

**EFEKTIVITAS TANAMAN AIR FROGBIT (*Hydrocharis* sp.) TERHADAP
REMEDIASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

SKRIPSI

Oleh:

DEWI RETNO FEBRIYANTI

22101061022



PROGRAM STUDI BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

TAHUN 2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
“EFEKTIVITAS TANAMAN AIR FROGBIT (*Hydrocharis* sp.)
TERHADAP REMEDIASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)”

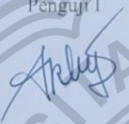
Dewi Retno Febriyanti
22101061022

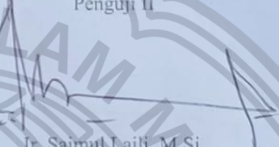
Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Islam Malang
pada tanggal 11 Juli 2025

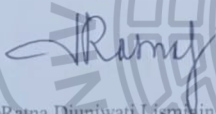
Mengesahkan,

Penguji I

Penguji II


Dr. Dra. Ari Hayati, M.P.
NPP. 1900200021
Pembimbing I


Ir. Saimul Laili, M.Si.
NPP. 1890200015
Pembimbing II


Dr. Ratna Djuniwati Lismuwingsih, M.Si.
NIP. 196406171988032001


Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si, M.Si.
NPP. 192901199232146

Mengetahui,

Dekan

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Malang


Dr. Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si.
NPP. 191405197932145

iii

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dewi Retno Febriyanti
NPM : 22101061022
Program Studi : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan Pembimbing:

1. Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si
2. Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si, M.Si.

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "EFEKTIVITAS TANAMAN AIR FROGBIT (*Hydrocharis* sp.) TERHADAP REMEDIASI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)" adalah murni hasil pengerjaan saya dan tanpa ada unsur plagiat, manipulasi data, dan mengubah hasil penelitian secara tidak objektif serta mensitasi sesuai dengan sumber yang ada. Saya akan bertanggung jawab atas orisinalitas skripsi saya dan mentaati Keputusan Menteri Pendidikan Nasional (Depdiknas) Nomor 17 Tahun 2010 tentang plagiarisme di Pendidikan tinggi.

Malang, 11 Juli 2025



Dewi Retno Febriyanti

22101061022

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PERSETUJUAN

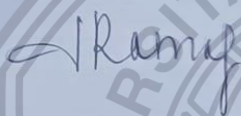
Nama : Dewi Retno Febriyanti
NPM : 22101061022
Judul : Efektivitas Tanaman Air Frogbit (*Hydrocharis sp.*)
Terhadap Remediasi Logam Berat Timbal (Pb)

Telah disetujui untuk dipresentasikan pada Sidang Skripsi di Program Studi
Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam
Malang

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si.
NIP. 196406171988032001



Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si, M.Si.
NPP. 192901199232146

Mengetahui,

Wakil Dekan I

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Malang



Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si, M.Si.
NPP. 192901199232146

v

RIWAYAT HIDUP



Nama	Dewi Retno Febriyanti
Tempat, tanggal lahir	Malang, 9 Februari 2003
Nama Orang Tua	
Bapak	Mujiman
Ibu	Alimah
Alamat	Jl.Tunggul Ametung Gg. Sumber No.23

Riwayat Pendidikan

Periode	Sekolah / Universitas	Bidang Ilmu
2021-2025	Universitas Islam Malang	S1-Biologi
2018-2021	SMA/MA	IPA
2016-2018	SMP/MTs	-
2009-2015	SD/MI	-

Riwayat Organisasi

Periode	Organisasi	Jabatan
2022-2023	KSR Universitas Islam Malang	Anggota
2023-2024	Karang Taruna	Bendahara

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT yang selaku melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Skripsi yang berjudul **“EFEKTIVITAS TANAMAN AIR FROGBIT (*Hydrocharis* sp.) TERHADAP REMEDIASI LOGAM BERAT TIMBAL (PB)”**. Penelitian ini dilakukan untuk menambah pengetahuan, keterampilan, dan pengalaman dalam penanganan pencemaran lingkungan.

Dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

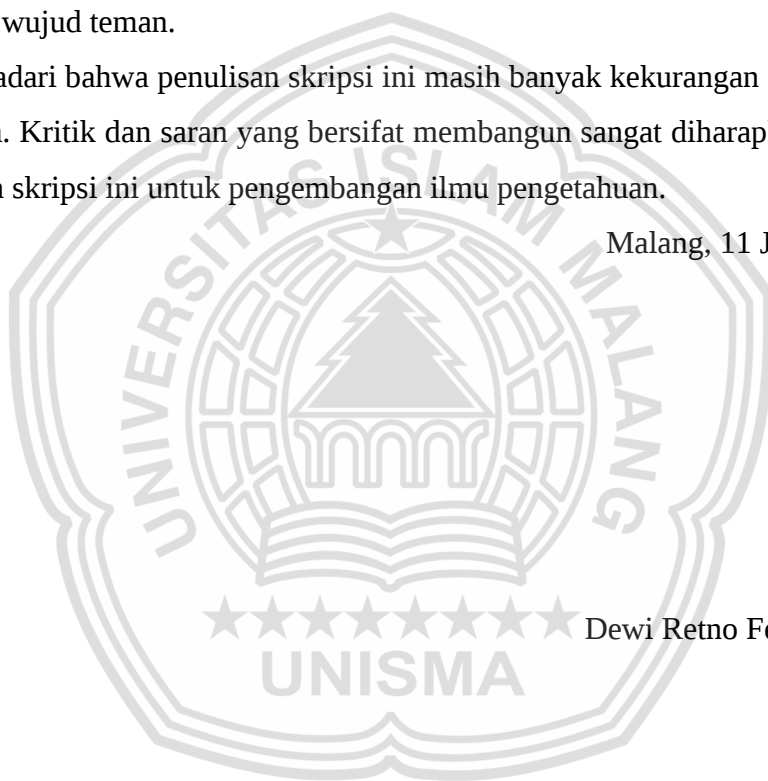
1. Prof. Drs. H. Junaidi, M.Pd., Ph.D, selaku Rektor Universitas Islam Malang yang telah memberikan motivasi di setiap sambutan yang beliau sampaikan.
2. Dr. Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si, selaku Dekan Fakultas mipa unsima yang telah memberikan masukan dan motivasi selama perkuliahan.
3. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si, selaku dosen pembimbing I, dan Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si, M.Si, selaku dosen pembimbing II, atas waktu, bimbingan berharga, serta kesabaran luas biasa yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Arahan yang diberikan sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dengan baik.
4. Terima kasih saya sampaikan kepada Dr. Dra. Ari Hayati, M.P., dan Ir. Saimul Laili, M.Si., selaku dosen penguji, atas waktu, bimbingan, dan kritik konstruktif yang sangat membantu dalam penyempurnaan dan peningkatan kualitas penelitian ini.
5. Alm. Mujiman dan Alimah, selaku orang tua penulis. Terima kasih atas segala pengorbanan dan tulus kasih yang diberikan. Beliau memang tidak sempat merasakan Pendidikan di bangku perkuliahan, namun mereka mampu senantiasa memberikan yang terbaik, tak kenal Lelah mendoakan serta memberikan perhatian dan dukungan hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai meraih gelar sarjana. Semoga ayah bangga di sana dan ibu sehat, panjang umur dan bahagia selalu.
6. Virman Teguh Fitrianto, selaku saudara penulis yang membantu penulis dalam mengkoreksi format penulisan skripsi.

7. Drajad Azis Darmawan, selaku teman penulis yang membantu dalam mengoreksi tata bahasa dan penulisan skripsi yang baik.
8. Nafisa, S.Si, selaku laboran yang membantu proses penelitian atas berjalannya skripsi ini.
9. Nihlatus Sofiyah, teman penulis yang membantu secara dukungan dan motivasi agar penulis mampu menyelesaikan studi dengan tepat waktu. Terima kasih atas waktu yang diberikan sehingga penulis dapat menjalani aktivitas perkuliahan dengan semangat. Terima kasih atas bantuan dan kasih sayang yang tidak terhingga sehingga penulis merasa dicintai sepenuhnya dalam wujud teman.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan bagi kesempurnaan skripsi ini untuk pengembangan ilmu pengetahuan.

Malang, 11 Juli 2025

Penulis



Dewi Retno Febriyanti

ABSTRAK

Dewi Retno Febriyanti (22101061022) **Efektivitas Tanaman Air Frogbit (*Hydrocharis sp.*) Terhadap Remediasi Logam Berat Timbal (Pb)**

Dosen Pembimbing I: Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si

Dosen Pembimbing II: Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si, M.Si

Pencemaran perairan oleh logam berat merupakan permasalahan lingkungan yang serius karena dapat menurunkan kualitas air dan mengancam keberlangsungan ekosistem akuatik. Salah satu logam berat yang bersifat toksik dan sering dijumpai dalam limbah industri, konstruksi bangunan, dan domestik, serta pertambangan adalah timbal (Pb). Masuknya timbal ke dalam lingkungan perairan, baik secara langsung maupun tidak langsung akibat aktivitas manusia berpotensi menimbulkan dampak ekologis yang merugikan terutama di Kawasan industri dan permukiman di sepanjang aliran sungai. Paparan timbal dalam jangka Panjang diketahui dapat mengganggu pertumbuhan serta kelangsungan hidup organisme perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan tanaman air frogbit (*Hydrocharis sp.*) dalam menyerap logam berat timbal (Pb), mengevaluasi efektivitasnya terhadap parameter pertumbuhan (bobot basah tanaman dan luas permukaan daun), serta menganalisis respon tanaman terhadap faktor abiotik media tanamanan sebagai variabel kontrol. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari analisis secara lapang dan uji AAS konsentrasi timbal. Metode penelitian ini merupakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan konsentrasi timbal, yaitu kontrol (0ppm), 0,43 ppm, 2,43 ppm, dan 4,43 ppm, masing-masing diulang sebanyak enam kali. Parameter yang diamati meliputi bobot basah tanaman, luas permukaan daun, konsentrasi serapan timbal (Pb) di bagian akar, dan faktor abiotik (pH, suhu, dan DO). Hasil penelitian menunjukkan tanaman air frogbit (*Hydrocharis sp.*) berpotensi menyerap logam berat pada konsentrasi 0,43 ppm sebesar 0,269 mg/L dengan penambahan bobot tanaman 115,24 g. Sedangkan luas permukaan daun tidak berbeda signifikan ($p\text{-value} > 0,05$). Faktor abiotik suhu pada media tanaman *Hydrocharis sp.* berpengaruh positif terhadap bobot tanaman. Sedangkan DO dan pH berpengaruh negatif terhadap bobot tanaman dan luas permukaan.

Kata Kunci: Timbal (Pb), Frogbit, Efektivitas, Pertumbuhan, dan Faktor Abiotik

ABSTRACT

Dewi Retno Febriyanti (22101061022) **Effectiveness of Frogbit Aquatic Plants (*Hydrocharis* sp.) Against Lead Heavy Metal (Pb) Remediation**

Thesis advisor I: Dr. Ratna Djuniwati Lisminingsih, M.Si

Thesis advisor II: Hamdani Dwi Prasetyo, S.Si, M.Si

Pollution of waters by heavy metals is a serious environmental problem because it can reduce water quality and threaten the sustainability of aquatic ecosystems. One of the heavy metals that is toxic and often found in industrial, construction, and domestic waste, as well as mining is lead (Pb). The entry of lead into the aquatic environment, either directly or indirectly due to human activities, has the potential to cause adverse ecological impacts, especially in industrial areas and settlements along river flows. Long-term exposure to lead is known to interfere with the growth and survival of aquatic organisms. This study aims to examine the ability of frogbit aquatic plants (*Hydrocharis* sp.) to absorb lead heavy metals (Pb), evaluate their effectiveness on growth parameters (plant wet weight and leaf surface area), and analyze plant response to abiotic factors of plant media as control variables. The research method used in this study came from field analysis and lead concentration AAS test. This research method is a Group Random Design (RAK) with four lead concentration treatments, namely control (0ppm), 0.43 ppm, 2.43 ppm, and 4.43 ppm, each repeated as many times. The observed parameters included the wet weight of the plant, the leaf surface area, the concentration of lead absorption (Pb) in the roots, and abiotic factors (pH, temperature, and DO). The results showed that frogbit aquatic plants (*Hydrocharis* sp.) have the potential to absorb heavy metals at a concentration of 0.43 ppm of 0.269 mg/L with an increase in plant weight of 115.24 g. Meanwhile, the leaf surface area did not differ significantly ($p\text{-value} > 0.05$). The temperature abiotic factor in the plant media of *Hydrocharis* sp. has a positive effect on the weight of the plant. Meanwhile, DO and pH have a negative effect on plant weight and surface area.

Keywords: Lead (Pb), Frogbit, Effectiveness, Growth, and Abiotic Factors

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah yang mengandung logam berat pada kawasan perairan merupakan permasalahan lingkungan yang serius. Limbah yang mengandung logam berat memiliki dampak negatif, yakni kematian (*lethal*) dan non-kematian (*sublethal*) pada organisme akuatik seperti gangguan pertumbuhan, perilaku, dan karakteristik morfologi (Effendi dkk., 2012). Logam yang masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui permukaan tubuh, saluran pencernaan, otot, hati, dan insang akan terakumulasi dan didistribusikan dengan cepat ke seluruh tubuh (Azaman dkk., 2015). Sedangkan dampak negatif logam berat pada ekosistem akuatik adalah penurunan kualitas air (Arkianti dkk., 2019). Salah satu logam berat yang bersifat toksik adalah timbal (Pb). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, konsentrasi timbal yang aman bagi lingkungan perairan adalah 0,01 mg/L (Kabuhung dkk., 2013).

Timbal sering ditemukan pada limbah pembuangan industri, limbah konstruksi bangunan, limbah rumah tangga, dan limbah pertambangan (Sofiana dkk., 2021). Timbal mencemari perairan melalui aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Kualitas air di kawasan sekitar industri dan pemukiman sepanjang aliran sungai seringkali tercemar oleh emisi logam berat timbal yang mengancam kualitas air apabila dikonsumsi dan mengganggu pertumbuhan jumlah biota (Mardani dkk., 2018). Meskipun pemerintah telah menetapkan regulasi mengenai pengolahan limbah yang tertuang dalam PP No. 22 Tahun 2021 yang menjelaskan persetujuan teknis terkait pemenuhan baku mutu air limbah, emisi, pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), serta analisis dampak lalu lintas sebelum mengajukan dokumen lingkungan hidup berupa analisis mengenai dampak lingkungan hidup. Pengolahan limbah yang kurang baik akan berdampak secara meluas terhadap kualitas hidup masyarakat dan kerusakan lingkungan yang serius.

Berbagai jenis metode diupayakan dalam meremediasi lingkungan agar pencemaran logam berat dapat diurai. Salah satu metode dalam mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan teknik fitoremediasi. Fitoremediasi

merupakan suatu teknik yang ramah lingkungan dalam mengurangi konsentrasi timbal pada air. Teknik fitoremediasi menggunakan tanaman sebagai media detoksifikasi kontaminan timbal, sehingga berkontribusi dalam pemulihan ekosistem yang tercemar. Implementasi fitoremediasi membutuhkan pemahaman terkait pencemaran logam dan senyawa organik yang mempengaruhi serapan logam berat pada ekosistem. Efektivitas teknik fitoremediasi dalam menyerap logam berat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk jenis kontaminan, spesies tanaman yang digunakan, serta kondisi perairan, dan lingkungan sekitarnya. Tanaman yang mampu melakukan fitoremediasi melalui penyerapan zat kontaminan secara alami maupun zat khusus dalam tubuhnya adalah tanaman air (Sila dkk., 2024). Tanaman air yang berpotensi dapat melakukan fitoremediasi dalam mengatasi pencemaran logam berat timbal diantaranya Frogbit (*Hydrocharis* sp.). Tanaman tersebut berkontribusi menyerap kontaminasi logam berat di air melalui fitoremediasi dengan mekanisme rhizofiltrasi (Galczynska dkk., 2023). Mekanisme fitoremediasi dibagi menjadi beberapa macam, yakni fitoekstraksi, fitostabilisasi, rhizodegradasi, rhizofiltrasi, gradasi fitode, dan fitovolatilisasi (Aznur dkk., 2022). Tanaman frogbit yang berada di lingkungan tercemar mengalami pertumbuhan cepat dan biomassa tanaman bertambah sehingga banyak polutan yang terserap. Tanaman frogbit memiliki daya adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, sistem akar yang ekstensif, dan bioakumulasi dalam konsentrasi tinggi daripada konsentrasi lingkungan.

Penelitian terkait efektivitas frogbit belum diteliti secara spesifik dalam mengakumulasi limbah timbal, namun potensi remediasi logam berat oleh tanaman dengan genus *Hydrocharis*, seperti *Hydrocharis morsus-ranae* menunjukkan bahwa tanaman tersebut mengakumulasi beberapa logam berat, seperti timbal, tembaga, dan seng dengan konsentrasi tinggi sehingga berpotensi sebagai fitoremediasi (Galczynska dkk., 2023). Meskipun terdapat bukti yang mendukung potensi tanaman frogbit dalam remediasi timbal, penelitian secara spesifik mengenai akumulasi dan translokasi timbal masih terbatas. Penelitian eksperimental mengenai kemampuan *Hydrocharis* sp. dalam mengakumulasi timbal, analisis terhadap faktor abiotik (pH, suhu, dan Dissolved Oxygen (DO)), dan mekanisme biologis yang mendasari memerlukan eksplorasi lebih lanjut.

Dalam penelitian ini, beberapa parameter yang diamati adalah akumulasi kadar timbal setelah perlakuan menggunakan tanaman frogbit, faktor abiotik pada media air serta pertumbuhan tanaman berupa luas permukaan daun dan bobot tanaman yang menunjukkan keberhasilan proses fitoremediasi. Penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah logam berat yang ramah lingkungan serta meningkatkan potensi tanaman frogbit sebagai fitoremediator. Implikasi penelitian ini tidak hanya terbatas pada peningkatan kualitas air daerah tercemar timbal namun juga memperluas penerapan fitoremediasi di kawasan lain. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi efektivitas tanaman frogbit terhadap remediasi timbal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Bagaimana potensi tanaman *Hydrocharis* sp. dalam menyerap logam berat timbal (Pb) pada konsentrasi tertentu?
2. Bagaimana efektivitas tanaman *Hydrocharis* sp. dalam remediasi logam berat timbal (Pb) ditinjau dari bobot tanaman dan luas permukaan daun?
3. Apakah faktor abiotik pada media tanaman mempengaruhi bobot tanaman dan luas permukaan daun *Hydrocharis* sp.?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui potensi tanaman *Hydrocharis* sp. dalam menyerap logam berat timbal (Pb) pada konsentrasi tertentu.
2. Mengetahui efektivitas tanaman air *Hydrocharis* sp. dalam remediasi logam berat timbal (Pb) ditinjau dari bobot tanaman dan luas permukaan daun.
3. Menganalisis hubungan faktor abiotik pada media tanaman yang berpengaruh terhadap bobot tanaman dan luas permukaan daun *Hydrocharis* sp..

1.4 Batasan Penelitian

Pembatasan dalam suatu penelitian bertujuan untuk mencegah adanya penyimpangan atau perluasan pokok masalah sehingga penelitian dapat lebih fokus dan memudahkan dalam pembahasan, serta mencapai tujuan dalam penelitian. Beberapa Batasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sampel *Hydrocharis* sp. yang digunakan berupa bibit berumur 2 bulan dan tidak memiliki stolon.
2. Parameter pertumbuhan *Hydrocharis* sp. yang diukur meliputi bobot tanaman dan luas permukaan daun.
3. Faktor abiotik media tanaman yang diamati meliputi suhu, DO, dan pH.
4. Potensi *Hydrocharis* sp. berfokus pada penyerapan konsentrasi timbal.
5. Efektivitas *Hydrocharis* sp berfokus pada pertumbuhan tanaman yang ditinjau dari pertambahan bobot tanaman dan luas permukaan daun.
6. Organ yang digunakan untuk mengetahui serapan timbal adalah organ akar.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari skripsi ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

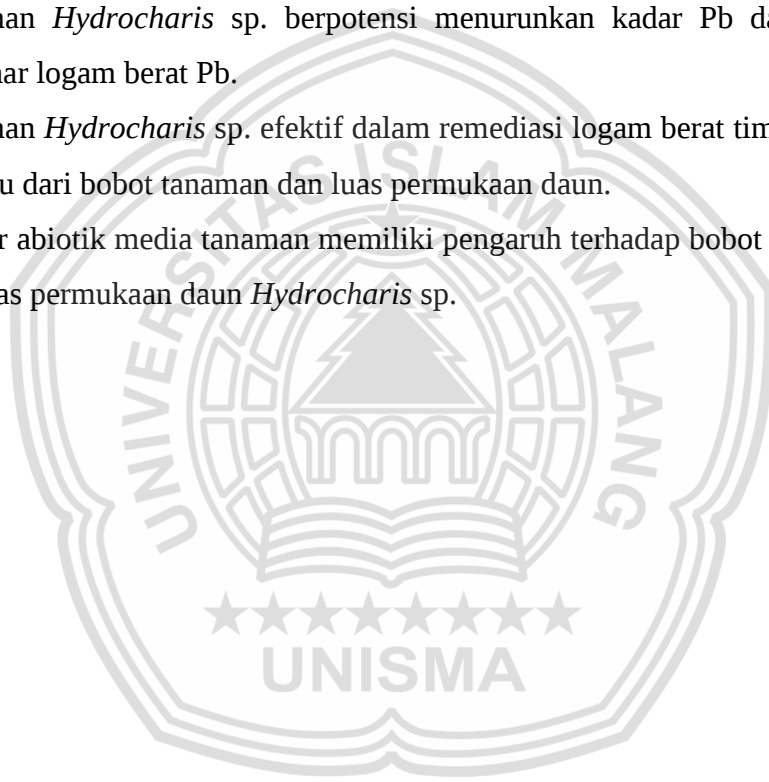
1. Bagi Mahasiswa
Penelitian ini diharapkan mengetahui konsep dasar mengenai pencemaran logam berat, fitoremediasi, serta karakteristik berbagai jenis tanaman air, melatih ketrampilan dalam merancang eksperimen, memiliki kemampuan berpikir kritis dalam menganalisis hasil penelitian, memicu minat mahasiswa dalam meneliti lebih lanjut di bidang konservasi lingkungan, dan mengaitkan hasil penelitian dengan teori yang dipelajari
2. Bagi Masyarakat
Meningkatkan kesadaran masyarakat dalam konservasi lingkungan yang tercemar logam berat limbah yang ramah lingkungan, membantu mengidentifikasi jenis tanaman air lokal yang berpotensi sebagai fitoremediator, dan mendorong pengembangan teknologi fitoremediasi sesuai kondisi lokal.
3. Instansi

Penelitian ini meningkatkan visibilitas kampus, meningkatkan prestise kampus sebagai lembaga pendidikan yang berkomitmen pada pengembangan ilmu pengetahuan atas permasalahan masyarakat, memperkaya khasanah ilmu pengetahuan terkait konservasi lingkungan perairan, membuka peluang kerja sama dengan lembaga penelitian lain dan inovasi pengembangan bahan ajar pada beberapa mata kuliah.

1.6 Hipotesis

Adapun hipotesis penelitian ini adalah:

1. Tanaman *Hydrocharis* sp. berpotensi menurunkan kadar Pb dalam air tercemar logam berat Pb.
2. Tanaman *Hydrocharis* sp. efektif dalam remediasi logam berat timbal (Pb) ditinjau dari bobot tanaman dan luas permukaan daun.
3. Faktor abiotik media tanaman memiliki pengaruh terhadap bobot tanaman dan luas permukaan daun *Hydrocharis* sp.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanaman *Hydrocharis* sp. memiliki potensi dalam menyerap logam berat timbal (Pb) pada konsentrasi tertentu. Penyerapan terbaik terjadi pada konsentrasi rendah (0,433 ppm), yang menunjukkan bahwa tanaman ini mampu berperan sebagai agen fitoremediasi secara alami di perairan yang tercemar ringan.
2. Efektivitas *hydrocharis* sp. dalam proses remediasi logam berat timbal terlihat dari adanya peningkatan bobot tanaman setelah pemaparan. Peningkatan bobot tersebut mengindikasikan proses pertumbuhan yang baik selama penyerapan timbal berlangsung. Namun, luas permukaan daun tidak menunjukkan perubahan yang berarti, sehingga parameter ini tidak dapat dijadikan ukuran utama dalam menilai keberhasilan remediasi oleh tanaman *Hydrocharis* sp.
3. Faktor abiotik dalam media tanaman turut mempengaruhi efektivitas remediasi. Suhu berperan positif dalam mendukung pertumbuhan bobot tanaman, sementara pH dan kadar oksigen terlarut (DO) menunjukkan pengaruh negatif terhadap pertumbuhan tanaman jika berada di luar batas normal. Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan fitoremediasi tidak hanya bergantung pada kemampuan tanaman, tetapi juga pada kondisi lingkungan yang mendukung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu uji lebih lanjut dalam penelitian mengenai mikroorganisme yang berperan dalam oksigen media tanaman frogbit, kadar klorofil dan intensitas cahaya pada daun yang mempengaruhi fotosintesis tanaman frogbit.

2. Perlu uji lebih lanjut mengenai konsentrasi timbal pada daun frogbit menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai analisis struktur anatomi dan jaringan organ vegetatif pada tanaman fitoremediasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, R. A., Bonny, P. W., Achmad, & Soekarno. (2015). Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Penyakit Mati Pucuk Pada Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, Vol. 12(3), 153-163.
- Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmetal Chemistry and Ecotoxicology of Hazardous Heavy Metals: Environmetal Persistence, Toxixity, and Bioaccumulation. *Journal Chem.* doi:<https://doi.org/10.1155/2019/6730305>
- Ali, M. (2015). Pengaruh Dosis Pemupukan NPK Terhadap Produksi dan Kandungan Capsaicin Pada Buah Tanaman Cabe Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Agrosains: Karya Kreatif dan Inovatif*, Vol. 2, 171-178. Retrieved from <http://uim.ac.id/jurnal/index.php/pertanian/article/viewFile/256/194>
- Ansari, A., & Gill, S. S. (2014). *Eutrophication: Causes, Consequences and Control* (Vol. 2). Springer. doi:10.1007/978
- Aona, L. Y., De Sousa, D. J., De Carvalho, M. L., & Da Costa, G. M. (2017). Flora of Bahia: Hydrocharitaceae. *SITIENTIBUS série Ciências Biológicas*, 17, 1-8. doi:10.13102/scb1638.
- Aran, D. S., Harguinteguy, C. A., Fernandez, C. A., & Pignata, M. L. (2017). Phytoextraction of Pb, Cr, Ni, and Zn using the aquatic plant *Limnobium laevigatum* and its potential use in the treatment of wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 18295-18308.
- Arini, D. S. (2025, Maret 6). *Budidaya Amazon Frogbit untuk Pemula*. Retrieved from Harapan Rakyat.com: <https://www.harapanrakyat.com/2025/03/budidaya-amazon-frogbit-untuk-pemula/>
- Arkianti, N., Dewi, K. N., & Martuti, T. K. (2019). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Ikan di Sungai Lamat Kabupaten Magelang. *Life Science Journal*, Vol. 8(1), 54-63. Retrieved from <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Arora, S. (2017). Review of Heavy Metal Contamination in Soil. *International Journal of Environmetal Sciences and Natural Resources*, Vol. 3(5). doi:<https://doi.org/10.19080/ijesnr.2017.03.555625>
- Aruan, R. G. (2017). Penentu Kadar Dissolved Oxygen (DO) Pada Air Sungai Sidorasi di Daerah Butar Kecamatan Pagaran Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Analisis Laboratorium Medik*, 2. Retrieved from <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/ALM>

- Asriani. (2017). *Identifikasi Logam Tembaga (Cu) pada Zonasi Radius 1-5 Km Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang Makassar Terhadap Pengaruh Kualitas Air Sumur Gali*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alaudin Makassar.
- Azaman, A., Juahir, H., Yunus, K., Azida, A., Kamarudin, M. A., & Toriman, M. E. (2015). Heavy Metal in Fish: Analysis and Human Health A Review. *Jurnal Teknologi*, Vol. 77(1), 61-69. doi:<https://doi.org/10.11113/jt.v77.4182>
- Aznur, S. B., Nisa, K. S., & Septiono, A. W. (2022). Agen Biologis Potensial untuk Bioremediasi Logam Berat. *Jurnal Maiyah*, Vol.1(4), 186-198. doi:<https://doi.org/10.20884/1.maiyah.2022.1.4.7442>
- Baghel, M., Nagaraja, A., & Srivastav, M. (2019). Pleiotropic Influences of Brassinosteroids on Fruit Crops: A Review. *Jurnal Plant Growht Regul*, 87, 375-388. doi:<https://doi.org/10.1007/s10725-018-0471-8>
- Bayu, S. A. (2022, September). Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, dan As) pada Rumput Laut (*Eucheuma cottoni*) (Studi Kasus: Perairan Laut Wongsorejo, Banyuwangi). *Jurnal Grouper*, Vol. 13(2), 168-176. Retrieved from <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/125230>
- Blanco, F. F., & Folegatti, V. M. (2003). *A New Method for Estimating the Leaf Area Index of Cucumber and Tomato Plants* (Vol. Vol. 21). Horticultura Brasileira.
- Brink, G. O., Flink, J. R., & Sachri, S. (1984). *Dasar-dasar Ilmu Instrumen*. Jakarta: Binacipta.
- Budiastuti, P., Raharjo, M., & Dewanti, N. A. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*.
- Christenhusz, M. M., Fay, M. F., & Byng, J. W. (2018). *The Global Flora: A Pratical Flora to Vascular Plant Species of The World*. Bradford: Plant Gateway Ltd.
- Collin, M. S., Venkatraman, S. K., Vijayakumar, N., Kanimozhi, V., Arbaaz, S. M., Stacey, R. G., . . . Swamiappan, S. (2022). Bioaccumulation of Lead (Pb) and It's Effects on Human: A Review. *Jurnal Hazard*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100094>
- DAF, D. F. (2021). Amazon frogbit: *Limnobium laevigatum*.
- Damanik, M. O. (2018). Phytotraetment Limbah Cair Tempe dengan Menggunakan *Cyperus rotundus* L. dan *Scirpus grossus*. In *Tugas Akhir*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Day, & Underwood. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif*. Jakarta: Erlangga.

- Effendi, & Hefni. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: PT.Kanisius.
- Effendi, F., Tresnaningsih, E., Sulistomo, A. W., Wibowo, S., & Hudoyo, K. S. (2012). *Penyakit Akibat Kerja Karena Paparan Logam Berat*. Jakarta: Direktorat Kesehatan Kerja dan Olahraga Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Emilia, I., Suheryanto, & Hanafiah, Z. (2013). Distribusi Logam Kadmium dalam Air dan Sedimen di Sungai Musi Kota Palembang. *Jurnal Penelitian Sains*, Vol. 16(2). doi:10.36706/jps.v16i2.73
- Engwa, G. A., Ferdinand, P. U., Nwalo, F. N., & Unachukwu, M. N. (2019). Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans. doi:https://doi.org/10.5772/intechopen.82511
- Galczyńska, M., Gamrat, R., & Ciemiński, A. (2023). An Analysis of the Reaction of Frogbit (*Hydrocharis morsus-ranae* L.) to Cadmium Contamination with a View to Its Use in the Phytoremediation of Water Bodies. *Applied Sciences Journal*, Vol. 13(2), 1197. doi:https://doi.org/10.3390/app13021197
- Gazali, A., Hamsina, & Payung, T. S. (2022). Uji Cemaran Logam Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Dalam Air Conditioner (AC) di Kawasan PT. Freeport Indonesia. *Jurnal Saintis*, Vol. 3(2), 50-61.
- Georgieva, M., & Vassileva, V. (2023). Stress Management in Plants: Examining Provisional and Unique Dose-Dependent Responses. *International Journal of Molecular Science*, Vol. 24(6), 5105. doi:https://doi.org/10.3390/ijms24065105
- Gidlow, D. A. (2015). Lead Toxicity. *Occupational Medicine Journal*, Vol. 65(5), 348-356. doi:https://doi.org/10.1093/occmed/kqv018
- Greene, & Deni. (1993). *Effects of Lead on The Environment* (Vol. Vol. 1). Lead Action News.
- Gupta, D. K., Huang, H. G., & Corpas, F. J. (2013). Lead Tolerance in Plants: Strategies for Phytoremediation. *Environmental Science and Pollution Research Journal*, Vol. 20(4), 2150–2161. doi:https://doi.org/10.1007/s11356-013-1485-4
- Hafsan. (2022). *Prospek dan Perkembangan Bioteknologi Mikroba*. Depok: PT RAJAGRAFINDO PERSADA.
- Hardiyanti, Y. M. (2017). Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Pada Daun Glodokan Tiang (*Polylathia longifolia*) di Jalan A.P. Pettrani Kota Makassar. *Skripsi*.

- Haryanti, Sri, Setiari, N., Hastuti, B. R., Hastuti, E. D., & Nurchayati, Y. (2009). Respon Fisiologi dan Anatomi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solm) di Berbagai Perairan Tercemar. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*, Vol. 10(1), 30-40.
- Hawrot-Paw, M., Koniuszy, A., Galczyńska, M., Zajac, G., & Szaślak-Bargłowicz, J. (2020). Production of Microalgal Biomass Using Aquaculture Wastewater as Growth Medium. *Water Journal*, Vol. 12(1), 106. doi:<https://doi.org/10.3390/w12010106>
- Hayat, K., Khan, A., Bibi, F., Salahuddin, Murad, W., Fu, Y., . . . Al-Harrasi, A. (2021). Effect of Cadmium and Cooper Exposure on Growth, Physiochemicals and Medical Properties of *Cajanus cajan* L. (pigeon pea). *Jurnal Metabolites*, Vol. 11(11), 769. doi:<https://doi.org/10.3390/metabo11110769>
- Hedberg, I., & Edwards, S. (1995). *Flora of Ethiopia and Eritrea*. Vol. 7.
- Hidrawati, Syam, N., & Ayu, N. (2023, September 2). Fitoremediasi Timbal (Pb) Pada Air Tercemar Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Apu-Apu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Agrotek*, Vol. 7(2), 205-214.
- Hidup, K. L. (2017). *Kementrian Lingkungan*. Retrieved from <https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/1153/230626135941IKLH%202017.pdf>
- Howard, G. W., Hyde, M. A., & Bingham, M. G. (2016). Alien *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine (Hydrocharitaceae) becoming prevalent in Zimbabwe and Zambia. *BioInvasions Record Journal*, Vol. 5(4), 221-225. doi:10.3391/bir.2016.5.4.05
- Inayah, S. N. (2010). Studi Kandungan Pb dan Kadar Debu Pada Daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) dan Rumput Gajah Mini (*Axonopus* sp) di Pusat Kota Tangerang. *Skripsi*.
- Indonesia, G. B. (2024, Maret 14). *Pengolahan Air / Air Limbah (IPAL): Kenali Standar Baku Air Limbah Domestik Dan Perusahaan*. Retrieved from PT Grinviro Biotekno Indonesia: <https://grinvirobiotekno.com/2024/03/14/baku-mutu-air-limbah-domestik/#:~:text=Standar%20Baku%20Mutu%20sesuai%20Peraturan%20Menteri%20LHK,-Proses%20pengolahan%20air&text=Kandungan%20BOD%20tidak%20boleh%20melebihi%2030%20miligram%20per%20liter>
- Indonesia, K. K. (2021). *Peraturan Perundang-undangan No. 22 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Retrieved from http://jdih.menlhk.go.id/new2/home/portofolioDetails2/PP_22_TAHUN_2

021_PENYELENGGARAAN_LH_c_menlhk_02222021144819.pdf/22/2021/7

- Irhamni, I., Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. (2017). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, Vol. 1(2), 75-84.
- Istiak, M. A., Khan, R. H., Rony, J. H., Syeed, M. M., Ashrafuzzaman, M., Karim, M. R., . . . Uddin, M. F. (2024). Aquaplant Dataset: A High-Resolution Aquatic Plant Classification and Segmentation Image Dataset Using UAV. *Scientific Data Journal*, Vol. 11(1). doi:<https://doi.org/10.1038/s41597-024-04155-6>
- Jayadi, E. M. (2015). *Ekologi Tumbuhan*. Mataram: Institus Agama Islam Negeri (IAIN) Mataram.
- Kabuhung, A., Sembel, D., & Rumengan, I. F. (2013). Kadar Logam Berat (Pb, Cd, Hg, dan As) Pada Sumber dan Air Minum Isi Ulang (AMIU) di Kota Manado. In *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, Vol. 1(1), 30-40.
- Kafle, A., Timilsina, A., Gautam, A., Adhikari, K., Bhattarai, A., & Aryal, N. (2022). Phytoremediation: Mechanisms, Plant Selection and Enhancement By Natural and Synthetic Agents. *Journal Enviromental Advances*, 1-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100203>
- Khalid, S., Shahid, M., Niazi, N. K., Murtaza, B., Bibi, I., & Dumat, C. (2017, November). A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Jurnal Geochem*, 247-268. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.11.021>
- Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Koryati, T., Purba, D. W., Surjaningsih, D. R., Herawati, J., Sagala, D., Purba, S. R., . . . Fitra, R. A. (2021). *Fisiologi Tumbuhan*. (R. Watrianthos, Ed.) Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Kumar, B., Smita, K., & Flores, L. C. (2017). Plant Mediated Detoxification of Mercury and Lead. *Arab Journal Chem*, Vol. 10, 2335-2342. doi:<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.08.010>
- Kushwaha, A., Hans, N., Kumar, S., & Rani, R. (2018). A Critical Review on Speciation, Mobilization and Toxicity of Lead in Soil-Microbe-Plant System and Bioremediation Strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety Journal*(147), 1035–1045. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.09.049>
- Kusumastuty, D. A. (2018). Analisis Perubahan Morfologi dan Kadar Klorofil pada Tanaman Kersen (*Mitingia calabura* L.) di Area Pertambangan Minyak Bumi Wonocolo Kabupaten Bojonegoro. *Skripsi*.

- Lane, S. D., & Martin, E. S. (1977). A Histochemical Investigation of Lead Uptake in *Raphanus sativus*. *New Phytologist Journal*, Vol. 79(2), 281-286. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1977.tb02206.x>
- Lestari, Y. P., Aminatun, & Tien. (2018). Efektivitas Variasi Biomassa Tanaman *Hydrilla verticillata* dalam Fitoremediasi Limbah Batik. *Jurnal Prodi Biologi*, Vol. 7(4).
- Mahardika, P. (2018). Fito-Pengolahan Limbah Greywater Menggunakan *Typha angustifolia* dan *Scirpus grossus* dengan Mengadaptasi Teknik Pitcher Irrigation System. In *Tugas Akhir*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mahyatun, W. O. (2014). *Fitoremediasi Logam Cd Menggunakan Kombinasi Eceng Gondok dan Kayu Apu Aliran Kontinyu*. Program Studi Teknik Lingkungan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Malik, D. P., Yusuf, S., & Willem, I. (2021). Analisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada air laut dan sedimen di perairan Tanggul Soreang Kota Parepare. *Jurnal Makes*, Vol. 4(1), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1234/jmakes.v4i1.1234>
- Mangkoedihardjo, S., & Samudro, G. (2010). *Ekotoksikologi Teknosfer*. Surabaya: Guna Widya.
- Mardani, S. N., Restu, W. I., & Sari, W. A. (2018). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Badan Air dan Ikan di Perairan Teluk Benoa, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, Vol. 1(1), 106-113.
- Martinez, S. G., Murillo, P. G., & Devesa, J. A. (2021). *Hydrocharis laevigata* (Humb. and Bonpl. ex Willd) Byng & Cristenh. *Acta Botanica Malacitana*, 46, 93-94. doi:10.24310/1bm.v46i.11403
- Mathius, N. G., Wijayana, E., Guharja, H., Aswindinnoor, Y., Sudirman, & Subroto. (2001). *Respon Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) Terhadap Cekaman Kekeringan* (Vol. Vol. 69). Menara Perkebunan.
- Maulana, R. M. (2023). Efektivitas Beberapa Jenis Macrophyta Sebagai Fitoremediator Air Irigasi Tercemar di Sekitar TPA Taman Krocok Bondowoso. *Skripsi*.
- Mohammad, & Erni. (2011). *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Tanah dengan Menggunakan Bayam dari Duri (Amarantus spinosus)*. Universitas Negeri Gorontalo.
- Muchtar, R. (1993). *Pengaruh Timbal dan Cadmium pada Pertumbuhan Eceng Gondok*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

- Mudyatini, W. (2008). *Pertumbuhan, Kandungan Selulosa, dan Lignin pada Rami (Boehmerianivea L. Gaudich) dengan Pemberian Asam Giberelat (GA)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Nafisa, N. S. (2023). In Vitro Screening of Antibacterial Activity of Endophytic Mold Extract from Mango Mistletoe Leaves (*Dendrophthoe pentandra* (L.) miq). *JSMARTech: Journal of Smart Bioprospecting and Technology*, Vol. 4(2), 59-66.
- Nakkir, M., & Efendi, R. (2023). Pengukuran Suhu Air Menggunakan Data Logger Berbasis Arduino. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, Vol. 9(1), 28-36.
- Nasir, M. (2019). *Spektrofotometri Serapan Atom*. (I. Khaldun, Ed.) Banda Aceh, Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Nau, G. W. (2024). *Fisiologi Tumbuhan*. (Y. G. Maria, J. Claudia, Sendang, A. Vinsensia, Dede, M. Selviana, & Ora, Eds.) Bandung, Jawa Barat: Widina Media Utama.
- Novita, Y., & Purnomo, T. (2012). Penyerapan Logam Timbal (Pb) dan Kadar Klorofil *Elodea canadensis* pada Limbah Cair Pabrik Pulp dan Kertas. *Jurnal Lentera Bio*, Vol. 1(1), 1-8.
- Nuraini, & Devi, S. (2001). *Pencemaran Udara oleh Timbal (Pb) serta Penanggulangannya*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Patty, S. I. (2014). Karakteristik Fosfat, Nitrat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Pulau Gangga dan Pulau Siladen. *Jurnal Ilmiah Platax*, 2(2), 74-84.
- Perez, C., & Seewald, P. (2019). *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. ex Wild.) Heine (Alismatales, Hydrocharitaceae), una nueva especie invasora en la cuenca del Rio Negro. *Argent Journal*, Vol. 9, 211-218.
- Probosari, R. M., Ramli, M., Harlita, M., & Indrowati, M. (2016). Profil Keterampilan Argumentasi Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP UNS Pada Mata Kuliah Anatomi Tumbuhan. *Bioedukasi Journal*, Vol. 9(1), 29-33.
- Puspita, U. R., Siregar, S. A., & Hidayanti, V. N. (2011). Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang Terdapat Pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Penelitian Berkala Perikanan Terubuk*, Vol. 39(1).
- Putri, Y. R., Siregar, K., & Devianti. (2020, Februari). Pertumbuhan Tanaman Stroberi (*Fragaria* sp.) Secara Hidroponik di Dataran Rendah pada Berbagai Nilai EC (Electrical Conductivity). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Vol.5(1), 482-490. Retrieved from www.jim.unsyiah.ac.id/JFP

- Rahayu, S. (2020). Ekologi Tanaman Air dan Peranannya dalam Ekosistem Perairan. *Jurnal Ekologi*, 15(2), 123-135.
- Rahimzadeh, M. R., Kazemi, S., & Moghadamnia, A. A. (n.d.). Cadmium Toxicity and Treatment: An Update. *Caspian Journal of Internal Medicine*, Vol. 8(3), 135. doi:<https://doi.org/10.22088/cjim.8.3.135>
- Rahmadani, A. F., Faisal, F., Ramadhan, M., & Prasetyo, H. D. (2023). Isolasi dan Identifikasi Awal Bakteri Patogen Pada Kolam Maturasi IPLT Supit Urang Kota Malang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains UNISMA Malang (JIMSUM)*, Vol. 1(2), 41. doi:<https://doi.org/10.33474/jimsum.v1i2.22559>
- Rahman, A. H., Kusman, R. M., Kharie, H., & Aja, F. M. (2021). Analisis Kualitas Air Sumur di Seputaran Pertambangan PT. Nusa Halmahera Minerals. *Jurnal Teknik Silitek*, Vol. 1(1), 31-35.
- Rahmawati, N., Lisminingsih, R. D., & Prasetyo, H. D. (2023). Menggunakan Beda Jumlah Individu Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) Dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Pada Limbah Pabrik Daur Ulang Kertas. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains UNISMA Malang (JIMSUM)*, Vol. 1(2), 33-40.
- Rahmi, R., & Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) dalam Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, (pp. 271-279).
- Río, L. A.-H. (2018). Plant superoxide dismutases: Function under abiotic stress conditions. *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants*. 1-26. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-75088-0_1
- Rosyidah, F. N. (2023). *Salvinia molesta* sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Zink (Zn) di Perairan. *Lentera Bio*, 430-438.
- Ruiz, M. M., Campos, C. R., Germán, G., & Aponte, H. (2022). Características, Historia Natural y Aplicaciones de *Hydrocharis laevigata*: Una Revisión. *Caldasia Journal*, Vol. 44, 432-441.
- Safitri, N., Lisminingsih, R. D., & Hayati, A. (2025). Pengaruh Pemberian Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss) Pada Media Pasir. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains UNISMA Malang (JIMSUM)*, Vol. 3(1), 18-22.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan* (Vol. Vol. 3). ITB.
- San Juan, M. F., Alborno, C. B., Larsen, K., & Najle, R. (2018). Bioaccumulation of Heavy Metal in *Limnium laevigatum* and *Ludwigia peploides*: Their Phytoremediation Potential in Water Contaminated With Heavy Metal. *Environmental Earth Sciences Journal*, Vol. 77, 1-8. doi:[10.1007/S12665-018-7566-4](https://doi.org/10.1007/S12665-018-7566-4)

- Saputri, A. (2014). Analisis Sebaran Oksigen Terlarut Pada Sungai Raya. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 1(1). doi:<https://doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.4618>
- Sari , S. V., Narwati , & Hermiyanti, P. (2020). Pengaplikasian Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L) Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium Di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *Jurnal Keperawatan Profesional (JKP)*, 1-14.
- Setiawan, B. (2021). Adaptasi Tanaman Air dalam Lingkungan Perairan. *Jurnal Biologi Tropis*, 8(3), 200-210.
- Shi, L., Li, R., Bu, Y., Wei, Y., Cai, W., Huang, Z., & Ma, B. (2023). Hybrid Granule-Floc Sludge Distribution and It's Potential for Upgrading a Tropical Continuous-Flow Wastewater Treatment Plant. *Journal of Water Process Engineering*, Vol. 55. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104178>
- Sikhosana , M. L., Botha, A., Mpenyane , M. L., & Coetzee, M. 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111192>
- Sila, N., Azizah, R., & Birawida, B. A. (2024). Fitoremediasi Sebagai Solusi Efektif Menurunkan Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) pada Air Limbah Domestik: Scoping Review (2018-2023). *Proceeding of The Conference on Social, Science, Technology, Language, and Education Research* (pp. 1-9). Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Siregar, A. B. (2020). Isolasi Karakterisasi Biologi Bakteri Endofit, Filosofer, dan Rizosfer Dari Tanaman Sagu (*Metroxylon sagu*). *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2020*, (pp. 335-340). Palopo.
- Siswoyo, E. (2006). Fitoremediasi Logam Berat Khrom (Cr) Menggunakan Tanaman Air Kiapu (*Pistia stratiotes*). *Jurnal Jurusan Teknik Lingkungan*, 8.
- Sofarini, D., Aminah, S., Hidayah, N. R., & Hanifa, P. M. (2021). Keterkaitan Kualitas Air dengan Keanekaragaman Zooplankton di Sungai Barito Marabahan Kabupaten Barito Kuala. *Rekayasa Journal of Science and Technology*, Vol. 14(3), 421-430. doi:<https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.12340>
- Sofiana, J. M., Fitri, I., Helena, S., & Warsidah. (2021). Analisis Proksimat, Mineral Esensial, Dan Cemarkan Logam Berat Pada Teripang (*Acaudina molpadioides*) Dari Perairan Paloh Kalimantan Barat. *Journal of Fisheries and Marine Research*, Vol. 5(3), 634-638.

- Solichatun, Anggarwulan, E., & Mudyantini, W. (2005). Pengaruh Ketersediaan Air Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Bahan Aktif Saponin Tanaman Gingseng Jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.). *Jurnal Biofarmasi*, Vol. 3(2), 47-51.
- Sonia, V. A. (2022). Aktivitas Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfat Pada Tanah Masam. *Jurnal Agroekoteknologi*.
- Spektrofotometer UV Vis, Apa Saja Jenis dan Bagian-Bagiannya*. (2022, Agustus 21). Retrieved from Sentra Kalibrasi Industri: <https://www.sentrakalibrasiindustri.com/spektrofotometer-uv-vis-apa-saja-jenis-dan-bagian-bagiannya/>
- Stefanov, K., Seizova, K., & Popova, K. (1995). Effects of Lead Ions on The Phospholipid Composition in Leaves of *Zea mays* and *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Plant Physiology*, Vol. 147(2), 243-246.
- Stewart, P. S., Whittingham, M. J., Hill, R. A., Stephens, P. A., & Dawson, W. (2021). Impacts of Invasive Plants on Animal Behavior. *Ecology Letters*, 24(4), 891-907. doi:<https://doi.org/10.1111/ele.13687>
- Sukoasih, A. T., Widiyanti, & Suparmin. (2017). Hubungan Antara Suhu, pH, dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rompong dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. Vol. 36(4), 360-368.
- Sukono, G. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, & Satriawan, D. (2020). Mekanisme fitoremediasi: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, Vol. 2(2), 1-10. doi:<https://doi.org/10.35970/jppl.v2i2.360>
- Sumar, H., Kadarohman, A., & Sumarna, A. A. (2011). *Kimia Analitik Instrumen Edisi Kesatu*. Semarang: Semarang Press.
- Supriyadi, A. (2019). Tanaman Air: Keanekaragaman dan Manfaatnya. *Laporan Penelitian Lingkungan*, 10(1), pp. 45-60.
- Syahputra, Y. (2005). *Pertumbuhan dan Kandungan Keraginan Budaya Rumput Laut Eucheuma cottonii Pada Kondisi Lingkungan yang Berbeda dan Perlakuan Jarak Tanam di Teluk Lhok Seudu*.
- Tjitrosoepono, G. (2013). *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ulfah, M., Rachmadiarti, F., & Rahayu, Y. S. (2017). Pengaruh Timbal (Pb) Terhadap Kandungan Klorofil Kiambang (*Salvinia molesta*). *Jurnal Lentera Bio*, Vol. 6(2).
- Ulumudin, M. M., & Purnomo, T. (2022). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Papirus (*Cyperus papyrus* L.) di Sungai Wangi Pasuruan. *Jurnal Lentera Bio*, Vol. 11(2), 273-283.

- Unadkat, K., & Parikh, P. (2017). A Review on Heavy Metal Absorption Capacity of Aquatic Plants: Sources, Impact, and Remediation Technique. *International Peer Reviewed Refereed Journal*, 4(12), 23-30.
- Utami, B. L. (2024). Fitoremediasi Air Limbah Laundry Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Meningkatkan Kualitas Air. *Proceeding Biology Education Conference* (pp. 20-25). Universitas Ahmad Dahlan.
- Van de Witte, Y. (2022). *Limnobia laevigatum* (South American spongeplant). *CABI International: Wallingford*. Retrieved from CABI Compendium.
- Velda, A. N., Wardhani, E., & Wulan, R. D. (2023). Studi Pustaka: Kontaminasi Logam Berat Terlarut Pada Air Sungai. *FTSP Series: Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2023* (pp. 2154-2159). Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Vodnik, D., Jentschke, G., & Fritz, E. (1999). Root-applied Cytokinin Reduces Lead Uptake and Effects Its Distribution in Norway Spruce Seedlings. *Physiology of Plant Journal*, 75.
- Wahab, Z. B. (2022, Agustus). Analisis deteksi logam berat (Pb) pada sampel pangan segar asal tumbuhan (PSAT) menggunakan metode GFA AAS. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 2(2). doi:10.24252
- Wang, L., Hou, D., Shen, Z., Zhu, J., Jia, X., Ok, Y. S., . . . Rinklebe, J. (2020). Field Trials of Phytomining and Phytoremediation: A Critical Review of Influencing Factors and Effects of Additives. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology Journal*, Vol. 50, 2724–2774. doi:<https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1705724>
- Waykar, Bhalchandra, Deshmukh, & Gajanan. (2012). Evaluation of Bivalves as Bioindicators of Metal Pollution in Freshwater. *Journal Bull Environ Contam Toxicol*, Vol. 88, 48-53.
- Widyawati, E. M., & Kuntjoro, S. (2021). Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Tumbuhan Air di Sungai Buntung Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Lentera Bio*, 10(1), 77-85. Retrieved Desember 25, 2024, from <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index78> adalah peristiwa masuknya komponen yang dapat menimbulkan pengaruh buruk terhadap lingkungan seperti menyebabkan turunnya kualitas perairan. Pencemaran air sungai biasanya diakibatkan
- Wijayati, I. W. (2022). Kajian Remediasi Tanah Terkontaminasi Logam Berat Timbal di Desa Pesarean, Kabupaten Tegal dengan Stabilisasi/Solidifikasi. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 11(2), 28-33. Retrieved from <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/83122/7109>

- Willis, B. E., Heilman, M. A., Bishop, W. M., & Shuler, S. W. (2018). Evaluation of Multiple Herbicides for Control of Sponge Plant (*Limnobia laevigatum*). *Journal of Geoscience and Environment Protection*, Vol. 6, 56-64.
- Yuliani, M., Tengku, S. R., & Zulfikar, A. (2013). Efektivitas dan Efisiensi Fitoremediasi Orthofosfat pada Detergen dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *Journal Marine Science and Fisheries Maritim*, Vol. 1, 1-6.
- Yusuf, M. D., Azwardi, A., & Amin, M. M. (2018, Juli 23). Alat Pendeteksi Kadar Keasaman Sari Buah, Soft Drink, dan Susu Cair Menggunakan Sensor pH Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO ATMEGA328. *Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Rekayasa*, Vol. 12(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.3865138>
- Zakia, D. W., Prasetyo, H. D., & Latuconsina, H. (2023). Fitoremediasi Kombinasi Tumbuhan Semanggi (*Marsilea crenata*) dan Pakis Lidah Kolam (*Microsorium pteropus*) Terhadap Air Limbah Tinja. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains UNISMA Malang (JIMSUM)*, Vol. 1(2), 56-65.

