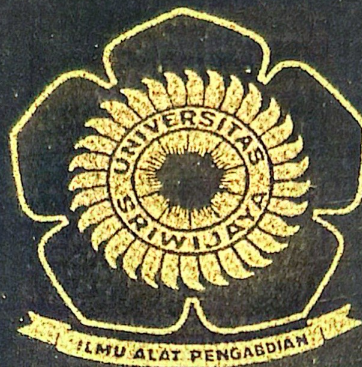


TESIS

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT Pb, Zn DAN Cu
MENGUNAKAN *Eleocharis dulcis* (Purun Tikus)**



Oleh:
MAZIDAH
20012681721009

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWJAYA
2021**

TESIS

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT Pb, Zn DAN Cu
MENGUNAKAN *Eleocharis dulcis* (Purun Tikus)**



**Oleh:
MAZIDAH
20012681721009**

**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWJAYA
2021**

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT Pb, Zn DAN Cu
MENGUNAKAN *Eleocharis dulcis* (Purun Tikus)**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Magister Sains (M.Si.) pada
Program Studi Pengelolaan Lingkungan Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya

**Oleh:
MAZIDAH
20012681721009**



**PROGRAM STUDI PENGELOLAAN LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWJAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN
FITOREMEDIASI LOGAM BERAT Pb, Zn DAN Cu MENGGUNAKAN
***Eleocharis dulcis* (PURUN TIKUS)**

TESIS

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Sains (M.Si.)
Pada
Program Studi Pengelolaan Lingkungan Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya

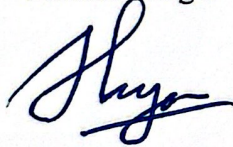
Oleh :

MAZIDAH

20012681721009

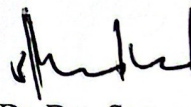
Palembang, Juli 2021

Pembimbing I



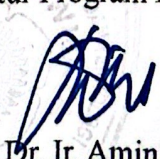
Dr. Suheryanto, M.Si.
NIP. 196006251989031006

Pembimbing II



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

Mengetahui,
Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Amin Rejo, M.P.
NIP. 19610114 1990011 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Tesis dengan judul “Fitoremediasi Logam Berat Pb, Zn dan Cu dengan Menggunakan *Eleocharis dulcis* (Purun Tikus)” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Juli 2021.

Palembang, Juli 2021

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis :

Pembimbing :

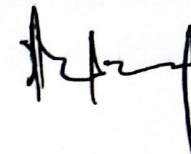
1. Dr. Suheryanto, M.Si.

NIP. 196006251989031006

()

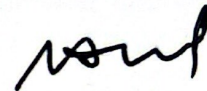
2. Dr. Drs. Sarno, M.Si

NIP. 196507151992031004

()

Penguji :

1. Prof. Dr. Hilda Zulfikli, M.Si., DEA.
NIP. 195304141979032001

()

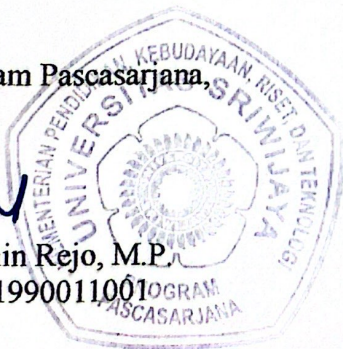
2. Prof. Dr. Poedji Loekitowati H., M.Si
NIP. 196808271994022001

()

Mengetahui,

Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Amin Rejo, M.P.
NIP. 196101141990011001



Ketua Program Studi,

Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA.
NIP. 195805141984031001

()

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mazidah

NIM : 20012681721009

Judul : Fitoremediasi Logam Berat Pb, Zn Dan Cu Menggunakan *Eleocharis Dulcis* (Purun Tikus)

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini. Maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2021

Penulis,



Mazidah

NIM. 20012681721009

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mazidah
NIM : 20012681721009
Judul : Fitoremediasi Logam Berat Pb, Zn Dan Cu Menggunakan
Eleocharis Dulcis (Purun Tikus)

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian untuk kepentingan akademik, apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespodensi (*Corresponding Author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2021

Penulis,



Mazidah
NIM. 20012681721009

RINGKASAN

Fitoremediasi Logam Berat Pb, Zn Dan Cu Menggunakan *Eleocharis Dulcis* (Purun Tikus).

Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis Juli 2021.

Mazidah: Dibimbing oleh Dr. Suheryanto, M.Si.. dan Dr. Drs. Sarno, M.Si.

Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

xii + 50 halaman, 13 tabel, 5 gambar, 1 lampiran.

RINGKASAN

Pencemaran logam berat seperti timbal (Pb), seng (Zn), dan tembaga (Cu) di lingkungan lahan basah akibat aktivitas industri menimbulkan ancaman serius terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Fitoremediasi menggunakan tanaman merupakan salah satu solusi ramah lingkungan untuk mengatasi masalah ini. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam menyerap dan mentranslokasikan logam Pb, Zn, dan Cu melalui metode potensiometri dengan pengamatan selama 20 hari. Hasil menunjukkan bahwa purun tikus mampu mengakumulasi logam berat dengan distribusi berbeda pada akar, batang, dan daun, mencerminkan mekanisme penyerapan dan toleransi yang spesifik. Akumulasi tertinggi terjadi pada batang dan daun untuk Pb dan Cu, serta akar dan daun untuk Zn, dengan efisiensi penyerapan lebih dari 80% untuk Pb dan Zn, serta peningkatan bertahap untuk Cu. Nilai faktor translokasi (TF) tertinggi pada kondisi tanpa cemaran dicapai oleh Cu (2297,76) dan Zn (148,22), menandakan kemampuan tinggi untuk memindahkan logam ke daun, meskipun efisiensi menurun pada konsentrasi cemaran lebih tinggi. Tidak terdapat perbedaan signifikan ($p > 0,05$) terhadap akumulasi logam antar waktu perlakuan, yang menunjukkan bahwa durasi 5 hingga 20 hari tidak secara signifikan memengaruhi kinerja akumulasi logam. Temuan ini mengonfirmasi bahwa purun tikus merupakan kandidat efektif untuk fitoremediasi lahan basah tercemar logam berat secara berkelanjutan dan ekonomis.

Kata kunci: Tanaman Akumulator, Bioakumulasi, Kontaminasi Logam, Potensiometri, Remediasi

SUMMARY

Phytoremediation of Heavy Metals Pb, Zn and Cu Using *Eleocharis Dulcis* (Purun Tikus).

Scientific Writing in the form of a Thesis. Juli 2021.

Mazidah: Guided by Dr. Suheryanto, M.Si.. and Dr. Drs. Sarno, M.Si.

Environmental Management Study Program, Postgraduate Program of Sriwijaya University.

xii + 50 pages, 13 tables, 5 pictures, 1 attachments

SUMMARY

Heavy metal pollution such as lead (Pb), zinc (Zn), and copper (Cu) in wetland environments due to industrial activities poses a serious threat to ecosystems and human health. Phytoremediation using plants is one of the environmentally friendly solutions to overcome this problem. This study aims to evaluate the potential of the purun tikus plant (*Eleocharis dulcis*) in absorbing and translocating Pb, Zn, and Cu metals through a potentiometric method with observations for 20 days. The results showed that purun tikus was able to accumulate heavy metals with different distributions in the roots, stems, and leaves, reflecting specific absorption and tolerance mechanisms. The highest accumulation occurred in the stems and leaves for Pb and Cu, and the roots and leaves for Zn, with absorption efficiencies of more than 80% for Pb and Zn, and a gradual increase for Cu. The highest translocation factor (TF) values in unpolluted conditions were achieved by Cu (2297.76) and Zn (148.22), indicating a high ability to transfer metals to leaves, although efficiency decreased at higher contaminant concentrations. There was no significant difference ($p > 0.05$) in metal accumulation between treatment times, indicating that the duration of 5 to 20 days did not significantly affect the performance of metal accumulation. This finding confirms that purun tikus is an effective candidate for phytoremediation of heavy metal contaminated wetlands sustainably and economically.

Keywords: Accumulator Plants, Bioaccumulation, Metal Contamination, Potentiometry, Remediation

RIWAYAT HIDUP

Penulis, Mazidah, dilahirkan di Plaju pada tanggal 23 April 1977, anak ke 6 dari 7 bersaudara putra dari pasangan Bapak Ahmad Ruslan dan Ibu Siti Asiah. Penulis menikah dengan Wisnu Wirawan, S.E., dianugerahi 3 orang buah hati Widadary, Ahmad Syakir, dan Abiyyu Ziyad Kamil.

Penulis penganut agama Islam dan saat ini bertempat tinggal di Jalan DI Panjaitan Tembok Batu, Kelurahan Plaju Ilir, Kecamatan Plaju, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Yaktapena 2 Plaju Kota Palembang pada tahun 1989, pendidikan menengah di SMP Negeri 15 Palembang pada tahun 1992, dan di SMA Negeri 04 Palembang pada tahun 1995. Penulis melanjutkan studi jenjang Sarjana di Universitas Sriwijaya Fakultas MIPA Jurusan Kimia dan lulus pada 2002. Pada tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikan S2 pada Program Studi Pengelolaan Lingkungan di Universitas Sriwijaya.

Pengalaman kerja Penulis diawali dengan menjadi staff di Kantor Kebersihan Kabupaten di Banyuasin pada tahun 2009 hingga tahun 2014. Pengalaman kerja selanjutnya sebagai Manager Mutu di Laboratorium Lingkungan DLH di Kabupaten Banyuasin pada tahun 2014 hingga tahun 2017. Sebagai Kasubbag TU di UPT Persampahan DLH Kecamatan Rambutan Kabupaten Banyuasin tahun 2017 sampai saat ini. Sebagai Plt. Ka. UPT Persampahan DLH Kecamatan BA I di Banyuasin tahun 2024 hingga saat ini.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat diberikan kemudahan dan kelancaran sehingga dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Fitoremediasi Logam Berat Pb, Zn dan Cu Menggunakan *Eleocharis dulcis* (Purun Tikus)”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister di Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Dr. Suheryanto, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dr. Drs. Sarno, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membimbing penulis selama penelitian dan penyusunan tesis sehingga dapat berjalan dengan baik. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ibu Prof. Dr. Hilda Zulkifli, DEA. selaku dosen penguji I dan Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. selaku dosen penguji II yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam penyusunan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga dengan adanya Tesis ini dapat memberikan manfaat dan informasi kepada para pembaca mengenai pemanfaatan tanaman *Eleocharis dulcis* (Purun Tikus) untuk menyerap logam berat dip perairan.

Palembang, Juli 2021

Mazidah

NIM. 20012681721009

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	iv
RINGKASAN	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Logam Berat.....	4
2.2. Karakteristik Logam Berat.....	4
2.2.1. Logam Berat Timbal.....	4
2.2.2. Logam Berat Seng	5
2.2.3. Logam Berat Tembaga.....	6
2.3. Fitoremediasi.....	7
2.3.1. Pengertian Fitoremediasi	7
2.3.2. Proses Fitoremediasi	8
2.3.3. Proses Penyerapan Logam oleh Tanaman	8
2.4. Klasifikasi Purun Tikus (<i>Eleocharis dulcis</i>)	9
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	12
3.1. Waktu dan Tempat	12
3.2. Alat dan Bahan.....	12
3.3. Prosedur Penelitian.....	13
3.3.1. Pengukuran rona awal <i>Eleocharis dulcis</i>	13
3.3.2. Uji Fitoremediasi pada skala laboratorium.....	13
3.3.3. Pemilihan Tanaman.....	14
3.3.4. Persiapan Media Fitoremediasi.....	14
3.3.5. Perlakuan Fitoremediasi	14
3.3.6. Perlakuan Analisis Kandungan Logam Berat pada Tanaman <i>Eleocharis dulcis</i>	15
3.3.7. Prosedur Analisis Logam Berat (Pb, Zn dan Cu) terlarut pada Air 15	
3.3.8. Variabel Pengamatan	15
3.4. Analisis Data	15
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1. Karakteristik Pertanaman Purun Tikus	17

4.2.	Konsentrasi Awal Logam Berat pada Purun Tikus.....	18
4.3.	Distribusi Akumulasi Pb pada Bagian Tanaman Purun Tikus Selama Fitoremediasi	18
4.4.	Distribusi Akumulasi Zn pada Bagian Tanaman Purun Tikus Selama Fitoremediasi	21
4.5.	Distribusi Akumulasi Cu pada Bagian Tanaman Purun Tikus Selama Fitoremediasi	23
4.6.	Efisiensi Penyerapan Logam Berat	25
4.7.	Translokasi (Tf) pada Tanaman Purun Tikus.....	26
4.8.	Analisis statistik akumulasi logam berat pada purun tikus	28
4.8.1.	Uji Normalitas.....	28
4.8.2.	Uji Homogenitas Varians.....	30
4.8.3.	Analisis ANOVA.....	33
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1.	Kesimpulan	42
5.2.	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		44

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Konsentrasi Awal Logam Berat pada Purun Tikus.....	18
Tabel 4. 2. Efisiensi Penyerapan Logam oleh Tanaman Purun Tikus	26
Tabel 4. 3. Nilai faktor translokasi logam Pb, Zn, dan Cu dari akar ke daun	27
Tabel 4. 4. Hasil Uji Normalitas untuk Kandungan Pb, Zn, dan Cu.....	28
Tabel 4. 5. Hasil Uji Homogenitas Kandungan Pb	30
Tabel 4. 6. Hasil Uji Homogenitas Kandungan Zn.....	31
Tabel 4. 7. Hasil Uji Homogenitas Kandungan Cu.....	31
Tabel 4. 8. Analisis Varians Hasil Kandungan Pb	33
Tabel 4. 9. Analisis Varians Hasil Kandungan Zn.....	33
Tabel 4. 10. Analisis Varians Hasil Kandungan Cu.....	34
Tabel 4. 11. Hasil Uji Tukey Kandungan Pb	36
Tabel 4. 12. Hasil Uji Tukey Kandungan Zn	37
Tabel 4. 13. Hasil Uji Tukey Kandungan Cu.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tanaman Purun Tikus	10
Gambar 3.1. Lokasi tempat pengambilan sampel purun dan sedimen.....	12
Gambar 4.1. Konsentrasi Pb pada (a) akar, (b) batang, dan (c) daun setelah fitoremediasi pada berbagai interval waktu	20
Gambar 4.2. Konsentrasi Zn pada (a) akar, (b) batang, dan (c) daun setelah fitoremediasi pada berbagai interval waktu	22
Gambar 4.3. Konsentrasi Cu pada (a) akar, (b) batang, dan (c) daun setelah fitoremediasi pada berbagai interval waktu	24

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kehadiran logam berat di lingkungan secara luas diakui meningkat seiring dengan perkembangan industri. Logam berat merupakan unsur logam yang memiliki berat atom dan densitas tinggi. Meskipun dalam konsentrasi rendah, logam-logam ini bersifat toksik bagi tanaman, hewan, dan manusia, bahkan beberapa senyawanya diklasifikasikan sebagai mutagenik. Ketika terlarut dalam media lingkungan, logam berat dapat mengganggu proses biologis dan menjadi polutan signifikan yang mampu menurunkan daya dukung serta kesehatan ekosistem (Briffa et al., 2020; Nnaji et al., 2023). Beberapa logam berat yang umum terlibat dalam pencemaran lingkungan antara lain timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), kromium (Cr), nikel (Ni), seng (Zn), dan tembaga (Cu) (Adu & Aneke, 2025; M. Sharma et al., 2024).

Fitoremediasi merupakan teknik bioremediasi yang memanfaatkan tanaman untuk menyerap logam berat, bahkan pada tanah yang tercemar berat oleh berbagai jenis polutan (Lavanya et al., 2024; Yaashikaa et al., 2022). Beberapa jenis tanaman mampu menyerap lebih dari satu jenis polutan sehingga meningkatkan nilai aplikatifnya. Keunggulan lain dari fitoremediasi adalah kemampuannya dalam menyerap dan mengurangi toksisitas logam berat secara cepat tanpa menghambat pertumbuhan tanaman (Gavrilescu, 2022; J. K. Sharma et al., 2023). Sekitar 400 spesies tanaman telah diidentifikasi sebagai hiperakumulator yang berpotensi digunakan sebagai agen fitoremediasi dan memiliki kemampuan optimal terhadap logam tertentu (Sompura et al., 2024; Ullah et al., 2023). Beberapa tanaman yang telah digunakan dalam penelitian fitoremediasi antara lain jagung (Adiloğlu & Göker, 2021), vetiver (*Vetiveria zizanioides*) (Parnian & Furze, 2021), kangkung (*Ipomoea aquatica*) (Badrul Hisam et al., 2022), azolla (*Azolla pinnata*) (Adabembe et al., 2022), eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) (Singh et al., 2022), dan purun tikus (*Eleocharis dulcis*) (Santosa et al., 2021).

Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) merupakan tanaman liar yang cukup populer dalam rehabilitasi lingkungan akibat pencemaran, terutama di lahan pasang surut bersulfat atau tanah gambut (Prihatini et al., 2016). Purun tikus menunjukkan spektrum habitat yang luas dan dapat tumbuh relatif cepat. Tanaman ini berpotensi sebagai biofilter karena mampu tumbuh baik di lingkungan dengan pH tanah yang rendah serta kandungan hara yang minim (Zhang et al., 2022). Dalam beberapa tahun terakhir, purun tikus telah dimanfaatkan sebagai metode vegetatif untuk konservasi alam dan air, serta rehabilitasi kawasan yang rusak secara ekologis, seperti akibat bencana alam atau pencemaran. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa efisiensi purun tikus dalam menyerap Fe mencapai 85,68% (Prihatini et al., 2022). Studi lain oleh Putri et al. menunjukkan bahwa purun tikus mengakumulasi Fe melalui mekanisme fitostabilisasi dengan nilai *translocation factor* (TF) sebesar 0,77 (R. W. P. Putri et al., 2023). Purun tikus juga mampu menurunkan kadar Hg dengan efisiensi sebesar 97,88% dalam limbah cair (S. Putri et al., 2019). Dalam sistem wetland buatan, purun tikus mampu menyerap Hg meskipun pada konsentrasi rendah sebesar 1 ppm (Yulita et al., 2022).

Sejauh pengetahuan kami, purun tikus belum banyak digunakan dalam fitoremediasi logam Pb, Zn, dan Cu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan fitoremediasi logam berat (Pb, Zn, dan Cu) menggunakan tanaman purun tikus dengan metode potensiometri. Metode potensiometri merupakan metode pengukuran ion logam dalam larutan secara kuantitatif berdasarkan prinsip elektrokimia (Esfandiari & Aliofkhazraei, 2024) dengan biaya yang relatif rendah. Penelitian ini juga mengevaluasi pengaruh variabel penelitian menggunakan uji One-Way ANOVA dan uji lanjut Tukey.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi logam berat (Pb, Zn dan Cu) terhadap waktu dengan kemampuan akumulasi *Eleocharis dulcis* dalam meremediasi logam Pb, Zn dan Cu pada akar, batang dan daun?
2. Bagaimana efisiensi penyerapan logam berat oleh *Eleocharis dulcis* dalam menyerap logam Pb, Zn dan Cu?

3. Bagaimana kemampuan tanaman *Eleocharis dulcis* dalam memindahkan logam berat ke bagian akar, batang dan daun?
4. Bagaimana pengaruh antar variabel remediasi berdasarkan evaluasi statistik?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengkaji pengaruh konsentrasi logam berat (Pb, Zn dan Cu) terhadap waktu dengan kemampuan akumulasi *Eleocharis dulcis* dalam meremediasi logam Pb, Zn dan Cu pada akar, batang dan daun.
2. Mendeterminasi efisiensi penyerapan logam berat oleh *Eleocharis dulcis* dalam menyerap logam Pb, Zn dan Cu.
3. Menganalisis kemampuan tanaman *Eleocharis dulcis* dalam memindahkan logam berat ke bagian akar, batang dan daun?
4. Mengevaluasi pengaruh antar variabel remediasi berdasarkan evaluasi statistik?

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini menjadi informasi tambahan mengenai fitoremediasi logam berat terutama pengaruh berbagai konsentrasi logam berat (Pb, Zn dan Cu) dan waktu terhadap penyerapan logam berat (Pb, Zn dan Cu) pada akar, batang dan daun *Eleocharis dulcis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adabembe, B. A., Fasinmirin, J. T., Olanrewaju, O. O., Dada, A. A., & Faloye, O. T. (2022). Phytoremediation of aquaculture wastewater using *Azolla pinnata* and evaluation of its suitability for irrigation purpose. *Sustainable Water Resources Management*, 8(5), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00753-7>
- Adiloğlu, S., & Göker, M. (2021). Phytoremediation: elimination of hexavalent chromium heavy metal using corn (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*, 49(1), 65–72. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00070-9>
- Adu, J. T., & Aneke, F. I. (2025). Evaluation of heavy metal contamination in landfills from e-waste disposal and its potential as a pollution source for surface water bodies. *Results in Engineering*, 25(September 2024), 104431. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104431>
- Ambarwati, Y. Bahri, S. 2018. ‘Review : Fitoremidiasi Limbah Logam Berat dengan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L)’, *Jurnal Analytical and Envirotmental Chemistry*, 3(2), pp. 139-147-NaN-8267.
- Apdy, A. R. A. R. 2016. ‘Kadar Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Seng (Zn) Pada Tanah Di Sekiar Rumah Susun Pantai Losari Kota Makasar’, *Skripsi*.
- Arthur, E. L, Pamela, J.R. Patricia, J.R, Todd, A.A, Sadika, M.B, Kerl, L.D, Henderson, and Joel, R.C. 2005. ‘Phytoremediation — An Overview Phytoremediation — An Overview’, *Critical Review in Plant Science*, 24(March), pp. 109–122. doi: 10.1080/07352680590952496.
- Asikin, S. and Thamrin, M. 2012. ‘Manfaat Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) Pada Ekosistem Sawah Rawa’, *Jurnal*, 31(1), pp. 35–42.
- Badrul Hisam, N. I., Zakaria, M. Z., Azid, A., Abu Bakar, M. F., & Samsudin, M. S. (2022). Phytoremediation Process of Water Spinach (*Ipomoea aquatica*) in Absorbing Heavy Metal Concentration in Wastewater. *Journal Of Agrobiotechnology*, 13(1S), 131–144. <https://doi.org/10.37231/jab.2022.13.1s.322>
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the

- environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Bow, Y. and Hajar, I. 2014. 'The Application of Potentiometric Methods in Determination Total Organic Carbon Content of Soil', 4(4), pp. 45–48.
- Doran, P. M. 2009. 'Application of Plant Tissue Cultures in Phytoremediation Research: Incentives and Limitations', *Journal Biotechnology and Bioengineering*, 103(May), pp. 60–76. doi: 10.1002/bit.22280.
- Endrinaldi. 2010. 'Logam-Logam Berat Pencemar Lingkungan Dan Efek Terhadap Manusia', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1), pp. 42–46.
- Esfandiari, N., & Aliofkhazraei, M. (2024). Advances in the determination of trace amounts of iron cations through electrochemical methods: A comprehensive review of principles and their limits of detection. *Talanta*, 277(May), 126365. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2024.126365>
- Fadila, M., Arinafril., dan Suheryanto. 2015. Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan Hydrilla verticillata dan Najas indica. *JPS* . 17(3): 111-120.
- Gavrilescu, M. (2022). Enhancing phytoremediation of soils polluted with heavy metals. *Current Opinion in Biotechnology*, 74, 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2021.10.024>
- Gratao, P. L. Prasad, M. Narasimha V. C. Lea, P. F. Azevedo, P.J. Antunes, R. 2005. 'Green Technology For The Clean Up Of Toxic Metals In The Envirotment', *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(Januari), pp. 1–20.
- Handayani, I. F., Setyowati, E. and Santoso, A. M. 2013. 'Efisiensi Fitoremidiasi Pada Air Terkontaminasi Cu Menggunakan Salvinia Molesta Mitchel', *Universitass PGRI Kediri*, 2, pp. 11–16.
- Hariyati, R. .2016. 'Pengembangan Metode Analisis Kreatin Secara Potensiometri Dengan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Molecular Imprinted Polmer', *Skripsi*. Universitas Airlangga.
- Herni. 2011. Analisis Cemarkan Logam Berat Seng (Zn) dan Timbal (Pb) Pada Tiram Bakau (*Crassostrea cucullata*) Asal Kabupaten Takalar Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Fakultas Ilmu Kesehatan UIN Alauddin Makassar.

- Herniwati, Priatmadi.J.B., Yanuwiadi. B., and Soemarno. 2013. Water Plants Characteristic for Phytoremediation of Acid Mine Drainage Passive Treatment. *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*. 13(6): 14-19.
- Ilya E. Zlobin. 2021. Current understanding of plant zinc homeostasis regulation mechanisms. *Plant Physiology and Biochemistry Journal*. Vol. 162. Pages 327-335.
- Irawanto, R. 2010. 'Fitoremidiasi Lingkungan Dalam Taman Bali', *Jurnal*, 2(4), pp. 29–35.
- Ismarti, Amelia, F. and ramses. 2015. 'Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Sedimen dan Kerang di Perairan Batam', *Jurnal Dimensi*, October. doi: 10.33373/dms.v4i3.45.
- Jeffery, G.H, Basset. J, Mendham. J, Denny. R.C. 1989. Vogel's Text book of Quantitative Chemical Analysis. Longman Scientific and Technical. London.
- Jin H.J., Wang H.X. 2019. Plant absorption and tolerance mechanism to heavy metal cadmium: Research progress. *Chin. Agric. Sci. Bull*. Vol: 35. pp :52–57.
- J.L. Hall. 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance, *Journal of Experimental Botany*, Volume 53, Issue 366, , Pages 1–11, <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.1>
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants* (4th ed.). CRC Press.
- Katipana, D. D. 2015 'Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kangkung Air (*Ipomea aquatica* F) di Kampus Unpatti Poka', *Jurnal Biopendix*, 1(2), pp. 153–159.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Kosakivska, I. V., Babenko, L. M., Romanenko, K. O., Korotka, I. Y., & Potters, G. (2021). Molecular mechanisms of plant adaptive responses to heavy metals stress. *Cell Biology International*, 45(2), 258–272. <https://doi.org/10.1002/cbin.11503>

- Lavanya, M. B., Viswanath, D. S., & Sivapullaiah, P. V. (2024). Phytoremediation: An eco-friendly approach for remediation of heavy metal-contaminated soils-A comprehensive review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 22(February), 100975. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.100975>
- Narayanan, M., & Ma, Y. (2023). Mitigation of heavy metal stress in the soil through optimized interaction between plants and microbes. *Journal of Environmental Management*, 345(March), 118732. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118732>
- Melkamu Bekele (2018) ‘Phytoremediation of Tannery Waste Water Using Horizontal Sub Surface Flow Constructed Wetland’, *Thesis Addis Ababa Science and Technology University*, (March).
- Nico. 2000. *Technical Spesification For Nitrate, Nitrite, Ammonium Ion Selective Electrode (ELIT 8021)*. <http://www.nico2000.com> (17 November 2020)
- Nnaji, N. D., Onyeaka, H., Miri, T., & Ugwa, C. (2023). Bioaccumulation for heavy metal removal: a review. *SN Applied Sciences*, 5(5). <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05351-6>
- Parnian, A., & Furze, J. N. (2021). Vertical phytoremediation of wastewater using *Vetiveria zizanioides* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(45), 64150–64155. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11906-6>
- Pathak, H. K., Chauhan, P. K., Seth, C. S., Dubey, G., & Upadhyay, S. K. (2024). Mechanistic and future prospects in rhizospheric engineering for agricultural contaminants removal, soil health restoration, and management of climate change stress. *Science of the Total Environment*, 927(April), 172116. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172116>
- Patandungan, A. 2014. ‘Fitoremidiasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiver zizanioides*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makasar’, *Skripsi*, (Cd), pp. 1–81.
- Paz-alberto, A. M. and Sigua, G. C. 2013. ‘Phytoremediation: A Green Technology to Remove Environmental Pollutants’, *American Journal of Climate Change*, 2(March), pp. 71–86. doi: <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2013.21008>.

- Prihatini, N, Mangkurat, U, Priatmadi, B. Soemarno .2016. ‘Effects of the Purun Tikus (*Eleocharis dulcis* (Burm. F) Trin . ex Hensch) Planted in the Horizontal Subsurface Flow-Constructed Wetlands (HSSF-CW) on Iron (Fe) Concentration of the ... Effects of the Purun Tikus (*Eleocharis dulcis* (Burm . F .)’, *Jurnal of Applied Envirotmental and Biological Sciences*, 6(January), pp. 258–264.
- Prihatini, N. S., Nirtha, I., & Khair, R. M. (2022). Study of Variation of Plant Types of Vertical SubSurface Constructed Wetland Treating Groundwater Contaminated with Iron (Fe). *International Journal of Research and Review*, 9(1), 635–641. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20220174>
- Priyanto, B. and Pratitno, J. 2008. ‘Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Logam Berat’. doi: <http://www.ltl.bppt.tripod.cpm/sublab/ifioral1/html.11> November 2020.
- Primaharinasti. R. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi Elektroda Selektif Ion (ESI) Salbutamol Berbasis Membran Tipe Kawat Terlapis. Borskala Ilmiah Kimia Farmasi.
- Putri, ayu D. D., Yona, D. and Handayani, M. 2016. ‘Kandungan logam berat (Cd, Cu dan Zn) pada air dan sedimen Perairan Pelabuhan Kamal, Kabupaten Bangkalan-Madura’, *Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI*, (November), pp. 533–538.
- Putri, R. W. P., Hariani, P. L., & Arifin, Z. (2023). Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) Purun tikus (*Eleocharis dulcis*) dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(1), 76–82. <https://doi.org/10.35970/jppl.v5i1.1832>
- Rogers, H. S. *et al.* (2008) ‘Mercury Exposure in Young Children Living in New York City Mercury Exposure in Young Children Living in New York City’, *Journal of Urban Health*, 85(February), pp. 39–51. doi: 10.1007/s11524-007-9230-2.
- Saini, M. S. 1989. Kimia Lingkungan. Pusat Studi Antar Universitas Ilmu Hayati Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Santosa, L. F., Sudarno, & Zaman, B. (2021). Potential of local plant *Eleocharis dulcis* for wastewater treatment in constructed wetlands system: Review. *IOP*

- Conference Series: Earth and Environmental Science*, 896(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/896/1/012030>
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36–58. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.11.063>
- Sharma, J. K., Kumar, N., Singh, N. P., & Santal, A. R. (2023). Phytoremediation technologies and their mechanism for removal of heavy metal from contaminated soil: An approach for a sustainable environment. *Frontiers in Plant Science*, 14(January), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1076876>
- Sharma, M., Kant, R., Sharma, A. K., & Sharma, A. K. (2024). Exploring the impact of heavy metals toxicity in the aquatic ecosystem. *International Journal of Energy and Water Resources*, 9(1), 267–280. <https://doi.org/10.1007/s42108-024-00284-1>
- Singh, J., Kumar, V., Kumar, P., & Kumar, P. (2022). Kinetics and prediction modeling of heavy metal phytoremediation from glass industry effluent by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(6), 5481–5492. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03433-9>
- Skoog, D.A. West, D.M, Holler, F.J. 1992. Fundamentals of Analytical Chemistry. 6th Edition. Saunders College Publishing. USA.
- Sompura, Y., Bhardwaj, S., Selwal, G., Soni, V., & Ashokkumar, K. (2024). Unrevealing the potential of aquatic macrophytes for phytoremediation in heavy metal-polluted wastewater. *Journal of Current Opinion in Crop Science*, 5(1), 48–61. <https://doi.org/10.62773/jcocs.v5i1.233>
- Sudarwin. 2008. ‘Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang’, *Tesis*, (Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang).
- Suheryanto, Fanani, Z. and Meilina, L. 2019. ‘Validasi Metode Potensiometri Untuk Penentuan Logam Timbah (Pb) Pada Sampel Lindi’, *Prosiding PPIS*, (Oktober), pp. 229–234.

- Sy. Umami Kalsum., A. Napoleon., dan Bambang Yudono. 2014. Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*), Hydrilla (*Hydrilla verticillata*), dan Rumpun Payung (*Cyperus alternifolius*) dalam Pengolahan Limbah Grey Water. *Jurnal Penelitian Sains*, 17(1): 20-25.
- Tang, Z., Wang, H. Q., Chen, J., Chang, J. D., & Zhao, F. J. (2023). Molecular mechanisms underlying the toxicity and detoxification of trace metals and metalloids in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 65(2), 570–593. <https://doi.org/10.1111/jipb.13440>
- Tchounwou, P. B. Yedjou, C. G. Patlolla, A.K and Dwayne J Sutton .2014. 'Heavy Metals Toxicity and the Environment', 101, pp. 133–164. doi: 10.1007/978-3-7643-8340-4.
- Ullah, S., Liu, Q., Wang, S., Jan, A. U., Sharif, H. M. A., Ditta, A., Wang, G., & Cheng, H. (2023). Sources, impacts, factors affecting Cr uptake in plants, and mechanisms behind phytoremediation of Cr-contaminated soils. *Science of the Total Environment*, 899(May), 165726. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165726>
- Yaashikaa, P. R., Kumar, P. S., Jeevanantham, S., & Saravanan, R. (2022). A review on bioremediation approach for heavy metal detoxification and accumulation in plants. *Environmental Pollution*, 301(December 2021), 119035. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119035>
- Yulita, Winardi, & Jumiati. (2022). Remediasi Air Tercemar Merkuri Menggunakan Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Metode Lahan Basah Buatan. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(3), 212–221. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v10i3.212-221>
- Zhang, Y., Xu, H., Hu, Z., Yang, G., Yu, X., Chen, Q., Zheng, L., & Yan, Z. (2022). *Eleocharis dulcis* corm: phytochemicals, health benefits, processing and food products. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 102, Issue 1). <https://doi.org/10.1002/jsfa.1150>