih lanjut terdapat penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Susantoro *et al.* (2015), tentang penyebaran logam berat pada sedimen di perairan muara dan laut Provinsi Jambi menunjukkan bahwa Muara Sungai Jambi tercemar kobalt (Co) dengan tingkat pencemaran sedang, tembaga (Cu) dengan tingkat pencemaran yang tinggi, nikel (Ni), timbal (Pb), dan kromium (Cr) dengan tingkat pencemaran yang sedikit. Hingga saat ini, kegiatan masyarakat yang menghasilkan logam berat di sepanjang Sungai Batanghari khususnya daerah Tanjung Jabung Timur masih ditemukan, seperti aktivitas nelayan, rumah tangga, industri minyak dan gas bumi, industri pertambangan, aktivitas peternakan serta perkebunan kelapa. Kegiatan-kegiatan tersebut memungkinkan adanya pencemaran Pb dan Cu di muara sungai.

Pencemaran logam berat harus dikendalikan agar tidak memunculkan masalah bagi kehidupan manusia dan organisme perairan. Pengendalian logam berat di perairan dapat dilakukan dengan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi telah mendapat banyak perhatian selama dua dekade terakhir karena memiliki keunggulan, seperti teknologi yang sederhana, biaya murah, dan ramah lingkungan. Teknik ini sangat penting bila mengingat logam berat memiliki sifat yang tidak dapat didegradasi, sehingga dengan spesies tanaman tertentu yang memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat pada akarnya diharapkan dapat menghilangkan atau menurunkan konsentrasi logam berat yang ada di lingkungan (Pandey dan Bajpai, 2018). Jenis tanaman yang dapat digunakan dalam fitoremediasi terhadap logam berat adalah tanaman mangrove.

Mangrove berperan penting dalam menunjang kehidupan di pesisir dan muara sungai. Secara ekologi, vegetasi mangrove berperan sebagai tempat membiakkan, berkembang biak, dan mencari makan bagi udang, ikan, kerang, serta kepiting (Ismail *et al.*, 2020). Selain itu, mangrove juga memiliki fungsi hidrologi sebagai tanaman yang menjaga kualitas perairan dengan menyerap logam berat masuk ke dalam tubuhnya melalui akar. Menurut Luthansa *et al.* (2021), logam berat tidak hanya tertimbun dalam sedimen, namun juga dapat tertimbun dalam tubuh mangrove.

Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi, tepatnya di Kelurahan Tanjung Solok, Kecamatan Kuala Jambi terdapat kawasan mangrove yang termasuk dalam Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT) Jambi. Kawasan mangrove Tanjung Solok ini dapat berperan sebagai pengendali logam berat yang mencemari perairan Muara Sungai Batanghari. Mangrove yang berpotensi menyerap logam berat adalah *Avicennia alba* Blume. yang banyak ditemukan di CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi. Pada jurnal Afriansyah *et al.* (2020), dijelaskan bahwa vegetasi mangrove yang mendominasi Pantai Timur Jambi berupa *Avicennia* sp., *Rhizophora* sp., *Sonneratia* sp., dan *Bruguiera* sp.

Kadar Pb dan Cu yang tertimbun dalam *A. alba* sangat penting guna mengetahui kemampuan atau potensi yang dimiliki *A. alba* dalam mengatasi pencemaran logam berat di kawasan pesisir dan muara sungai. Kemampuan *A. alba* ini dapat diketahui melalui perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF) yang membandingkan logam berat pada organ tumbuhan dengan logam berat di sedimen

atau lingkungan. Tidak hanya itu, dengan data tersebut juga dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme fitoremediasi pada mangrove melalui perhitungan nilai faktor translokasi (TF). Perhitungan TF dapat dilakukan dengan membandingkan nilai kadar logam berat yang terakumulasi pada akar dengan logam berat pada bagian lainnya (Simbolon & Purbonegoro, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Rachmawati *et al.* (2018), dilaporkan akumulasi Pb pada daun *A. alba* lebih tinggi dibandingkan pada akar, sedangkan akumulasi Cu pada daun *A. alba* lebih rendah dibandingkan pada akar. Hal ini menghasilkan nilai TF yang menunjukkan mekanisme fitoremediasi pada *A. alba* di perairan Wonorejo, Surabaya berupa fitoekstraksi Pb dan fitostabilisasi Cu. Kemudian, perhitungan BCF-nya menunjukkan bahwa *A. alba* di perairan Wonorejo, Surabaya tergolong *excluder* atau berkemampuan dalam membatasi penyerapan logam berat dari lingkungan, tetapi saat masuk ke dalam tubuh maka akan mudah ditranslokasikan ke bagian tubuh lainnya. Atas dasar hal tersebut, perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kemampuan dan mekanisme fitoremediasi Pb dan Cu pada *A. alba* yang ada di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT), Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

1.2 Rumusan Masalah

Muara sungai menjadi tempat penampungan bahan pencemar, diantaranya Pb dan Cu yang diakibatkan oleh kegiatan manusia di sepanjang aliran sungai. Pb dan Cu yang terakumulasi di air dan sedimen dapat menurunkan kualitas perairan serta membahayakan organisme yang hidup di sana. Permasalahan logam berat Pb dan Cu ini dapat ditanggulangi dengan teknik fitoremediasi menggunakan

Avicennia alba Blume yang tumbuh di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT), Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi, sehingga dianggap perlu melakukan penelitian mengenai bagaimana kemampuan dan mekanisme fitoremediasi Pb dan Cu oleh *A. alba*. di Kawasan CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Provinsi Jambi.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan mekanisme fitoremediasi Pb dan Cu oleh *A. alba* di Kawasan CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi mengenai kemampuan dan mekanisme fitoremediasi logam berat Pb dan Cu oleh *A. alba* dalam upaya mengurangi dampak pencemaran logam berat pada perairan Muara Sungai Batanghari di Kawasan CAHBPT, Tanjung Solok, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, S., Tira, S. B., & Khasanah, A. N. (2020). “Pearl Tea” Inovasi Teh Herbal Buah Mangrove Pedada (*Sonneratia caseolaris*) sebagai Sumber Antioksidan dalam Mendukung Tercapainya Industri Kreatif 4.0 Daerah Jambi. *Jurnal Khazanah Intelektual*, 3(3), 527–542. <https://doi.org/10.37250/newkiki.v3i3.43>
- Agarwal, A., Singh, R. D., Mishra, S. K., & Bhunya, P. K. (2005). ANN-Based Sediment Yield Models for Vamsadhara River Basin (India). *Water SA*, 31(1), 95–100. <https://doi.org/10.4314/wsa.v31i1.5125>
- Akbar, R. Al, Handayani, E., & Amalia, K. R. (2021). Kelayakan Transportasi Air Sungai Batanghari (Studi Kasus Angkutan Motor Ketek Di Desa Terusan Kabupaten Batanghari). *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), 137–144. <https://doi.org/10.33087/talentsipil.v4i2.63>
- Astuti, A. D., & Titah, H. S. (2021). Studi Fitoremediasi Polutan Minyak Bumi di Wilayah Pesisir Tercemar Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Tumpahan Minyak Mentah Sumur YYA-1 Pesisir Karawang Jawa Barat). *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), F111–F116. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53046>
- Baker, A. J. M. (1981). Accumulators and Excluders - Strategies in the Response of Plants to Heavy Metals. *Journal of Plant Nutrition*, 3(1–4), 643–654. <https://doi.org/10.1080/01904168109362867>
- Bolan, N. S., Park, J. H., Robinson, B., Naidu, R., & Huh, K. Y. (2011). Phytostabilization: A Green Approach to Contaminant Containment. In *Advances in Agronomy* (Vol. 112, pp. 145–204). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385538-1.00004-4>
- Chaney, R. L., Brown, S. L., & Angle, J. S. (1998). *Soil – Root Interface : Ecosystem Health and Human Food-Chain Protection*. 52, 279–311.
- Chua, J., Banua, J. M., Arcilla, I., Orbecido, A., de Castro, M. E., Ledesma, N., Deocarlis, C., Madrazo, C., & Belo, L. (2019). Phytoremediation Potential and Copper Uptake Kinetics of Philippine Bamboo Species in Copper Contaminated Substrate. *Heliyon*, 5(9), e02440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02440>
- Dai, L., Wang, L., Li, L., Liang, T., Zhang, Y., Ma, C., & Xing, B. (2018). Multivariate Geostatistical Analysis and Source Identification of Heavy Metals in The Sediment of Poyang Lake in China. *Science of the Total Environment*, 621, 1433–1444.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.085>

- Dalvi, A. A., & Bhalerao, S. A. (2013). Response of Plants towards Heavy Metal Toxicity: An overview of Avoidance, Tolerance and Uptake Mechanism. *Annals of Plant Sciences*, 362–368. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=d2fc85a59f9d797395f982304a87edaf5a063036>. (Diakses pada Tanggal 13 Maret 2023).
- Dewi, P. K., Hastuti, E. D., & Budihastuti, R. (2018). Kemampuan Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia Marina* (Forsk.) dan *Rhizophora Mucronata* (Lamk.) Di Lahan Tambak. *Jurnal Akademika Biologi*, 7(4), 14–19.
- Ernst, W. H. O., Verkleij, J. A. C., & Schat, H. (1992). Metal Tolerance in Plants. *Acta Botanica Neerlandica*, 41(3), 229–248. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1992.tb01332.x>
- Farraji, H. (2014). Wastewater Treatment by Phytoremediation Technologies. *International Journal of Scientific Researches Publication*, 7, 205–218. https://www.academia.edu/24156582/Chapter_7_Wastewater_Treatment_by_Phytoremediation_Technologies. (Diakses pada Tanggal 14 September 2022).
- Gerhardt, K. E., Gerwing, P. D., & Greenberg, B. M. (2017). Opinion: Taking Phytoremediation from Proven Technology to Accepted Practice. *Plant Science*, 256, 170–185. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.11.016>
- Ghosh, M., & Singh, S. P. (2005). A Comparative Study of Cadmium Phytoextraction by Accumulator and Weed Species. *Environmental Pollution*, 133(2), 365–371. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.05.015>
- Hamka, M., Basyuni, M., & Agustina, L. (2012). Karakterisasi Senyawa Isoprenoid dan Pertumbuhan Semai Mangrove *Avicennia alba* Blume. *Jurnal Hasil Riset*. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/baf/index%0A>. (Diakses pada Tanggal 15 September 2022).
- Hamzah, F., & Setiawan, A. (2010). Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, Dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(2), 41–52. <http://jurnaldev.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt/article/view/7851%0Ahttps://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt/article/view/7851>. (Diakses pada Tanggal 20 Februari 2023).
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N., & Faqri, A. (2017). *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. UB Press.

- Harnani, B. R. D., & Titah, H. S. (2017). Kemampuan *Avicennia marina* dan *Avicennia alba* untuk Menurunkan Konsentrasi Tembaga (Cu) di Muara Sungai Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 1–69. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.23855>
- Haryati, M., Purnomo, T., & Kuntjoro, S. (2012). Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L.)Buch.) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda. *LenteraBio*, 1(3), 131–138.
- He, Y., Men, B., Yang, X., Li, Y., Xu, H., & Wang, D. (2019). Relationship Between Heavy Metals and Dissolved Organic Matter Released from Sediment by Bioturbation/Bioirrigation. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 75, 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.03.031>
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2011). Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-Jenis Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 8(2), 177–188. <https://doi.org/10.20886/jphka.2011.8.2.177-188>
- Hutagalung, H. P. (1991). *Pencemaran Laut Oleh Logam Berat dalam Beberapa Perairan Indonesia*. Puslitbang, Oseanologi LIPI. [http://oseanografi.lipi.go.id/dokumen/oseana_ix\(1\)11-20.pdf](http://oseanografi.lipi.go.id/dokumen/oseana_ix(1)11-20.pdf). (Diakses pada Tanggal 9 Februari 2023).
- Ilahude, A.G. & S. Liasaputra. Sebaran ‘normal’ Parameter Hidrologi di Teluk Jakarta. *Teluk Jakarta Pengkajian Fisika, Kimia, Biologi dan Geologi Tahun 1975-1979* (pp.1-47). Lembaga Oseanologi Nasional-LIPI.
- Irhamni, Setiaty, P., Edison, P., & Wirsal, H. (2017). Serapan Logam Berat Esensial dan Non Esensial Pada Air Lindi TPA Kota Banda Aceh dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan. *Serambi Engineering*, 2(3), 134–140. <https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/article/view/337>. (Diakses pada Tanggal 14 Oktober 2022).
- Ismail, I., Mangesa, R., & Irsan, I. (2020). Bioakumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Mangrove Jenis *Rhizophora Mucronata* Di Teluk Kayeli Kabupaten Buru. *Biosel: Biology Science and Education*, 9(2), 139–152. <https://doi.org/10.33477/bs.v9i2.1637>
- Jati, B. (2020). Cegah Abrasi, BKSDA dan Masyarakat Tanam Mangrove di Pantai Timur Jambi. *Jambikita.Id*. <https://kumparan.com/jambikita/cegah-abrasi-bksda-dan-masyarakat-tanam-mangrove-di-pantai-timur-jambi-lurWvvRQLDZ>. (Diakses pada Tanggal 27 Oktober 2022).

- Jupp, B. P., Fowler, S. W., Dobretsov, S., van der Wiele, H., & Al-Ghafri, A. (2017). Assessment of Heavy Metal and Petroleum Hydrocarbon Contamination in The Sultanate of Oman with Emphasis on Harbours, Marinas, Terminals and Ports. *Marine Pollution Bulletin*, 121(1–2), 260–273. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.015>
- Kalsum, S. U., Suandana, S., & Yunizar. (2015). Efisiensi Pasir Kuarsa Desa Suak Putat, Desa Parit dan Desa Tanjung Harapan Kabupaten Muaro Jambi dalam Menurunkan Parameter Pencemar Air Sungai Batanghari. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 15(4), 94–98.
- Katarina, H. N., Kartika, W. D., & Wulandari, T. (2019). Keanekaragaman Jenis Ikan Hasil Tangkapan Nelayan di Kelurahan Tanjung Solok Tanjung Jabung Timur. *Biospecies*, 12(2), 28–34.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). Peta Mangrove Nasional Tahun 2021: Baseline Pengelolaan Rehabilitasi Mangrove Nasional. *Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*. https://www.menlhk.go.id/site/single_post/4476/peta-mangrove-nasional-tahun-2021-baseline-pengelolaan-rehabilitasi-mangrove-nasional. (Diakses pada Tanggal 5 November 2022).
- Kumar, A., & Prasad, M. N. V. (2018). Plant-Lead Interactions: Transport, Toxicity, Tolerance, and Detoxification Mechanisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 166, 401–418. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.113>
- Lee, J., Kaunda, R. B., Sinkala, T., Workman, C. F., Bazilian, M. D., & Clough, G. (2021). Phytoremediation and Phytoextraction in Sub-Saharan Africa: Addressing Economic and Social Challenges. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 226(112864). <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112864>
- Lee, P. K., Kang, M. J., Yu, S., & Kwon, Y. K. (2020). Assessment of Trace Metal Pollution in Roof Dusts and Soils Near A Large Zn Smelter. *Science of the Total Environment*, 713, 136536. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136536>
- Luthansa, U. M., Titah, H. S., & Pratikno, H. (2021). The Ability of Mangrove Plant on Lead Phytoremediation at Wonorejo Estuary, Surabaya, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 253–268. <https://doi.org/10.12911/22998993/137675>
- Lv, J., Hu, R., Wang, N., Zhu, L., Zhang, X., Yuan, X., & Liu, B. (2021). Distribution and Movement of Heavy Metals in Sediments Around The Coastal Areas Under The Influence of Multiple Factors: A Case Study from

- The Junction of The Bohai Sea and The Yellow Sea. *Chemosphere*, 278, 130352. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130352>
- MacFarlane, G. R., Koller, C. E., & Blomberg, S. P. (2007). Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangroves: A Synthesis of Field-Based Studies. *Chemosphere*, 69(9), 1454–1464. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.04.059>
- Macnae, W. (1969). A General Account of the Fauna and Flora of Mangrove Swamps and Forests in the Indo-West-Pacific Region. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 6, pp. 73–270). [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60438-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60438-1)
- Mahmudi, M., Adzim, A., Fitri, D. H., Lusiana, E. D., Buwono, N. R., Arsad, S., & Musa, M. (2021). Performance of *Avicennia Alba* and *Rhizophora Mucronata* as Lead Bioaccumulator in Bee Jay Bakau Resort, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 22(2), 169–177. <https://doi.org/10.12911/22998993/131032>
- Malau, R., Azizah, R., Susanto, A., Santosa, G. W., Irwani, I., & Suryono, S. (2018). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, dan Rumpuk Laut *Sargassum* sp. di Perairan Teluk Awur, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(2), 155–166. <https://doi.org/10.14710/jkt.v21i2.3010>
- Małacka, A., Piechalak, A., Morkunas, I., & Tomaszewska, B. (2008). Accumulation of Lead in Root Cells of *Pisum sativum*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(5), 629–637. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0159-1>
- Manikasari, G. P., & Mahayani, N. P. D. (2019). Peran Hutan Mangrove sebagai Biofilter dalam Pengendalian Polutan Pb dan Cu di Hutan Mangrove Sungai Donan, Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 2(2), 105–117. <https://doi.org/10.22146/jntt.42721>
- Marchiol, L., Assolari, S., Sacco, P., & Zerbi, G. (2004). Phytoextraction of Heavy Metals by Canola (*Brassica napus*) and Radish (*Raphanus sativus*) Grown on Multicontaminated Soil. *Environmental Pollution*, 132(1), 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.04.001>
- Martuti, N. K. T., Widianarko, B., & Yulianto, B. (2016). Copper Accumulation on *Avicennia Marina* in Tapak, Tugurejo, Semarang, Indonesia. *Waste Technology (WasTech)*, 4(5), 40–45. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12777/wastech.4.1.40-45>
- Maslukah, L. (2013). Hubungan Antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina Juli*, 2, 55–62.

- <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>. (Diakses pada Tanggal 17 Februari 2023).
- Mellem, J. J., Baijinath, H., & Odhav, B. (2012). Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu and Ni with The Ability for Hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. *African Journal of Agricultural Research*, 7(4), 591–596. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1486>
- Mentari, R. J., Soenardjo, N., & Yulianto, B. (2022). Potensi Fitoremediasi Mangrove *Rhizophora mucronata* Terhadap Logam Berat Tembaga di Kawasan Mangrove Park, Pekalongan. *Journal of Marine Research*, 11(2), 183–188. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.33246>
- Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y. S., & Pittman, C. U. (2014). Organic and Inorganic Contaminants Removal From Water with Biochar, A Renewable, Low Cost and Sustainable Adsorbent - A Critical Review. *Bioresource Technology*, 160, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>
- Mulyadi, E., Laksmono, R., & Aprianti, D. (2009). Fungsi Mangrove sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1, 33–40. <http://eprints.upnjatim.ac.id/id/eprint/1263>. (Diakses pada Tanggal 14 Februari 2023).
- Nedjimi, B. (2021). Phytoremediation: A Sustainable Environmental Technology for Heavy Metals Decontamination. *SN Applied Sciences*, 3(3), 286. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04301-4>
- Nguyen, A., Le, B. V. Q., & Richter, O. (2020). The Role of Mangroves in The Retention of Heavy Metal (Chromium): A Simulation Study in The Thi Vai River Catchment, Vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijerph17165823>
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP.
- Nursagita, Y. S., & Titah, H. S. (2021). Kajian Fitoremediasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Pesisir Menggunakan Tumbuhan Mangrove (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Teluk Jakarta). *Jurnal Teknik ITS*, 10(1), G22–G28. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.59848>
- Pamuji, A., Muskananfolo, M. R., & A'in, C. (2015). Pengaruh Sedimentasi Terhadap Kelimpahan Makrozoobenthos di Muara Sungai Betahwalang Kabupaten Demak. *Jurnal Saintek Perikanan*, 10(2), 129–135.
- Pandey, V. C., & Bajpai, O. (2018). Phytoremediation: From Theory Toward Practice. In V. C. Pandey & K. Baudh (Eds.), *Phytomanagement of Polluted*

- Sites: Market Opportunities in Sustainable Phytoremediation* (pp. 1–49). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813912-7.00001-6>
- Paulus, J. J. H., Rumampuk, N. D. C., Pelle, W. E., Kawung, N. J., Kemer, K., & Rompas, R. M. (2020). *Buku Ajar: Pencemaran Laut*. Deepublish.
- Paz-Alberto, A. M., Celestino, A. B., & Sigua, G. C. (2014). Phytoremediation of Pb in The Sediment of A Mangrove Ecosystem. *Journal of Soils and Sediments*, 14(1), 251–258. <https://doi.org/10.1007/s11368-013-0752-9>
- Pourrut, B., Shahid, M., Dumat, C., Winterton, P., & Pinelli, E. (2011). Lead Uptake, Toxicity, and Detoxification in Plants. In *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (Vol. 213, pp. 113–136). EcoLab (Laboratoire d'écologie fonctionnelle). <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9860-6>
- Pramudji. (2017). Ekosistem Hutan Mangrove dan Peranannya. *Oseana*, XXVI(4), 13–23. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065288108604381>. (Diakses pada Tanggal 24 Oktober 2022).
- Pratama, S., Rosadi, B., & H, A. (2021). Perbandingan Hasil Tangkapan Udang menggunakan Alat Tangkap Sondong pada Ukuran Mata Jaring yang Berbeda di Kelurahan Tanjung Solok Kecamatan Kuala Jambi. *SEMAH: Journal Pengelolaan Sumberdaya Perairan*, 5(2), 12–20.
- Puspayanti, N. M., Tellu, H. A. T., & Suleman, S. M. (2013). Jenis-jenis Tumbuhan Mangrove di Desa Lebo Kecamatan Parigi Kabupaten Parigi Moutong dan Pengembangannya sebagai Media Pembelajaran. *E-Jipbiol*, 1, 1–9.
- Rachmawati, R., 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: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 80–87. <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.3341>
- Raharja, R. A., Hamim, H., Sulistyaningsih, Y. C., & Triadiati, T. (2020). Analisis Morfofisiologi, Anatomi, dan Histokimia pada Lima Spesies Tanaman Gulma sebagai Respons terhadap Merkuri dan Timbal. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3), 412–423. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.3.412>
- Rosadi, R. P., Lisna, L., Mairizal, M., & Ramadhan, F. (2022). Komposisi Hasil Tangkapan Menggunakan Alat Tangkap Belat di Perairan Kelurahan Tanjung Solok Kabupaten Tanjung Jabung Timur. *Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 10(1), 61–67. <https://doi.org/10.31258/jipas.10.1.p.61-67>
- Roswaty, S., Muskananfolo, M. R., & Purnomo, P. W. (2014). Tingkat Sedimentasi di Muara Sungai Wedung Kecamatan Wedung, Demak. *Diiponegoro Journal*

of *Maquares*, 3(2), 129–137.

- Rosyid, N. U. (2020). Fitoremediasi Kadmium oleh Akar *Avicenna marina* di Muara Kronjo. *Prosiding Simposium Nasional Ikan Dan Perikanan*, 485–505.
- Santi, S., Tiwow, V. M. A., & Gonggo, S. T. (2018). Analisis Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pantai Loli Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala. *Jurnal Akademika Kimia*, 6(4), 241–246. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2017.v6.i4.9456>
- Sari, S. H. J., Harlyan, L. I., & Yona, D. (2018). Potential Mangrove Species in Porong River Estuary As Inhibiting Agent of Heavy Metal (Pb, Cu and Zn) Pollution. *Journal of Tropical Agricultural Science*, 41(1), 271–286.
- Setiawan, H. (2013). Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 12–24.
- Sidik, F., Wigati, N., Zaky, A. R., Hidayat, J. J., Kadarisman, H. P., & Islamy, F. (2018). Panduan Mangrove Estuari Perancak. In *Balai Riset Dan Observasi Laut* (1st ed.). Balai Riset dan Observasi Laut. <http://www.bpol.litbang.kkp.go.id>. (Diakses pada Tanggal 5 Desember 2022).
- Simbolon, A. R., & Purbonegoro, T. (2021). Bioakumulasi Merkuri (Hg) pada Lamun *Enhalus acoroides* dan Mangrove *Rhizophora apiculata* di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *OLDI (Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia)*, 6(3), 137–147. <https://doi.org/10.14203/oldi.2021.v6i3.369>
- Singh, K. P., Mohan, D., Singh, V. K., & Malik, A. (2005). Studies on Distribution and Fractionation of Heavy Metals in Gomti River Sediments - A Tributary of The Ganges, India. *Journal of Hydrology*, 312(1–4), 14–27. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.01.021>
- Sosia, Yudasakti, P., Rahmadhani, T., & Nainggolan, M. (2014). *Mangroves Siak dan Kepulauan Meranti* (1st ed.). Penerbit Environmental & Regulatory Compliance Division Safety, Health & Environment Department, ENERGI MEGA PERSADA.
- Srivastav, A. L., & Ranjan, M. (2020). Inorganic water pollutants. In P. Devi, S. K. Kansal, & P. Singh (Eds.), *Inorganic Pollutants in Water* (pp. 1–15). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818965-8.00001-9>
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1), 38–45.

<https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>

- Supriyantini, E., & Soenardjo, N. (2015). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Buah Mangrove *Avicennia marina* Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2), 98–106.
- Susantoro, T. M., Sunarjanto, D., & Andayani, A. (2015). Distribusi Logam Berat Pada Sedimen di Perairan Muara Dan Laut Provinsi Jambi. *Jurnal Kelautan Nasional*, 10(1), 1–11.
- Syaifullah, M., Candra, Y. A., Soegianto, A., & Irawan, B. (2018). Kandungan Logam Non Esensial (Pb, Cd dan Hg) dan Logam Esensial (Cu, Cr dan Zn) Pada Sedimen di Perairan Tuban Gresik dan Sampang Jawa Timur. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 69–74. <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.4497>
- Tam, N. F. Y., & Wong, Y.-S. (1997). Accumulation and Distribution of Heavy Metals in a Simulated Mangrove System Treated with Sewage. In *Asia-Pacific Conference on Science and Management of Coastal Environment* (Vol. 352, pp. 67–75). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5234-1_8
- Titah, H. S., Pratikno, H., & Harnani, B. R. D. (2021). Uptake of copper and chromium by *Avicennia marina* and *Avicennia alba* at Wonorejo Estuary, East-coastal area of Surabaya, Indonesia. *Regional Studies in Marine Science*, 47, 101943. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101943>
- Tong, Y.-P., Kneer, R., & Zhu, Y.-G. (2004). Vacuolar Compartmentalization: A Second-Generation Approach to Engineering Plants for Phytoremediation. *Trends in Plant Science*, 9(1), 7–9. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2003.11.009>
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia*, 2(1), 141–153.
- Verkleij, J. A. C., & Schat, H. (1990). Mechanisms of Metal Tolerance in Higher Plants. In *Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects* (pp. 179–193). CRC Press Inc. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=kvsPo4Et5scC&oi=fnd&pg=PA179&ots=wG691DzPQY&sig=PgJaoSzRyQHqsiNIFzIzvwJSuno&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. (Diakses pada Tanggal 21 Februari 2023).
- White, A. T., Martosubroto, P., & Sadorra, M. S. (1989). *The Coastal Environmental Profile of Segara Anakan-Cilacap, South Java, Indonesia*. International Center for Living Aquatic Resources Management.

- Wulan, S. P., Thamrin, & Amin, B. (2013). Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn Pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak Sekitar Sermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang – Provinsi Riau. *Jurnal Kajian Lingkungan, Pekanbaru*, 1(1), 72–92.
- Wulandari, S. Y., Yulianto, B., & Sukristiyo. (2008). Pola Sebaran Logam Berat Pb dan Cd di Muara Sungai Babon dan Seringin, Semarang. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 13(4), 203–208.
- Xing, W., Yang, H., Ippolito, J. A., Zhang, Y., Scheckel, K. G., & Li, L. (2020). Lead Source and Bioaccessibility in Windowsill Dusts Within A Pb Smelting-Affected Area. *Environmental Pollution*, 266, 115110. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115110>
- Yalcin, M. G., Narin, I., & Soylak, M. (2008). Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments from Gumusler creek, Nigde, Turkey. *Environmental Geology*, 54(6), 1155–1163. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0884-6>
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00359>
- Yona, D., Sari, S. H. J., Kretarta, A., Effendy, C. R. P., Aini, M. N., & Adi, M. A. A. (2018). Distribusi dan Status Kontaminasi Logam Berat pada Sedimen di Sepanjang Pantai Barat Perairan Selat Bali, Banyuwangi. *TORANI: Journal of Fisheries and Marine Science*, 1(2), 21–30. <https://doi.org/10.35911/torani.v1i2.4439>
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *Science of The Total Environment*, 368, 456–464. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.016>
- Yudo, S. (2006). Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *JAI*, 2(1), 1–15.
- Zulkoni, A., Rahyuni, D., & Nasirudin, N. (2018). Pemangkasan Akar dan Inokulasi JMA sebagai Upaya Peningkatan Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri Akibat Penambangan Emas Oleh Tanaman Jati di Kokap Kulon Progo Yogyakarta. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 24(1), 17–22. <https://doi.org/10.22146/jml.23071>