

**KORELASI AKTIVITAS PEROKSIDASE DAN POLIFENOL  
OKSIDASE DENGAN AKUMULASI LOGAM BERAT Cu DAN Pb  
PADA *Avicennia marina* (Forssk) Vierh DI PULAU PAYUNG,  
SUMATERA SELATAN**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapat Gelar Sarjana Sains  
di Jurusan Biologi pada FMIPA  
Universitas Sriwijaya

Oleh :  
**RISKI TRI LARAS NINGSI**  
0804138431722066



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUANALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Korelasi Aktivitas Peroksidase Dan Polifenol Oksidase Dengan Akumulasi Logam Berat Cu dan Pb di Pulau Payung, Sumatera Selatan

Nama Mahasiswa : Riski Tri Laras Ningsi

NIM 08041381722066

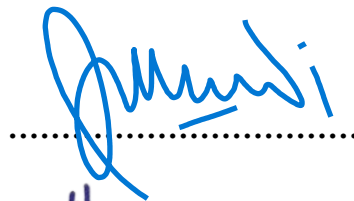
Jurusan : Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 20 Juli 2022

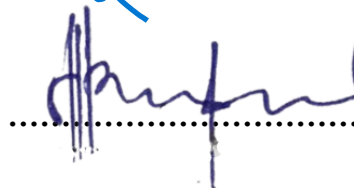
Indralaya, Agustus 2022

Pembimbing :

1. **Dr. Juswardi, M.Si.**  
NIP. 196309241990021001



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



## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI


Judul : Korelasi Aktivitas Peroksidase dan Polifenol Oksidase dengan Akumulasi Logam Berat Cu dan Pb di Pulau Payung, Sumatera Selatan  
Nama Mahasiswa : Riski Tri Laras Ningsi  
NIM : 08041381722066  
Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji pada Sidang Sarjana di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Juli 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, Agustus 2022


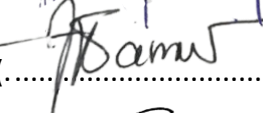

Ketua:

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

()

Anggota

1. Dr. Sarno, M.Si.
2. NIP. 196507151992031004
3. Dra. Nina Tanzerina, M.Si.  
NIP. 196402061990032001
4. Doni Setiawan, S.Si., M.Si.  
NIP. 198001082003121002

()  
()  
()

Indralaya, Agustus 2022

Mengetahui,

Ketua Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Sriwijaya



Dr. Arum Setiawan, S.Si., M.Si.

NIP. 197211221998031001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Riski Tri Laras Ningsi  
NIM : 08041381722066  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi

Menyatakan bahwa skripsi saya 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 yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Indralaya, Agustus 2022



Riski Tri Laras Ningsi  
08041381722066

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan

Nama Mahasiswa : Riski Tri Laras Ningsi  
NIM : 08041381722066  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi  
Jenis Karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif ( *non- exclusively royalty- free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Korelasi Aktivitas Peroksidase dan Polifenol Oksidase dengan Akumulasi Logam Berat Cu dan Pb Pada *Avicennia marina* (Forssk) Vierh di Pulau Payung, Sumatera Selatan”.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non eksklusif Universitas Sriwijaya berhak menyimpan mengalihmedia/ 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, Agustus 2022



Riski Tri Laras Ningsi

08041381722066

## HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua Orang Tua, Keluarga, Dosen, Sahabat,

Teman dan semua pihak yang sering bertanya:

“Kapan Sempro?”, “Kapan Sidang?”, “Kapan Wisuda?”

Kalian adalah alasan saya segera menyelesaikan skripsi ini.

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya”.

(QS. Al- Baqarah: 286)

What you think, you become.

What you feel, you attract.

What you imagine, you create.

(Gautama Buddha)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan karunia-Nya, skripsi tentang “Korelasi Aktivitas enzim peroksidase dan Polifenol Oksidase dengan Akumulasi Logam Berat Cu dan Pb Pada *Avicenia marina* (Forssk) Vierh di Pulau Payung, Sumatera Selatan” dapat diselesaikan, yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar sarjana.

Terimakasih kepada kedua orang tua (Bambang Siswanto dan Marwati), kakak (Rini Anggraini dan Ahmad Rofiq Gunawan) dan adik (Rina Agustina) yang telah banyak memberi bantuan berupa materi dan doa. Terimakasih kepada dosen pembimbing Drs. Juswardi, M.Si. dan Dr. Sarno, M.Si yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan dan juga saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada yang terhormat:

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 dan Dr. Sarno, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Dr. rer. nat. Indra Yustian, M.Si. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Dra. Nina Tanzerina, M.Si. dan Dra. Harmida, M.Si. dan Doni Setiawan, S.Si, M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah membimbing dan memberikan saran.
5. Seluruh dosen Jurusan Biologi beserta karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
6. Tim fitoremediasi serta Biologi 2017 yang membantu dalam penelitian.

Indralaya, Agustus 2022

  
Riski Tri Laras Ningsi

Universitas Sriwijaya

## RINGKASAN

KORELASI AKTIVITAS PEROKSIDASE DAN POLIFENOL OKSIDASE DENGAN AKUMULASI LOGAM BERAT Cu DAN Pb PADA *Avicennia marina* (Forssk) Vierh DI PULAU PAYUNG, SUMATERA SELATAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Agustus 2022

Riski Tri Laras Ningsi Dibimbing oleh Drs. Juswardi, M.Si. dan Dr. Sarno, M.Si.

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

XIV+50 Halaman, 4 Tabel, 8 Gambar, 4 Lampiran

### RINGKASAN

Pencemaran logam berat yang terjadi di Pulau Payung erat kaitannya dengan kegiatan perindustrian. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan logam berat adalah dengan cara fitoremediasi. *Avicennia marina* (Forssk) Vierh mempunyai kemampuan beradaptasi terhadap pencemaran logam berat. Respons fisiologis *A. marina* terhadap stress logam berat menyebabkan terjadinya perubahan aktivitas enzim radikal bebas terutama peroksidase (PO) dan polifenol oksidase (PPO) sehingga dilakukan penelitian yang bertujuan mengetahui hubungan PO dan PPO dengan akumulasi logam berat Cu dan Pb pada *A. marina* di Kawasan mangrove Pulau Payung, Sumatera Selatan. Proses pengambilan sampel menggunakan metode purposive sampling. Ekstraksi protein dengan sentrifugasi pada kecepatan 12.500 g suhu 4°C selama 20 menit. Pengukuran kadar protein total dengan reagen biuret (Biosystem 2000) dengan standar BSA. dan aktivitas PO dan PPO menggunakan pereaksi pirogalol secara spektrofotometri masing pada panjang gelombang 420 nm dan 240 nm. Akumulasi logam berat Cu dan Pb pada akar dan daun dengan nilai aktivitas PO dan PPO dengan nilai 60,18 /mg protein/menit; 89,43 U/mg protein/menit; 42,89 U/mg protein/menit; 93,67 U/mg protein/menit. Dilakukan uji korelasi terhadap aktivitas PO dan PPO dengan logam berat Cu dan Pb. Hasil uji korelasi dengan logam berat Cu dan Pb di sedimen dengan aktivitas PO di akar dengan nilai r sebesar 0,99 dan 0,81 dengan korelasi yang erat sedangkan logam berat Cu dan Pb dengan aktivitas PPO di akar didapatkan dengan nilai r 0,23 dan 0,16 dengan korelasi yang kecil.

**Kata Kunci** : *Avicennia marina* (Forssk) Vierh, Fitoremediasi, Logam Berat, Peroksidase, Polifenol Oksidase



## SUMMARY

### CORRELATION OF PEROXIDASE AND POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITIES WITH Cu AND Pb ACCUMULATION OF HEAVY METALS AT *Avicennia marina* (Forssk) Vierh ON PULAU PAYUNG, SOUTH SUMATRA”

Scientific Writing in the Form of Thesis, August 2022

Riski Tri Laras Ningsi Supervised by Drs. Juswardi, M.Si. and Dr. Sarno, M.Si.

Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

XIV+50 Pages, 4 Tables, 8 Figures, 4 Appendices

### SUMMARY

Heavy metal pollution that occurs in Pulau Payung is closely related to industrial activities. One of the efforts to overcome the problem of heavy metals is by means of phytoremediation. *Avicennia marina* (Forssk) Vierh has the ability to adapt to heavy metal pollution. The physiological response of *A. marina* to heavy metal stress causes changes in the activity of free radical enzymes, especially peroxidase (PO) and polyphenol oxidase (PPO). Mangrove of Pulau Payung, South Sumatra. The sampling process used purposive sampling method. Protein extraction by centrifugation at a speed of 12,500 g at 4°C for 20 minutes. Measurement of total protein content with biuret reagent (Biosystem 2000) with BSA standard. and the activity of PO and PPO using pyrogallol reagent spectrophotometrically at wavelengths of 420 nm and 240 nm, respectively. Accumulation of heavy metals Cu and Pb in roots and leaves with a value of PO and PPO activity with a value of 60.18 U/mg protein/minute; 89.43 U/mg protein/minute; 42.89 U/mg protein/minute; 93.67 U/mg protein/minute. Correlation test was conducted on the activity of PO and PPO with heavy metals Cu and Pb. The results of the correlation test with heavy metals Cu and Pb in sediments with PO activity in roots with r values of 0.99 and 0.81 with a close correlation while heavy metals Cu and Pb with PPO activity in roots were obtained with r values of 0.23 and 0.16 with a small correlation.

**Keywords:** *Avicennia marina* (Forssk) Vierh, Phytoremediation, Heavy Metals, Peroxidase, Polyphenol Oxidase

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vi
RINGKASAN .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Mangrove .....	5
2.2. Pulau Payung.....	6
2.3. Fitoremediasi.....	6
2.3.1. Mekanisme Fitoremediasi .....	7
2.4. <i>Avicennia marina</i> .....	9
2.5. Logam Berat.....	11
2.5.1. Tembaga (Cu).....	12
2.5.2. Timbal (Pb) .....	13
2.6. Enzim .....	13
2.6.1. Enzim Peroksidase .....	14
2.6.2. Enzim Polifenol Oksidase(PPO).....	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	16
3.1. Waktu dan Tempat .....	16
3.2. Alat dan Bahan.....	16
3.3. Cara Kerja .....	16
3.3.1. Penentuan Lokasi .....	16
3.3.2. Pengambilan Sampel Sedimen .....	17
3.3.3. Pengambilan Sampel Akar dan Daun <i>Avicennia marina</i> .....	18
3.3.4. Ekstraksi Protein .....	18
3.3.5. Penentuan Kadar Protein Total .....	19
3.3.6. Preparasi Sampel.....	19
3.4. Pengamatan .....	21
3.4.1. Pengukuran Aktivitas Peroksidase (PO) .....	21
3.4.2. Pengukuran Aktivitas Polifenol Oksidase (PPO) .....	21
3.5. Penyajian dan Analisis Data. ....	22

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
4.1. Aktivitas Enzim.....	23
4.1.1. Aktivitas Peroksidase (PO) dan Polifenol Oksidase (PPO) Pada Akar .....	23
4.1.2. Aktivitas PO dan PPO Pada Daun <i>A. Marina</i> dalam Fitoremediasi Logam Berat di Pulau Payung, Sumatera Selatan.....	24
4.2. Kadar Logam Cu dan Pb pada akar <i>A. Marina</i> dalam Fitoremediasi di Pulau Payung, Sumatera Selatan .....	28
4.3. Faktor Lingkungan .....	31
4.4. Korelasi Logam Berat dengan Aktivitas Enzim Antioksidan .....	32
4.4.1. Logam Berat di sedimen dan Aktivitas PO di Akar.....	33
4.4.2. Logam Berat di Akar dan Aktivitas PO di Akar .....	34
4.4.3. Logam Berat di daun dan Aktivitas PO di daun.....	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	37
5.1. Kesimpulan .....	37
5.2. Saran .....	37
LAMPIRAN.....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	41

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Aktivitas Enzim Antioksidan Pada Akar <i>A. marina</i> dalam Fitoremediasi Logam Berat di Pulau Payung .....	34
Tabel 2. Aktivitas Enzim Antioksidan Pada Daun <i>A. marina</i> dalam Fitoremediasi Logam Berat di Pulau Payung .....	35
Tabel 3. Kadar Logam Berat Pada Akar <i>A. marina</i> dalam Fitoremediasi di PulauPayung.....	39
Tabel 4. Faktor Lingkungan .....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Avicennia marina</i> (Forssk) Vierh .....	20
Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian di Pulau Payung.....	28
Gambar 4.1. Korelasi Logam Berat Cu dan Pb di Sedimen... .. dengan Aktivitas PO di Akar pada <i>A.marina</i> di Pulau Payung	32
Gambar 4.2. Korelasi Logam Berat Cu dan Pb di Sedimen... .. dengan Aktivitas PPO di Akar pada <i>A.marina</i> di Pulau Payung	32
Gambar 4.3. Korelasi Logam Berat Cu dan Pb di Akar..... dengan Aktivitas PO di Akar pada <i>A.marina</i> di Pulau Payung	34
Gambar 4.4. Korelasi Logam Berat Cu dan Pb di Akar..... dengan Aktivitas PPO di Akar pada <i>A.marina</i> di Pulau Payung	34
Gambar 4.5. Korelasi Logam Berat Cu dan Pb di Daun ..... dengan Aktivitas PO di Daun pada <i>A.marina</i> di Pulau Payung	35
Gambar 4.6. Korelasi Logam Berat Cu dan Pb di Daun... .. dengan Aktivitas PPO di Daun pada <i>A.marina</i> di Pulau Payung	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Pengambilan Sampel.....	52
Lampiran 2. Pengukuran Suhu dan pH.....	53
Lampiran 3. Pengukuran Kadar Logam .....	53
Lampiran 4. Pengukuran Peroksidase dan Polifenol Oksidase.....	

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Salah satu kawasan mangrove yang terdapat di Pesisir Timur Sumatera Selatan adalah daerah Pulau Payung yang terletak di muara sungai Musi. Pulau Payung merupakan sebuah pulau yang terletak di muara sungai Musi secara administratif berada di Kecamatan Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Karena letaknya tersebut memungkinkan menjadikan pulau ini sebagai tempat terakumulasinya bahan organik dan anorganik yang berasal dari aliran Sungai Musi (Afriyani *et al.*, 2017).

Pencemaran sering terjadi di kawasan pesisir mangrove merupakan proses yang erat kaitannya dengan penggunaan logam berat dari kegiatan perindustrian. Peranan sungai Musi bagi masyarakat sekitar Kota Palembang merupakan media transportasi bahkan sebagai sumber mata pencarian nelayan. Berbagai industri seperti tekstil, Petrokimia, CPO, Karet, Batubara, Semen, menggunakan air sungai Musi untuk water treatment maupun membuang limbahnya, daerah Pulokerto dan beberapa daerah lainnya memanfaatkan air sungai Musi untuk kegiatan pertanian (Emilia *et al.*, (2017).

Pencemaran yang berbahaya yaitu pencemaran logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan pada konsentrasi tertentu mampu dinetralkan oleh tumbuhan hiperakumulator seperti tumbuhan mangrove (Sanadi *et al.*, 2018). Logam berat Pb (timbal) yang terakumulasi pada ekosistem dapat bersifat toksik bagi kelangsungan makhluk hidup sekitar. Demikian juga keberadaan Cu (tembaga) dalam lingkungan, dapat terakumulasi di perairan maupun terendapkan

dalam sedimen (Purwiyanto, 2013). Menurut Setiabudi (2015), logam berat Cu dan Pb merupakan logam berat yang tidak dapat diuraikan oleh proses alam berbahaya jika masuk kedalam lingkungan secara berlebihan karena dapat mencemari dan merusak lingkungan. Cara untuk menghindari tercemarnya suatu perairan dari logam berat Pb dan Cu adalah dengan cara fitoremediasi.

Fitoremediasi mempunyai pengertian membersihkan polutan dengan bantuan tumbuhan. Pembersihan polutan disini diartikan sebagai proses penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya. (Kariada dan Irsandi, 2014). Tumbuhan yang dapat dimanfaatkan untuk fitoremediasi diantaranya tumbuhan mangrove yang bersifat hiperakumulator.

Mangrove menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menangani masalah pencemaran logam berat di lingkungan. Mangrove merupakan jenis tumbuhan yang memiliki kemampuan biofilter, yaitu kemampuan untuk menyaring, mengikat dan memerangkap polusi di alam bebas atau biasa disebut sebagai tumbuhan hiperakumulator. Salah satu species yang dapat digunakan untuk menangani masalah pencemaran logam berat adalah *Avicennia marina* (Forssk) Vierh. *A. marina* mempunyai kemampuan beradaptasi terhadap pencemaran logam berat. Menurut MacFarlane *et al.*,(2002) mangrove dapat digunakan sebagai indikator biologis pada lingkungan yang tercemar logam berat, terutama tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn).

Jenis species mangrove yang terdapat di Pulau Payung salah satunya *A. marina*. Tumbuhan dengan sistem perakaran yang kompleks dan juga dapat menyerap logam berat di bagian akar. *A. marina* dengan sistem akar napas (pneumatofor). *A. marina* sangat efektif untuk menangkap dan menahan lumpur di perairan (Halidah, 2014).



Tumbuhan yang beradaptasi faktor lingkungan yang ekstrim akan meningkatkan proses respirasi yang menyebabkan terbentuknya radikal bebas seperti peroksidase, fenol, dan superoksida. Menurut Novita dan Purnomo (2012), tanaman akan merespons masuknya logam berat ke dalam jaringan sebagai cekaman lingkungan dan memberikan perubahan sebagai respons adaptasi. Respons enzimatik dapat dilihat dari aktivitas enzim peroksidase. Enzim antioksidatif tanaman terhadap cekaman lingkungan yakni Superoxida dismutase (SOD), peroksidase (POX) dan Katalase (CAT) (Erdal dan Demirtas, 2010).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Logam berat Cu dan Pb yang terakumulasi pada sedimen dapat menyebabkan masalah lingkungan dan bersifat toksik bagi makhluk hidup di lingkungan perairan khususnya di kawasan mangrove. Logam berat dapat menyebabkan cekaman pada *A. marina*, sebagai respons tumbuhan secara fisiologi akan terjadi perubahan aktivitas enzim terutama pada peroksidase (PO) dan polifenol oksidase (PPO). Maka dilakukan penelitian tentang hubungan aktivitas peroksidase (PO) dan polifenol oksidase (PPO) dengan akumulasi logam berat Pb dan Cu pada *A. marina*. di kawasan mangrove Pulau Payung, Sumatera Selatan.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan aktivitas peroksidase (PO) dan polifenol oksidase (PPO) dengan akumulasi logam berat Pb dan Cu pada *A. marina*. di kawasan mangrove Pulau Payung, Sumatera Selatan.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberi informasi tentang fitoremediasi logam berat Cu dan Pb oleh *A. marina* di kawasan mangrove Pulau Payung, Sumatera Selatan dengan mengevaluasi aktivitas peroksidase (PO) dan polifenol oksidase (PPO).

## DAFTAR PUSTAKA

- Afriyani, A., Fauziyah, F., Mazidah, M. dan Wijayanti, R. 2017. Keanekaragaman Vegetasi Hutan Mangrove di Pulau Payung Sungsang Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 6(2): 113-119.
- Amriani, A., B. Hendrarto, dan A.Hadiyanto. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa* L.) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis* L.) di Perairan Teluk Kendari. *Ilmu Lingkungan*. 9(2): 45-50.
- Apriyanto, H. 2016. Konsentrasi Logam Cu Di Sedimen Akar Mangrove Pada Kerapatan Mangrove Yang Berbeda Di Kelurahan Ampallas, Kabuapten Mamuju, Sulawesi Barat. *Skripsi*. Hal: 1-6.
- Ashraf. 2006. Levels of Selected Heavy Metals In Tuna. *The Arabian Journal Fpr Science and Engineering*. 31 (1) : 89-92
- Barutu, H. L., Amin, B., dan Efriyeldi. 2014. Konsentrasi Logam Berat Pb, Ciu, Dan Zn Pada *Avicennia Marina* Di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau.
- Boeckx, T., Winters, A. L., Webb, K. J dan Kingston-Smith, A. H. 2015. Polyphenol oxidase in leaves: is there any significance to the chloroplastic localization? *Journal of Experimental Botany*. 66(12): 3571-3579.
- Cahyani, M. D., TN, R. A. dan 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) : 75-76.
- Caroline, J. dan Moa, G. A. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga Dan Kuningan. *Semina teknologi dan Terapan sains*.3 (1) : 475.
- Daryani. 1999. Respons Tumbuhan Potongan Jaringan Daun Sukun (*Artocarpus Comunnis Forst* ) Dan Aktivitas Aktivitas Polifenol Oksidase Dengan Pemberian NAA dan BAP dalam Kultur In vitro. *Skripsi Sarjana Sains*. Jurusan Biologi. FMIPA. Universitas Sriwijaya. Indralaya. 45 hlm.
- Duke, N., K.Kathiresan, S.G.Salmo III, E.S.Fernando, J.R.Peras, S.Sukadjo, dan T.Miyagi. 2010. The IUCN Red List Of Threatened Species. Emilia, I. 2017. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Remis (*Corbicula* sp) Di Dermaga Pasar 16 Ilir, Boom Baru dan Tangga Takat Kota Palembang. *Sainmatika*. 14(2): 73-80.

- Emilia, I. 2017. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Remis (*Corbicula* sp) Di Dermaga Pasar 16 Ilir, Boom Baru dan Tangga Takat Kota Palembang. *Sainmatika*. 14(2): 73-80.
- Erdal, S dan Demirtas, A., 2010. Effect of Cement Flue Dust a Cement Factory on Stress Parameters and Diversity of Aquatic Plants. *Toxicology and Industrial Health*. 26 (6): 339-343.
- Fatmawati, N. 2013. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis*. 1(1): 74-83.
- Ferdhiani, A.A., Sri, L., Elly, P. 2015. Aktivitas Enzim Peroksidase Dan Kadar Klorofil Pada Daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) Sebagai Peneduh Jalan Yang Terpapar Timbal. *Biosfera*. 32(2): 126-133.
- Hamzah, F. dan Setiawan, A. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal ilmu dan teknologi kelautan tropis*. 2(2): 41-52.
- Hamzah, F. Dan Y. Pancawati. 2013. Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Ilmu Kelautan*. 18(4) : 203-204.
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N dan., Fiqri, A. 2017. Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah. Malang: UB Press.
- Halidah. 2014. *Avicennia Marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove Yang Kaya Manfaat. *Info Teknis Eboni*. 11(1): 37-44.
- Harmidah dan Juswardi. 2001. Aktivitas Enzim Peroksidase dan Polofenol Oksidase pada Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* (L) Merril) yang Terserang Penyakit Karat. *Jurnal Penelitian Sains*. 9 : 15-24.
- Hartanti,P.I., Haji, A.T.S., dan Wirosodarmo, S. 2014. Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terhadap Penurunan Logam Chromium Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*. 31-37.
- Heriyanto, N. M. dan Subiandono, E. 2011. Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb Dan Cu) Oleh Jenis-Jenis Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8 (2) : 180.
- Hidayati, N. 2004. Fitoremediasi dan Tumbuhan Hiperakumulator. *Hayati*. 12(1): 35-40.
- Hidayati. 2013. Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperkumulator Logam Berat. Pusat Penelitian Biologi LIPI. 9-12.

- Idrus, A. A. Mertha, I. G. Hadiprayitno, G. dan Ilhamdi, G. M. 2014. Kekhasan Morfologi Spesies Mangrove di Gili Sulat. *Jurnal Biologi Tropis*. 4 (2) : 122.
- Irawanto, R. Hendrian. Dan R. Mangkoedihardjo, S. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik *Acanthus ilicifolius* (Jeruju). Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam. 2 (1) : 150-154.
- Jupriyati, R., Soenardjo, N., dan 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) : 63-64.
- Kariada, N. 2014. Potensi *Avicennia Marina* Sebagai Fitoremediasi Logam Cu Pada Tambak Bandeng Wilayah Tapak Semarang. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 12 (2): 130-132.
- Lyusta, A., Agustriani, F dan Surbakti, H. 2017. Analisis kandungan logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) pada sedimendi Pulau Payung Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Maspari*. 9(1):17-24.
- MacFarlane, G. R. 2002. Leaf Biochemical Parameters in *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh as Potential Biomarkers Of Heavy Metal Stress In Estuarine Ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*. 44: 244-256.
- Malik, C.P. dan Singh, M.B. 1980. *Plant enzymology and histo enzymology*. New Delh: Kalyani Publisher.
- Mukhtasar. 2007. *Pencemaran Lingkungan dan Alam*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Mulyadi, E., Laksmono, R., Aprianti, D. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*; 1 (Edisi Khusus) 34-36.
- Nilandita, W. 2016. Studi Literatur Teknologi Fitoremediasi Untuk Pemulihan Ekosistem Laut Terkontaminasi Logam Berat. *Jurnal Teknik Lingkungan* 1(1) : 48.
- Noor, R, Y., Khalazi, M dan Suryadiputra, I, N,N. 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP, Bogor. Panjaitan G.Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia Marina* di Hutan Mangrove. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Novita, Y dan Purnomo, T. 2012. Penyerapan Logam Timbal (Pb) dan Kadar Klorofil *Elodea Canadensis* pada Limbah Cair Pabrik Pulp dan Kertas. *Lentera Bio*. 1(1): 1-8.

- Panjaitan G.Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia Marina* di Hutan Mangrove. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Phabiola, T. A dan Khalimi, K. 2012. Pengaruh Aplikasi Formula *Pantoea agglomerans* Terhadap Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Klorofil Daun Tanaman Strowberi. *Agrotrop*. 2(2): 125-131.
- Purwiyanto, A. I. S. 2013. Daya Serap Akar dan Daun Mangrove Terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. 5 (1) : 2-4
- Risnawati, M dan Cahyaningrum, S. E. 2013. Pengaruh Penambahan Ion Logam Ca<sup>2+</sup> Terhadap Aktivitas Enzm Papain. *Journal of Chemistry*. 2(1): 76-83.
- Rohman, A dan Riyanto, S. 2005. Daya Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Kemuning (*Murraya paniculata* (L) Jack) Secara In Vitro. *Majalah Farmasi Indonesia*. 16 (3): 136-140.
- Rusnani, 2014. Aktivitas Polifenol Oksidase Kultur Antera Padi Setelah Praperlakuan Cekaman Manitol. 72-77.
- Sanadi, T. H. Schaduw, J. N.W. Tilaar S. O. Mantiri, D. Bara, R. Pelle, W. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Pada Akar Mangrove di Desa Bahowo Dan Desa Talawaan Bajo Kecamatan Tongkaina. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 10-11.
- Serang. L.K.O., Handayanto, E., dan Rindyastuti, R. 2018. Fitoremediasi Air Tercemar Kromium dengan Menggunakan *Sagittaria lancifolia* dan *Pistia stratiotes* serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat (*Ipomea reptans*). *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan*. 5 (1): 739-746 Pelczar dan Chan (1986).
- Setiyono, A dan G, A, Rian. 2017. Pengendalian Kromium (Cr) Yang Terdapat Di Limbah Batik Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurusan Kesehatan Masyarakat*. 6(3): 1-3.
- Setiabudi, B. T. 2005. Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta.
- Soheti, P., L. Ode Sumarlin dan D. Poltak Marisi. 2020. Fitoremediasi Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Untuk Menurunkan Kadar Torium. *Jurnal Ekplorium*. 41(2) : 138-150.
- Sonowal, S., Majeti, N., dan Hemen, S. 2018. C3 and C4 plants as potential phytoremediation and bioenergy crops for stabilization of crude oil and heavy metal co- contaminated soils-response of antioxidative enzymes. *Tropical Plant Research*. 5(3): 306-314.

- Sudding., Side, S dan., Dewi, A. M. 2012. Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Akar Api-Api Putih (*A. aba* Blume) di Saluran Pembuangan Jongaya Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar. *Jurnal Chemica*. 13(2): 26- 32.
- Sutrisno, A. 2017. *Teknologi Enzim*. Malang: UB Press. xii+130 hlm.
- Trisnawati, N., Ida, B., dan Iryanti, E. 2016. Fitodegradasi dengan Tumbuhan Pacing (*Specious cheo;pcostus*) untuk Menurunkan Kandungan Pb, Cd, dan Hg Limbah Cair Laboratotium. *Cakra kimia Indonesia E-journal of Applied Chermistry*. 4(4): 78-83.
- Utami, R. Rismawati, W. dan Sapanli, K. Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat Di Perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia 2018*. 142-144.
- Utami, R. Rismawati, W. dan Sapanli, K. 2018. Pemanfaatan Mangrove Untuk Mengurangi Logam Berat Di Perairan. *Prosiding Seminar Nasional Hari AirDunia 2018*. 143.
- Wawakhi, S., I.Feni dan C. Dan Dwi. 2015. Teknologi Fitoremediasi *Avicennia alba* dalam Upaya Mengurangi Limbah di Kelurahan Wonorejo, Surabaya. *Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan V*. Malang: Universitas Brawijaya
- Zulkoni, A., Rahyuni, D dan Nasirudin. 2017. Pengaruh Pemangkasan Akar Jati Dan Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula Terhadap Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri Di Kokap Kulonprogo Yogyakarta. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 24(1): 17-22.