

**POTENSI *Rhizophora apiculata* Blume. DALAM FITOREMEDIASI
LOGAM BERAT Pb DAN Cu DI KAWASAN CAGAR ALAM
HUTAN BAKAU PANTAI TIMUR, DESA ALANG-ALANG,
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:

**SEPTIANTIKA
08041381924083**



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

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Potensi *Rhizophora apiculata* Blume. dalam Fitoremediasi Logam Berat Pb dan Cu di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

Nama Mahasiswa : Septiantika

NIM : 08041381924083

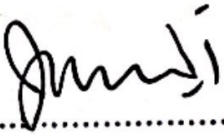
Jurusan : Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 30 Maret 2023.

Indralaya, Maret 2023

Pembimbing

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


(.....)

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Potensi *Rhizophora apiculata* Blume. dalam Fitoremediasi Logam Berat Pb dan Cu di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

Nama Mahasiswa : Septiantika

NIM : 08041381924083

Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Pembimbing dan Pembahas Sidang Sarjana Jurusan Biologi Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 30 Maret 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan

Indralaya, April 2023

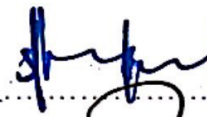
Pembimbing :

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


()

Pembahas :

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

()

2. Singgih Tri Wardana, S.Si., M.Si
NIP. 197109111999031004

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Arif Setiawan, M.Si
NIP. 197211221998031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Septiantika
NIM : 08041381924083
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 kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasi 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



Septiantika
NIM. 08041381924083

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Septiantika
NIM : 08041381924083
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:

“Potensi *Rhizophora apiculata* Blume. dalam Fitoremediasi Logam Berat Pb dan Cu di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, 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



Septiantika
NIM. 08041381924083

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Apabila orang lain bisa, kenapa kita tidak?”

Karena saya yakin bahwa “Jika Allah menghendaki maka segala sesuatu dapat terjadi” dan saya percaya bahwa “Allah tidak akan membebani seorang hamba melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Yasin: 82 dan QS. Al-Baqarah: 286)

Dengan rasa bahagia, skripsi ini kupersembahkan kepada:

1. Orang tuaku tercinta Ayah Supriyanto dan Ibu Triya Wulandari
2. Saudaraku tercinta mbak Ocpri, adik Tasya dan Dinda
3. Seluruh keluarga besarku
4. Bapak/Ibu Dosen dan Teman-teman seperjuangan
5. Almamaterku

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya untuk dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Potensi *Rhizophora apiculata* Blume. dalam Fitoremediasi Logam Berat Pb dan Cu Di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, Ayah Supriyanto dan Ibu Triya Wulandari yang selalu mendo’akan dan selalu memberikan dukungan. Terima kasih disampaikan kepada Drs.Juswardi, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, dan kesabarannya selama proses penyelesaian skripsi ini. Rasa syukur dan terima kasih juga disampaikan kepada :

1. Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Arum Setiawan, M. Si selaku ketua Jurusan Biologi dan Dr. Sarno, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Arwinsyah Arka, M.Kes sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
4. Dr. Sarno, M.Si dan Singgih Tri Wardana, S.Si., M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Para Dosen dan Staff serta karyawan Jurusan Biologi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan skripsi ini, disadari masih belum sempurna. Atas bantuan dari berbagai pihak, saya ucapkan terima kasih dan saya berharap skripsi ini bisa berguna untuk semua orang.

Indralaya, April 2023

Penulis

Potential of *Rhizophora apiculata* Blume. in Phytoremediation of Heavy Metals Pb and Cu in the Mangrove Forest Nature Reserve East Coast, Alang-Alang Village, Tanjung Jabung Timur, Jambi

**Septiantika
NIM. 08041381924083**

SUMMARY

The Mangrove Forest Nature Reserve East Coast (CAHBPT) in Jambi Province has functions, one of which is to improve water quality by absorbing dangerous heavy metals such as Pb and Cu which originate from human activities around the waters. This absorption can be done by using plants that can live in extreme conditions such as the *Rhizophora apiculata* Blume. plant in CAHBPT Jambi. The purpose of this study was to determine the potential and mechanism of *R. apiculata* in the phytoremediation of heavy metals Pb and Cu in the CAHBPT area, Alang-Alang Village, Tanjung Jabung Timur, Jambi. Sampling was carried out by purposive sampling method at three station points. Analysis of heavy metals was carried out using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) at the UPTD Environmental Laboratory, Department of Environment and Land of South Sumatra Province. The calculation of the Bioconservation Factor (BCF) aims to determine the potential of *R.apiculata* in accumulating Pb and Cu metals, as well as the calculation of the Translocation Factor (TF) to determine the phytoremediation mechanism of *R. apiculata* in CAHBPT, Alang-alang Village, Jambi. The results of this study found that the accumulation of Pb and Cu metals in sediments ranged from 11.04-12.36 mg/kg and 7.93-9.08 mg/kg. The accumulation of Pb and Cu metals in the roots of *R. apiculata* ranges from 2.34-2.65 mg/kg and 1.56-2.93 mg/kg. The accumulation of Pb and Cu metals in the leaves of *R. apiculata* ranged from 2.77-3.16 mg/kg and 0.61-1.05 mg/kg. The phytoremediation potential of *R. apiculata* at the research site is included in the excluder category or plants still limit the accumulation of heavy metals enter the body (BCF<1). *R. apiculata* at the research site translocated Pb metal using a phytoextraction mechanism (TF>1) and Cu metal using a phytostabilization mechanism (TF<1). This study shows that *R. apiculata* has the potential as a phytoremediation agent to prevent heavy metal pollution in the CAHBPT area, Alang-Alang Village, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

Keywords: Phytoremediation, East Coast Mangrove Forest Reserve area, heavy metals, *Rhizophora apiculata*.

Potensi *Rhizophora apiculata* Blume. dalam Fitoremediasi Logam Berat Pb dan Cu Di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi

**Septiantika
NIM. 08041381924083**

RINGKASAN

Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT) Provinsi Jambi memiliki fungsi salah satunya adalah meningkatkan kualitas perairan dengan cara menyerap logam berat berbahaya seperti Pb dan Cu yang berasal dari aktivitas manusia di sekitar perairan. Penyerapan ini dapat dilakukan dengan menggunakan tumbuhan yang mampu hidup dikondisi ekstrem seperti tumbuhan *Rhizophora apiculata* Blume. yang ada di CAHBPT Jambi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi dan mekanisme *R. apiculata* dalam fitoremediasi logam berat Pb dan Cu di kawasan CAHBPT, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada tiga titik stasiun. Analisis logam berat dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Provinsi Sumatera Selatan. Perhitungan Faktor Biokonservasi (BCF) bertujuan untuk mengetahui potensi *R. apiculata* dalam mengakumulasi logam Pb dan Cu, serta perhitungan Faktor Translokasi (TF) untuk mengetahui mekanisme fitoremediasi *R. apiculata* di CAHBPT, Desa Alang-alang, Provinsi Jambi. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa akumulasi logam Pb dan Cu pada sedimen berkisar antara 11,04-12,36 mg/kg dan 7,93-9,08 mg/kg. Akumulasi logam Pb dan Cu pada akar *R. apiculata* berkisar antara 2,34-2,65 mg/kg dan 1,56-2,93 mg/kg. Akumulasi logam Pb dan Cu pada daun *R. apiculata* berkisar antara 2,77-3,16 mg/kg dan 0,61-1,05 mg/kg. Potensi fitoremediasi *R. apiculata* di lokasi penelitian termasuk dalam kategori *excluder* atau tumbuhan masih membatasi akumulasi logam berat untuk masuk ke dalam tubuh ($BCF < 1$). *R. apiculata* di lokasi penelitian dalam mentranslokasikan logam Pb menggunakan mekanisme fitoekstraksi ($TF > 1$) dan logam Cu menggunakan mekanisme fitostabilisasi ($TF < 1$). Penelitian ini menunjukkan bahwa *R. apiculata* berpotensi sebagai agen fitoremediasi untuk mencegah pencemaran logam berat di Kawasan CAHBPT, Desa Alang-alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

Kata kunci: Fitoremediasi, kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, logam berat, *Rhizophora apiculata*.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN MAKALAH SEMINAR HASIL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTIANGAN AKADEMIS.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
SUMMARY.....	vii
RANGKUMAN.....	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.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	
2.1. Pencemaran di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur Provinsi Jambi.....	6
2.2. Logam Berat.....	7
2.3. <i>Rhizophora apiculata</i> Blume.....	9
2.4. Fitoremediasi.....	12
2.4.1. Fitostabilisasi.....	13
2.4.2. Fitoekstraksi.....	14
2.4.3. Rhizofiltrasi.....	14
2.4.4. Fitovolatilisasi.....	14
2.5. Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF).....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	
3.1. Waktu dan Tempat.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Cara Kerja.....	17

3.3.1. Penentuan Titik Sampel.....	17
3.3.2. Pengukuran Parameter Lingkungan.....	19
3.3.3. Pengambilan Sampel Sedimen.....	19
3.3.4. Pengambilan Sampel Akar dan Daun <i>Rhizophora apiculata</i>	19
3.3.5. Preparasi Sampel.....	20
3.3.5.1. Preparasi Sampel Sedimen.....	20
3.3.5.2. Preparasi Sampel Akar dan Daun <i>Rhizophora apiculata</i>	21
3.4. Analisis Data.....	22
3.4.1. Faktor Biokonsentrasi (BCF).....	22
3.4.2. Faktor Translokasi (TF).....	23
3.4.3. Penyajian Data.....	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	
4.1. Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu pada Sedimen.....	24
4.2. Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu pada Akar <i>Rhizophora apiculata</i>	29
4.3. Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu pada Daun <i>Rhizophora apiculata</i>	30
4.4. Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) Logam Berat Pb dan Cu pada <i>Rhizophora apiculata</i>	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	
5.1. Kesimpulan.....	38
5.2. Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN.....	50
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.3. Jenis Tumbuhan Mangrove yang ada di Kawasan CAHBPT Provinsi Jambi.....	10
3.1. Titik Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen, Akar dan Daun <i>Rhizophora apiculata</i> Blume	18
4.1. Faktor Lingkungan pH, Suhu, dan Salinitas pada Beberapa Stasiun di CAHBPT, Desa Alang-alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.....	26
4.2. Rata-rata Nilai BCF dan TF pada <i>Rhizophora apiculata</i> di CAHBPT, Desa Alang-alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.3.	Morfologi <i>Rhizophora apiculata</i> Blume.....	11
3.1.	Peta Lokasi penelitian pada titik 1, 2, dan 3 di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.....	18
4.1.	Konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada sedimen dari beberapa stasiun di CAHBPT, Desa Alang-alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.....	24
4.2.	Konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada Akar <i>Rhizophora apiculata</i> dari beberapa stasiun di CAHBPT, Desa Alang-alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.....	29
4.3.	Konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada Daun <i>Rhizophora apiculata</i> dari beberapa stasiun di CAHBPT, Desa Alang-alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kondisi Umum Lokasi Penelitian, Pengambilan Sampel, dan Pengukuran Parameter Lingkungan.....	50
2. Tahap Preparasi Sampel dan Analisis di Laboratorium.....	51
3. Data hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada sedimen dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	52
4. Data hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada akar <i>Rhizophora apiculata</i> dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	53
5. Data hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb dan Cu pada daun <i>Rhizophora apiculata</i> dengan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	54
6. Kurva kalibrasi logam Pb dan Cu.....	55
7. Baku mutu Logam Berat untuk sedimen, EPA (<i>Environmental Protection Authority</i>).....	56
8. Surat Izin Penelitian di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur Jambi.....	57
9. Surat Izin Penelitian di UPTD Laboratorium Lingkungan, Dinas Lingkungan Hidup dan Pertanahan Provinsi Sumatera Selatan.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hutan mangrove banyak terdapat di daerah tropis. Indonesia merupakan negara dengan hutan mangrove terluas di dunia, menempati 20 persen luas mangrove dunia. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), luas hutan mangrove di Indonesia adalah 3,31 juta hektar (Oktafiana, 2021). Provinsi Jambi termasuk salah satu hutan mangrove Indonesia yang berstatus cagar alam. Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT) Jambi terletak di Kabupaten Tanjung Jabung dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur (Fazriyas *et al.*, 2018).

Desa Alang-alang termasuk kawasan penyangga CAHBPT tepatnya di Kecamatan Muara Sabak Timur, Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Kawasan ini berperan penting bagi kehidupan masyarakat sekitarnya yang bermanfaat sebagai perlindungan dari abrasi, erosi, dan gelombang air laut, serta tempat berkembangnya organisme akuatik yang bernilai ekonomis untuk pemenuhan kebutuhan hidup (Fazriyas *et al.*, 2018). Selain itu, hutan bakau yang berada di desa alang-alang juga bermanfaat sebagai penyerap berbagai polutan dari daratan yang masuk ke dalam perairan, karena mangrove memiliki kemampuan adaptasi dan akumulasi yang tinggi sehingga mampu bertahan hidup di lingkungan air yang tercemar (Elfrida *et al.*, 2020).

Bakau minyak (*Rhizophora apiculata* Blume.) merupakan salah satu jenis mangrove yang tumbuh di ekosistem mangrove Desa Alang-Alang. Mangrove

jenis ini dapat bertahan pada kondisi lingkungan yang ekstrim. Penelitian oleh Syahrial *et al.* (2017), menyimpulkan bahwa secara keseluruhan kisaran parameter kualitas perairan masih dalam batas toleransi rentang hidup mangrove *R. apiculata*, dimana jenis mangrove ini memiliki korelasi yang kuat dengan parameter potensial redoks, DO, suhu, dan pH. Selain itu, penelitian oleh Keliat *et al.* (2016), menyimpulkan bahwa *R. apiculata* mampu mentoleransi dan tumbuh dengan baik di salinitas tingkat rendah yaitu 0,5 persen. Berbagai parameter lingkungan ini juga berpengaruh pada masalah pencemaran lingkungan.

Pencemaran air merupakan salah satu masalah lingkungan yang saat ini sering terjadi. Beberapa penyebab dari pencemaran air yang sering timbul diantaranya, industrial, pestisida dan pupuk, limbah domestik, pertambangan, limbah radioaktif, perubahan iklim, dan lain-lain. Penyebab utama pencemaran air yang sering terjadi berasal dari limbah domestik, karena sebagian besar limbah domestik mengalir ke sungai. Limbah domestik terdiri dari limbah padat, racun, sampah plastik, kontaminasi bakteri, dan bahan beracun yang menyebabkan pencemaran pada air (Kilic, 2021).

Aktivitas manusia di daratan menjadi penyebab pencemaran air yang menimbulkan berbagai limbah, sehingga logam-logam berat berpeluang masuk ke dalam perairan. Kualitas air dapat menurun karena adanya pengotor berupa komponen organik dan anorganik. Komponen anorganik mengandung logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan, seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), tembaga (Cu), arsen (As), chromium (Cr), Nikel (Ni), dan cadmium (Cd).

Logam-logam berat tersebut mudah terakumulasi dalam perairan sehingga berbahaya bagi kehidupan organisme perairan dan manusia (Ramlia *et al.*, 2018).

Logam berat di dalam air akan terakumulasi di dasar perairan. Sedimen yang berada di dasar perairan merupakan perangkap bagi logam berat yang mengendap dan membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik dan anorganik melalui adsorpsi dan kombinasi. Selain itu, sedimen juga berperan sebagai habitat bagi biota perairan (Munandar *et al.*, 2016). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan atau menghilangkan polutan yang mencemari lingkungan adalah dengan bioremediasi. Bioremediasi adalah salah satu teknik alternatif untuk mengatasi permasalahan lingkungan dengan menggunakan mikroorganisme dan tumbuhan (Sanadi *et al.*, 2018).

Tumbuhan yang dimanfaatkan dalam proses menghilangkan polutan yang bersumber dari udara, air, dan tanah yang terkontaminasi disebut dengan istilah fitoremediasi. Tumbuhan dapat menyerap dan mendegradasi bahan organik dan nutrisi serta menyerap logam berat, sehingga tumbuhan dapat digunakan dalam mengendalikan dan memulihkan lingkungan yang tercemar (Herlina *et al.*, 2020). Namun, tidak semua tumbuhan dapat dijadikan agen fitoremediasi. Jenis tumbuhan yang dapat melakukan remediasi disebut sebagai hiperakumulator, yaitu tumbuhan yang dapat memindahkan unsur tertentu dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah tanpa menyebabkan fitotoksisitas pada tumbuhan tersebut. Mangrove termasuk salah satu tumbuhan hiperakumulator (Hastuti *et al.*, 2013).

Ekosistem mangrove berperan penting sebagai penyaring dan pengendali pencemaran alami karena karakteristik sistem perakarannya yang mampu

mengendalikan kualitas air dan bertindak sebagai perangkap pada sedimen dan partikel yang terbawa arus ke laut. Kemampuan remediasi mangrove pada sedimen ini, didasarkan pada hubungan antara logam dan sedimen yang disebabkan oleh proses fisik dan biogeokimia. Selain sedimen, mangrove dapat mengakumulasi logam berat pada batang dan daunnya (Martuti *et al.*, 2019).

Kemampuan mangrove untuk menyerap logam berat berbeda pada setiap spesies, dan kadar logam berat antar organ tumbuhan juga berbeda di setiap spesies. Penelitian oleh Ariyanto *et al.* (2021), tentang kemampuan mangrove jenis *R. apiculata* dalam menyerap logam berat di pantai timur Asahan Sumatera Utara mendapatkan hasil bahwa logam berat Pb terakumulasi paling tinggi di bagian akar, sedangkan daya serap logam berat Pb pada kulit kayu, daun, dan buah rendah. Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh Setiawan (2013), menyatakan bahwa akumulasi logam berat tertinggi pada jaringan tumbuhan mangrove terdapat pada akar, karena jaringan akar merupakan bagian tumbuhan yang mengalami interaksi langsung dengan sedimen tercemar, yang kemudian berpindah ke bagian lain.

Penelitian oleh Khan *et al.* (2020), dinyatakan bahwa *R. apiculata* lebih efisien dalam mengekstraksi logam berat Mn dibandingkan dengan Cu, Fe, dan Zn. Kadar logam berat Mn tertinggi berada pada daun mangrove *R. apiculata* dari pada di sedimen. Adapun penelitian oleh Simangunsong (2015), mengenai kandungan logam berat Pb dan Cu pada *R. apiculata* tingkat pancang dan pohon mendapatkan hasil bahwa nilai BCF Pb lebih tinggi pada pohon sedangkan nilai BCF Cu lebih tinggi pada pancang *R. apiculata*.

1.2. Rumusan Masalah

Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur memiliki fungsi salah satunya untuk memperbaiki kualitas perairan agar tidak tercemar, dengan menyerap logam berat berbahaya seperti Pb dan Cu yang masuk ke perairan akibat aktivitas masyarakat sekitar perairan. Mengatasi hal tersebut dapat memanfaatkan *R. apiculata* sebagai fitoremediator. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian mengenai bagaimana potensi dan mekanisme *R. apiculata* dalam fitoremediasi logam berat Pb dan Cu di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi dan mekanisme *Rhizophora apiculata* Blume. dalam fitoremediasi logam berat Pb dan Cu di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai potensi dan mekanisme *Rhizophora apiculata* Blume. dalam fitoremediasi logam berat Pb dan Cu sebagai upaya mengatasi pencemaran lingkungan perairan di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur, Desa Alang-Alang, Tanjung Jabung Timur, Jambi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi, N. O., Atayese, M. O., Sakariyawo, O. S., Azeez, J. O., Abayomi Sobowale, S. P., Olubode, A., Mudathir, R., Adebayo, R., & Adeoye, S. (2021). Alleviation of heavy metal stress by arbuscular mycorrhizal symbiosis in Glycine max (L.) grown in copper, lead and zinc contaminated soils. *Rhizosphere*, 18, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100325>
- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia* (S. Kholishotunnisa (ed.); Vol. 21, Issue 1). Lambung Mangkurat University Press Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan Unlam. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Adriani, E., Susilawati, S., & Fahmi, A. (2021). Struktur Pendapatan Rumah Tangga dan Tingkat Kesejahteraan Petani Di Kecamatan Muara Sabak Timur Kabupaten Tanjung Jabung Timur. *Jurnal Manajemen Dan Sains*, 6(1), 123–129. <https://doi.org/10.33087/jmas.v6i1.237>
- Almahasheer, H., Serrano, O., Duarte, C. M., & Irigoien, X. (2018). Remobilization of Heavy Metals by Mangrove Leaves. *Frontiers in Marine Science*, 5, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00484>
- Analuddin, K., Sharma, S., Jamili, Septiana, A., Sahidin, I., Rianse, U., & Nadaoka, K. (2017). Heavy Metal Bioaccumulation in Mangrove Ecosystem at The Coral Triangle Ecoregion, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.065>
- Anouti, F. Al. (2014). Bioaccumulation of Heavy Metals within Mangrove Ecosystems. *Journal of Biodiversity & Endangered Species*, 02(02). <https://doi.org/10.4172/2332-2543.1000e113>
- Ariyanto, D., Gunawan, H., & Purba, D. W. (2021). Heavy Metal (Pb) in the *Rhizophora apiculata* Mangrove in Asahan, North Sumatera, Indonesia. *Proceedings of the International Seminar on Promoting Local Resources for Sustainable Agriculture and Development*, 13, 373–378. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210609.058>
- Arkianti, N., Dewi, N. K., & Tri Martuti, N. K. (2019). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lamat Kabupaten Magelang. *Life Science*, 8(1), 65–74. <https://doi.org/10.15294/lifesci.v8i1.29991>
- 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). <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>

- Baragano, D., Ratie, G., Sierra, C., Chrastny, V., Komarek, M., & Gallego, J. R. (2022). Multiple Pollution Sources Unravelling by Environmental Forensics Techniques and Multivariate Statistics. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127413. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127413>
- Bhat, S. A., Bashir, O., Ul Haq, S. A., Amin, T., Rafiq, A., Ali, M., Américo-Pinheiro, J. H. P., & Sher, F. (2022). Phytoremediation of Heavy Metals in Soil and Water: An Eco-friendly, Sustainable and Multidisciplinary Approach. *Chemosphere*, 303, 134788. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134788>
- BKSDA, J. (2003). *Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur*. BKSDA Jambi. https://bksdajambi.com/hutan_bakau_pantai_timur.php#
- Budhiawan, A., Susanti, A., & Hazizah, S. (2022). Analisis Dampak Pencemaran Lingkungan Terhadap Faktor Sosial dan Ekonomi pada Wilayah Pesisir di Desa Bagan Kuala Kecamatan Tanjung Beringin Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 240–249. <https://www.jptam.org/index.php/jptam/article/view/2859>
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2012). *Reefs at Risk Revisited in The Coral Triangle*. World Resources Institute. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3150666&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- Cahyani, M. D., Nuraini, R. A. T., & Yulianto, B. (2012). Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal of Marine Research*, 1(2), 73–79. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/2022>
- Caroline, J., & Moa, G. A. (2015). Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*, 10(3), 733–744. <https://adoc.pub/fitoremediasi-logam-timbal-pb-menggunakan-tanaman-melati-air.html> (Diakses pada 21 Februari 2023).
- Chugh, M., Kumar, L., Shah, M. P., & Bharadvaja, N. (2022). Algal Bioremediation of Heavy Metals: An Insight Into Removal Mechanisms, Recovery of by-Products, Challenges, and Future Opportunities. *Energy Nexus*, 7, 100129. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100129>
- Clara, J. O., Haeruddin, & Ayuningrum, D. (2022). Analisis Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Tiram (*Crassostrea sp.*) di Sungai Tapak, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(1), 55–65. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2022.006.01.7>

- 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*, 2(9), 362--368. <https://www.annalsofplantsciences.com/index.php/aps/article/view/87/73> (Diakses pada 14 Maret 2023).
- Dewi, N. P. S. S., Perwira, I. Y., & Ernawati, N. M. (2020). Kandungan Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Pantai Karang, Sanur, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 3(1), 76–80. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/CTAS/article/view/52480> (Diakses pada 19 Februari 2023).
- Dudani, S. N., Lakhmapurkar, J., Gavali, D., & Patel, T. (2017). Heavy Metal Accumulation in the Mangrove Ecosystem of South Gujarat Coast, India. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(1), 51–60. <https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17>
- Eapen, S., & D'Souza, S. F. (2005). Prospects of Genetic Engineering of Plants for Phytoremediation of Toxic Metals. *Biotechnology Advances*, 23(2), 97–114. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2004.10.001>
- Elfrida, Setyoko, & Indriaty. (2020). Analisis Serapan Logam Pb, Cu dan Zn pada Tumbuhan Buguiera gymnorriza dan Rhizophora apiculata di Hutan Mangrove Kuala Langsa. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 17(2), 117–125. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v17i2.3749>
- Fazriyas, F., Destiani, R., & Albayudi, A. (2018). Penilaian Ekonomi Ekosistem Hutan Mangrove di Kawasan Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur Desa Alang-Alang Kecamatan Muara Sabak Timur Kabupaten Tanjung Timur. *Jurnal Sylva Tropika*, 2(3), 59–66. <https://online-journal.unja.ac.id/STP/article/view/6355> (Diakses pada 6 Desember 2022).
- Ghosh, M., & Singh, S. P. (2005). Comparative Uptake and Phytoextraction Study Of Soil Induced Chromium By Accumulator and High Biomass Weed Species. *Applied Ecology and Environmental Research*, 3(2), 67–79. https://doi.org/10.15666/aeer/0302_067079
- 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 19 Februari 2023).
- 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). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.23855>

- Hastuti, E. D., Anggoro, S., & Pribadi, R. (2013). Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 331–336. [http://eprints.undip.ac.id/40685/1/050-Endah Dwi Hastuti.pdf](http://eprints.undip.ac.id/40685/1/050-Endah_Dwi_Hastuti.pdf) (Diakses pada 6 desember 2022).
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2011). *Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-jenis Mangrove*. 8(2), 177–188.
- Herlina, L., Widianarko, B., & Sunoko, H. R. (2020). Phytoremediation potential of cordyline fruticosa for lead contaminated soil. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 42–49. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.23422>
- Huang, G.-Y., & Wang, Y.-S. (2010). Expression and characterization analysis of type 2 metallothionein from grey mangrove species (*Avicennia marina*) in response to metal stress. *Aquatic Toxicology*, 99(1), 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.04.004>
- Ishak, J., Amin, B., & Thamrin. (2014). Analisis Logam Berat pada Air dan Sedimen di Perairan Pantau Pulau Singkep Kepulauan Riau. *Berkala Perikanan Terubuk*, 42(2), 18–27.
- Ismail, I., Mangesa, R., & Irsan. (2020). Bioakumulasi Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Mangrove Jenis *Rhizophora mucronata* Di Teluk Kayeli Kabupaten Buru. *Jurnal Biology Science and Education*, 9(2), 139–152. <https://doi.org/10.33477/bs.v9i2.1637>
- Ivorra, L., Cardoso, P. G., Chan, S. K., Cruzeiro, C., & Tagulao, K. A. (2021). Can Mangroves Work as an Effective Phytoremediation Tool for Pesticide Contamination? An Interlinked Analysis Between Surface Water, Sediments and Biota. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126334>
- Jiang, W., & Wu, T. (2021). Community-Based Management of Protected Areas: The Case of The Mangrove National Nature Reserve on The Qinghai-Tibetan Plateau. *Journal for Nature Conservation*, 64, 126087. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126087>
- Jiang, X., Zhang, P., & Huang, J. (2022). Prediction Method of Environmental Pollution in Smart City Based on Neural Network Technology. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 100799. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100799>
- Jupriyati, R., Soenardjo, N., & Suryono, C. A. (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. <https://doi.org/10.14710/jmr.v3i1.4598>

- Keliat, D. A., Basyuni, M., & Utomo, B. (2016). Pengaruh Salinitas Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Akar Semai Mangrove *Rhizophora apiculata* Blume. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(4). <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/PFSJ/article/view/15656> (Diakses pada 6 Desember 2022).
- Kennish, M. J. (2017). *Estuaries: Anthropogenic Impacts*. Springer International. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48657-4_140-2
- Khan, W. R., Rasheed, F., Zulkifli, S. Z., Kasim, M. R. bin M., Zimmer, M., Pazi, A. M., Kamrudin, N. A., Zafar, Z., Faridah-Hanum, I., & Nazre, M. (2020). Phytoextraction Potential of *Rhizophora Apiculata*: A Case Study in Matang Mangrove Forest Reserve, Malaysia. *Tropical Conservation Science*, 0, 1–8. <https://doi.org/10.1177/1940082920947344>
- Khotimah, H., Rochaddi, B., & Wulandari, S. Y. (2022). Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cu) Pada Sedimen di Perairan Muara Sungai Genuk, Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 463–470. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i3.16716>
- Kilic, Z. (2021). Water Pollution: Cause, Negative Effects and Prevention Methods. *Istanbul Sabahattin Zaim University Journal Of The Institute Of Science and Technology*, 3(2), 129–132. <https://doi.org/10.47769/izufbed.862679>
- Kristanti, R. A., Mursidi, & Sarwono. (2007). Kandungan Beberapa Logam Berat pada Bakau (*Rhizophora apiculata*) Di Perairan Bontang Selatan , Kalimantan Timur. *Jurnal Kehutanan Unmul*, 3(2), 185–201. <https://adoc.pub/kandungan-beberapa-logam-berat-di-perairan-pesisir-timur-pul.html> (Diakses pada 19 Februari 2023).
- Liong, S., Noor, A., Taba, P., & Abdullah, A. (2010). *Studi Fitoakumulasi Pb dalam Kangkung Darat (Ipomoea reptans Poir)*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- 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>
- Maddusa, S. S., Paputungan, M. G., Syaifuddin, A. R., Maambuat, J., & Alla, G. (2017). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn) dan Arsen (As) pada Ikan dan Air Sungai Tondano , Sulawesi Utara. *Al Shihah: Public Health Science Journal*, 9(2), 153–159. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/Al-Sihah/article/view/3766>
- Manikasari, G. P., & 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 (JNTT)*, 2(2), 105–117. <https://doi.org/10.22146/jntt.42721>

- Martuti, N. K. T., Setyowati, D. L., & Nugraha, S. B. (2019). *Ekosistem Mangrove (Keanekaragaman, Fitoremediasi, Stok Karbon, Peran dan Pengelolaan)*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Negeri Semarang. http://lib.unnes.ac.id/33810/1/PDF_EKOSISTEM_MANGROVE.pdf
- Mellem, J. J., Bajjnath, 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>
- Meng, S., Peng, T., Pratush, A., Huang, T., & Hu, Z. (2021). Interactions Between Heavy Metals and Bacteria in Mangroves. *Marine Pollution Bulletin*, 172, 112846. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112846>
- 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>
- Munandar, A., Ali, M. S., & Karina, S. (2016). Struktur Komunitas Makrozoobenthos Di Estuari Kuala Rigaih Kecamatan Setia Bakti Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 1(3), 331–336. <https://jim.unsyiah.ac.id/fkp/article/view/1605>
- Muthusaravanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J., Gayathri, V., & Al-Duaij, O. K. (2018). Phytoremediation of Heavy Metals: Mechanisms, Methods and Enhancements. *Environmental Chemistry Letters*, 16(4), 1339–1359. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>
- Nadhila, U., & Titah, H. S. (2021). Kajian Penambahan EDTA Pada Fitoremediasi Logam Berat Timbal. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), 2–7. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.53280>
- Natsir, N. A., Hanike, Yu., Rijal, M., & Bachtiar, S. (2020). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Pada Air, Sedimen Dan Organ Mangrove Di Perairan Tulehu. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(2), 149. <https://doi.org/10.33477/bs.v8i2.1144>
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2006). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia* (Issue May). Wetlands International Indonesia Programme.
- Nopianti, H., Sri Handayani, H., & Widiono, S. (2015). Nilai-Nilai Lokal Masyarakat Pesisir dalam Upaya Pelestarian Sumberdaya Pesisir Di Kota Bengkulu. *Jurnal Sosiologi Nusantara*, 1(1), 38–47. <https://doi.org/10.33369/jsn.1.1.38-47>
- Nursanti, Adriadi, A., & Yunita, A. (2021). Pemanfaatan Tumbuhan Pangan pada

- Masyarakat Sekitar Cagar Alam Hutan Bakau Pantai Timur (CAHBPT) Kecamatan Mendahara Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi. *Jurnal Silva Tropika*, 5(1), 321–327. <https://www.online-journal.unja.ac.id/STP/article/view/12194>
- Oktafiana, W. D. (2021). *KKP Dukung Rehabilitasi Mangrove untuk Kesehatan Pesisir dan Peningkatan Ekonomi Masyarakat*. Kementerian Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia. <https://kkp.go.id/artikel/27787-kkp-dukung-rehabilitasi-mangrove-untuk-kesehatan-pesisir-dan-peningkatan-ekonomi-masyarakat> (Diakses pada 4 Desember 2022).
- Patty, J. O., Siahaan, R., & Maabuat, P. V. (2018). Kehadiran Logam-Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn) Pada Air dan Sedimen Sungai Lowatag, Minahasa Tenggara - Sulawesi Utara. *Jurnal Bios Logos*, 8(1). <https://doi.org/10.35799/jbl.8.1.2018.20592>
- Peer, W. A., Baxter, I. R., Richards, E. L., Freeman, J. L., & Murphy, A. S. (2005). *Phytoremediation and Hyperaccumulator Plants* (pp. 299–340). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/4735_100
- Puspita, A. D., Santoso, A., & Yulianto, B. (2013). Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Journal Of Marine Research*, 3(1), 44–53. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/view/4596>
- Rachmaningrum, M., Wardhani, E., & Pharmawati, K. (2015). Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Februari*, 3(1), 1–11.
- Rachmawati, R., Yona, D., & Kasitowati, R. D. (2018). Potensi Mangrove *Avicennia alba* sebagai Agen Fitoremediasi Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) di Perairan Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Kelautan*, 11(1), 80–87. <https://doi.org/10.13170/depik.7.3.10555>
- Rahman, F. A., Listari, N., & Jannah, S. W. (2022). Bioakumulasi Logam Berat (Pb) pada Vegetasi Mangrove Famili Rhizophoraceae Di Teluk Lembar Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(2), 1273–1284.
- Ramli, Amir, R., & Djalla, A. (2018). Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Wilayah Pesisir Parepare. *Jurnal Ilmiah Manusia Dan Kesehatan*, 1(3), 255–264. <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/makes>
- Riungu, P. M., Nyaga, J. M., Githaiga, M. N., & Kairo, J. G. (2022). Value Chain and Sustainability of Mangrove Wood Harvesting in Lamu, Kenya. *Trees, Forests and People*, 9, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100322>
- Riwayati. (2014). Manfaat Dan Fungsi Hutan Mangrove Bagi Kehidupan. *Jurnal Keluarga Sehat Sejahtera*, 12(24), 17–23. <https://doi.org/org/10.24114/jkss.v12i24.3574>

- Sambu, A. H., Sribianti, I., & Chadijah, A. (2018). *Model Pengelolaan Mangrove Berbasis Ekologi dan Ekonomi*. Inti Mediatama.
- Sanadi, T., Schaduw, J., Tilaar, S., Mantiri, D., Bara, R., & Pelle, W. (2018). Analisis logam berat timbal (Pb) pada akar mangrove di Desa Bahowo dan Desa Talawaan Bajo Kecamatan Tongkaina. *JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS*, 6(2), 9. <https://doi.org/10.35800/jplt.6.2.2018.21382>
- Saran, A., Fernandez, L., Cora, F., Savio, M., Thijs, S., Vangronsveld, J., & Merini, L. J. (2020). Phytostabilization of Pb and Cd Polluted Soils Using *Helianthus Petiolaris* as Pioneer Aromatic Plant Species. *International Journal of Phytoremediation*, 22(5), 459–467. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1675140>
- Sari, N. D. (2019). Uji Fitoremediasi pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Genjer (*Limnocharis flava* L.) untuk Mengurangi Kadar Pencemaran Air Sebagai Penunjang Mata Kuliah Ekologi dan Masalah Lingkungan. In *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Sembiring, S. M., Melki, & Fitri, A. (2012). Kualitas Perairan Muara Sungsang ditinjau dari Konsentrasi Bahan Organik pada Kondisi Pasang Surut. *Maspari Journal*, 4(2), 238–247.
- Setiawan, H. (2013). Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 12–24. <https://doi.org/org/10.22146/jik.6134>
- Shu, Y., Wang, X., Huang, Z., Song, L., Fei, Z., Gan, L., Xu, Y., & Yin, J. (2022). Estimating Spatiotemporal Distribution of Wastewater Generated by Ships in Coastal Areas. *Ocean & Coastal Management*, 222, 106133. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106133>
- Sidik, F., Wigati, N., Zaky, A. R., Hidayat, J. J., Kadarisman, H. P., & Islamy, F. (2018). *Panduan Mangrove Estuari Perancak*. Balai Riset dan Observasi Laut. <http://bpol.litbang.kkp.go.id>
- Sikhosana, M. L. M., A, B., Monyatsi L, M., & Coetzee, M. A. A. (2020). Evaluating The Effect of Seasonal Temperature Changes on The Efficiency of a Rhizofiltration System in Nitrogen Removal from Urban Runoff. *Journal of Environmental Management*, 274, 111192. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111192>
- Simangunsong, N. V. (2015). *Akumulasi Logam Berat Cu dan Pb pada Rhizophora apiculata Tingkat Pancang dan Pohon*. Universitas Sumatera Utara.
- SNI. (2004a). *Cara uji tembaga (Cu) secara destruksi asam dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)* (p. SNI 06-6992.5-2004). Badan Standarisasi Nasional.
- SNI. (2004b). *Cara uji timbal (Pb) secara destruksi asam dengan*

- Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)* (p. SNI 06-6992.3-2004). Badan Standarisasi Nasional.
- Suharjo, M. H., Ernawati, R., & Nurkhamin. (2022). Cekaman Logam Berat Cromium Terhadap Tanaman (Chromium Heavy Metal Stress on Plants). *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 10(1), 8–16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30872/jtm.v10i1.7496>
- Suresh, B., & Ravishankar, G. A. (2004). Phytoremediation - A Novel and Promising Approach for Environmental Clean-Up. *Critical Reviews in Biotechnology*, 24(2–3), 97–124. <https://doi.org/10.1080/07388550490493627>
- Syahrial, Sustriani, Y., Susammesin, V. A., Taher, D. P., Atikah, N., Lubis, K. M., Ilahi, I., Mulyadi, A., Amin, B., & Siregar, S. H. (2017). Regenerasi Alami Semai *Rhizophora apiculata* Di Kawasan Industri Perminyakan dan Kawasan Non Industri Provinsi Riau. *Jurnal Enggano*, 2(2), 208–217. <https://doi.org/10.31186/jenggano.2.2.208-217>
- Tangahu, B. V., Sheikh Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 1–31. <https://doi.org/10.1155/2011/939161>
- Thao, N. P., Linh, K. T. P., Quan, N. H., Trung, V. T., Binh, P. T., Cuong, N. T., Nam, N. H., & Van Thanh, N. (2022). Cytotoxic Metabolites from The Leaves of The Mangrove *Rhizophora apiculata*. *Phytochemistry Letters*, 47, 51–55. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2021.10.014>
- Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. (2018). Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat Di Perairan Utilization of Mangroves To Reduce Heavy Metals in The Waters. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia*, 2(1), 141–153.
- Wulandari, S. Y., Yulianto, B., & Sukristiyo. (2008). Pola Sebaran Logam Berat Pb dan Cd di Muara Sungai Babon dan Seringin, Semarang. *Ilmu Kelautan*, 13(4), 203–208.
- Yan-de, J., Zhen-li, H., & Xiao-e, Y. (2007). Role of Soil Rhizobacteria in Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils. *Journal of Zhejiang University. Science.*, 8(3), 192–207. <https://doi.org/10.1631/jzus.2007.B0192>
- 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>
- 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(2–3), 456–464.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.016>
- Yulaeni, S. N., Hastuti, E. D., Izzati, M., & Darmanti, S. (2022). Daya Akumulasi Kadmium (Cd) Tanaman Mangrove *Rhizophora mucronata* (Lamk.) di Perairan Laut dan Lahan Tambak Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 7(2), 159–167.
<https://doi.org/10.14710/baf.7.2.2022.159-167>
- Yunasfi, Leidonald, R., Dalimunthe, A., & Rakesya, N. (2022). *Rhizophora Apiculata* on Copper and Lead Heavy Metal Substances and Their Effect on Water Quality in Belawan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 995(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/995/1/012043>
- Zhang, P., Li, W., Qiu, H., Liu, M., Li, Y., & He, E. (2022). Metal Resistant Gut Microbiota Facilitates Snails Feeding on Metal Hyperaccumulator Plant *Sedum Alfredii* in The Phytoremediation Field. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 236, 0–9.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113514>
- Zhang, W., Zhang, D., Han, S., Zhang, C., & Shan, B. (2022). Evidence of Improvements in The Water Quality of Coastal Areas Around China. *Science of The Total Environment*, 832, 155147.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155147>
- Zhang, Y., Zhang, H., Zhang, Z., Liu, C., Sun, C., Zhang, W., & Marhaba, T. (2018). pH Effect on Heavy Metal Release from a Polluted Sediment. *Journal of Chemistry*, 2018, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2018/7597640>
- Zulkoni, A., Rahyuni, D., & Nasirudin. (2017). Pengaruh Pemangkasan Akar dan Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula terhadap Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri Di Kokap Kulonprogo Yogyakarta. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 24(1), 17–22. <https://doi.org/10.22146/jml.23071>