

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) MENGGUNAKAN
TANAMAN DWARF HAIRGRASS (*Eleocharis acicularis*) DENGAN
SISTEM *BATCH***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun oleh:

NUR DIANA WULAN MAULIDATIN

NIM. 09020520041

Dosen Pembimbing:

Dedy Suprayogi, S.KM., M.KL.

Ir. Sulistiya Nengse, S.T., M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Nur Diana Wulan Maulidatin
NIM : 09020520041
Program Studi : Teknik Lingkungan

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **“FITOREMEDIASI LOGAM BERAT KADMIUM (CD) MENGGUNAKAN TANAMAN DWARF HAIRGRASS (*ELEOCHARIS ACICULARIS*) DENGAN SISTEM BATCH”**. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan kegiatan plagiat maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar benarnya.

Surabaya, 21 Maret 2024

Yang Menyatakan


The image shows a yellow revenue stamp (Meterai Tempel) with a value of 10000 Rupiah. It features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', '10000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '85A73AKX833568710'. A handwritten signature is written over the stamp.

Nur Diana Wulan Maulidatin

NIM 09020520041



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Nur Diana Wulan Maulidatin
NIM : 09020520041
Judul Tugas Akhir : Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Tanaman Dwarf Hairgrass (*Eleocharis acicularis*) dengan Sistem Batch

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 5 Februari 2024

Pembimbing 1

Dedy Supravogi, S.KM., M.KL

NIP. 198512112014031002

Pembimbing 2

Ir. Sulistiya Nengse, S.T., M.T.

NIP. 199010092020122019



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300
E-Mail : saintek@uinsby.ac.id Website : www.uinsby.ac.id

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Nama : Nur Diana Wulan Maulidatin
NIM : 09020520041
Judul Tugas Akhir : Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Tanaman Dwarf Hairgrass (*Eleocharis acicularis*) dengan Sistem Batch

Telah dipertahankan di depan tim penguji Tugas Akhir
di Surabaya, 19 Maret 2024

Mengesahkan
Dewan Penguji,

Penguji I,

Dedy Suprayogi, S.KM., M.KL.
NIP 198512112014031002

Penguji II,

Ir. Sulistiya Nengse, S.T., M.T.
NIP. 199010092020122019

Penguji III,

Ir. Shinfu Wazna Auvaria, S.T., M.T.
NIP 198603282015032001

Penguji IV,

Amrullah, M. Ag
NIP 197309032006041001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Agus Hamdani, M. Pd.
NIP. 196507312000031002



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : NUR DIANA WULAN MAULIDATIN
NIM : 09020520041
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : ndianawm@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
 Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

**FITOREMEDIASI LOGAM BERAT KADMIUM (CD) MENGGUNAKAN
TANAMAN DWARF HAIRGRASS (*ELEOCHARIS ACICULARIS*) DENGAN
SISTEM BATCH**

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 24 Maret 2024

Penulis

(Nur Diana Wulan Maulidatin)

ABSTRAK

Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Tanaman Dwarf Hairgrass (*Eleocharis acicularis*) Dengan Sistem *Batch*

Kadmium (Cd) adalah salah satu jenis logam berat beracun dan karsinogenik. Keberadaannya di lingkungan perairan berpotensi memperburuk kualitas air yang menyebabkan gangguan pada kemampuan osmotik dan regulasi ionik organisme akuatik dan ancaman bagi kesehatan manusia. Untuk menangani permasalahan yang muncul akibat paparan logam kadmium (Cd) dapat digunakan metode fitoremediasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi morfologi (daun dan akar) pada tanaman Dwarf Hairgrass (*Eleocharis acicularis*) berdasarkan pengamatan langsung ciri fisik selama fitoremediasi berlangsung, mengetahui dan menganalisis nilai efisiensi *removal* dari logam berat Kadmium (Cd) pada fitoremediasi dengan menggunakan tanaman Dwarf Hairgrass (*Eleocharis acicularis*), dan menganalisis perbedaan penurunan logam berat Kadmium (Cd) dengan variasi berat tanaman Dwarf Hairgrass (*Eleocharis acicularis*). Metode penelitian ini bersifat *eksperimental-kuantitatif* dengan menggunakan sistem *batch* dengan konsentrasi Cd bernilai 1,08 mg/L. Variasi berat tanaman: 0gram untuk reaktor kontrol, 100gram untuk reaktor A1 dan A2, dan 200gram untuk reaktor B1 dan B2 dengan waktu kontak untuk setiap reaktor diatur pada 0, 5, 10, dan 15 hari. Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yaitu: tanaman *Eleocharis acicularis* mengalami perubahan morfologi dibuktikan dengan adanya daun yang menguning dan rontok; akar yang berwarna coklat; serta terdapat pertumbuhan baru pada daun dan akar. Efisiensi penyerapan logam Cd maksimal terdapat pada hari ke-5 untuk reaktor kontrol dan reaktor B2 yaitu masing-masing sebesar 14,6% dan 91,3%, lalu untuk reaktor A1, A2, dan B1 terdapat pada hari ke-10 yaitu masing-masing sebesar 87%; 86,1%; dan 91,2%. Sedangkan hasil analisis uji *Kruskal Wallis* menunjukkan nilai sig 0,149 dimana nilai ini > 0,05 sehingga H₀ diterima dan dapat dikatakan tidak ada perbedaan terhadap variasi berat tanaman *Eleocharis acicularis* dalam menurunkan kadar logam kadmium (Cd).

Kata Kunci: *Eleocharis acicularis*, Fitoremediasi, Kadmium (Cd), Sistem *Batch*

ABSTRACT

Phytoremediation of Heavy Metal Cadmium (Cd) Using Dwarf Hairgrass (Eleocharis acicularis) Plants with Batch System

Cadmium (Cd) is a type of toxic and carcinogenic. Its presence in the aquatic environment has the potential to worsen water quality, causing disturbances in the osmotic ability and ionic regulation of aquatic organisms and threats to human health. To deal with problems that arise due to exposure to cadmium (Cd) metal, the phytoremediation method can be used. The aim of this research is to determine the morphological condition (leaves and roots) of Dwarf Hairgrass (Eleocharis acicularis) plants based on direct observation of physical characteristics during phytoremediation, to determine and analyze the removal efficiency value of the heavy metal Cadmium (Cd) in phytoremediation using plants. Dwarf Hairgrass (Eleocharis acicularis), and analyze differences in the reduction of the heavy metal Cadmium (Cd) with variations in the weight of Dwarf Hairgrass (Eleocharis acicularis) plants. This research method is experimental-quantitative using a batch system with a Cd concentration of 1.08 mg/L. Variations in plant weight: 0 gram for control reactor, 100gram for reactor A1 and A2, and 200gram for reactor B1 and B2 with contact time for each reactor set at 0, 5, 10, and 15 days. The conclusions based on research results: the Eleocharis acicularis plant experienced morphological changes as evidenced by the presence of yellowing and falling leaves; brown roots; and there is new growth on the leaves and roots. The maximum Cd metal absorption efficiency was found on day 5 for the control reactor and reactor B2, namely 14.6% and 91.3% respectively, then for reactors A1, A2, and B1 it was found on day 10, namely respectively respectively 87%; 86.1%; and 91.2%. Meanwhile, the results of the Kruskal Wallis test analysis show a sig value of 0.149, where this value is > 0.05, so H₀ is accepted and it can be said that there is no difference in variations in Eleocharis acicularis plant weight in reducing cadmium (Cd) metal levels.

Keywords: *Batch system, Cadmium (Cd), Eleocharis acicularis, Phytoremediation.*

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR	vii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	ix
HALAMAN MOTTO	xi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	xiii
KATA PENGATAR.....	xv
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR.....	xxiv
DAFTAR TABEL.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Fitoremediasi	7
2.1.1 Jenis Fitoremediasi.....	7
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Fitoremediasi.....	12
2.2. Aklimatisasi.....	13
2.3. Tanaman Hiperakumulator	14
2.4. Pencemaran Air	17
2.5. Air Limbah.....	19
2.5.1. Sumber Air Limbah.....	19
2.5.2. Karakteristik dan Parameter Air Limbah	20
2.5.3. Baku Mutu Air Limbah	22

DAFTAR PUSTAKA

- Abhibhawa, A., Sulardiono, B., & Rahman, A. (2022). Analisis Pencemaran Logam Berat Pb Pada Air Sungai Babon Kota Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 6(2), 75–80. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pasirlaut/article/download/48572/23687>
- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Pustaka Buana.
- Afrissa, Z. R. (2019). *Karakterisasi Natural Organic Matter (Nom) Pada Pdam Kabupaten Sleman Unit Sleman, Yogyakarta*. 1(1), 1–7.
- Ag, N., Masayuki, S., & Koichiro S. (2017). Phytoremediation of Heavy Metal-Polluted Mine Drainage by *Eleocharis acicularis*. *Environmental Science: An Indian Journal*, 13(1), 1–11. www.tsijournals.com
- Ajeng, A. B., & Wesen, P. (2013). Penyisihan Logam Berat Timbal (Pb) Dengan Proses Fitoremediasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 17–23.
- Al-Qur'an dan Terjemahannya* (Issue 1). (2019). Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementerian Agama Republik Indonesia.
- Awa, S. H., & Hadibarata, T. (2020). Removal of Heavy Metals in Contaminated Soil by Phytoremediation Mechanism: a Review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 231(47), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4426-0>
- Baloch, S., Kazi, T. G., Baig, J. A., Afridi, H. I., & Arain, M. B. (2020). Occupational Exposure of Lead and Cadmium on Adolescent and Adult Workers of Battery Recycling and Welding Workshops: Adverse Impact on Health. *Science of the Total Environment*, 720, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137549>
- Bhat, S. A., Bashir, O., Ul Haq, S. A., Amin, T., Rafiq, A., Ali, M., Américo-Pinheiro, J. H. P., & Sher, F. (2022). Phytoremediation of Heavy Metals in Soil and Water: an Eco-friendly, Sustainable and Multidisciplinary Approach. *Chemosphere*, 303, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134788>
- Bian, F., Zhong, Z., Zhang, X., Yang, C., & Gai, X. (2020). Bamboo – An untapped plant resource for the phytoremediation of heavy metal

- contaminated soils. *Chemosphere*, 246, 125750.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125750>
- Dewi, C. H. (2020). Perbedaan Kadar Kadmium (Cd) Dalam Darah Dan Tekanan Darah Pada Pengelas Dan Non Pengelas Di Pt. X Surabaya. *Jurnal Wiyata: Penelitian Sains Dan Kesehatan*, 7(2), 110–123.
<https://www.ojs.iik.ac.id/index.php/wiyata/article/view/158>
- Dzakwan, M. A., & Ni'am, A. C. (2021). Kajian Jenis Tanaman Rumput Untuk Teknologi Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat. *Seminar Teknologi Perencanaan, Perancangan, Lingkungan, Dan Infrastruktur II*, 413–421.
<http://disbun.jabarprov.go.id/akarwangi>,
- Fitra, A., Sri Rahayu, Y., & Winarsih. (2013). Kemampuan Fitoremediasi *Typha latifolia* dalam Menurunkan Kadar Logam Kadmium (Cd) Tanah yang Tercemar Lumpur Lapindo di Porong Sidoarjo. *LenteraBio*, 2(3), 185–189.
<http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Guo, H., Jiang, J., Gao, J., Zhang, J., Zeng, L., Cai, M., & Zhang, J. (2020). Evaluation of cadmium hyperaccumulation and tolerance potential of *Myriophyllum aquaticum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 195(March), 110502. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110502>
- Ha, N. T. H., Sakakibara, M., & Sano, S. (2011). Accumulation of Indium and Other Heavy Metals by *Eleocharis acicularis*: An Option for Phytoremediation and Phytomining. *Bioresource Technology*, 102(3), 2228–2234. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.014>
- Ha, N. T. H., Sakakibara, M., Sano, S., Hori, R. S., & Sera, K. (2009). The Potential of *Eleocharis acicularis* for Phytoremediation: Case Study at an Abandoned Mine Site. *Clean - Soil, Air, Water*, 37(3), 203–208.
<https://doi.org/10.1002/clen.200900009>
- Hardiansyah, Noorhidayati, & Mahrudin. (2018). Keragaman Jenis Vegetasi Di Kawasan Rawa Tanpa Pohon Desa Bati-Bati Kabupaten Tanah Laut Sebagai Bahan Pengayaan Materi Mata Kuliah Ekologi Lahan Basah. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 3(1), 170–175.
- Haryanti, E. T., & Martuti, N. K. (2020). Analisis Cemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Daging Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp.*) Di

- TPI Kluwut Brebes. *Life Science*, 9(2), 149–160.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Hernahadini, N., M, L. H., & Arifina, N. (2020). Uji Kemampuan Daya Serap Hanjuang (*Cordyline fruticosa*) sebagai Agen Fitoremediasi Logam Pb Pada Media Tanah. 7(1), 114–120. <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI>
- Hernayanti, Santoso, S., Lestari, S., Prayoga, L., Kamsinah, & Rochmatino. (2019). Efek Paparan Kadmium (Cd) Terhadap Fungsi Ginjal Pekerja Bengkel Las. *Jurnal Kesmas Indonesia*, 11(1), 1–8.
- International Cadmium Association. (2023). *Cadmium*.
<http://www.cadmium.org/introduction>
- Jamil, A., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Pengaruh variasi lama waktu dan kontak dan jumlah tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes*) terhadap penurunan kadar cadmium (Cd) limbah cair batik ome industry “X” di Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(4), 763–770.
- Kafle, A., Timilsina, A., Gautam, A., Adhikari, K., Bhattarai, A., & Aryal, N. (2022). Phytoremediation: Mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. *Environmental Advances*, 8(November 2021), 100203. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100203>
- Karti, P. D. M. H., Wijayanti, I., & Pramadi, S. D. (2020). Teknik Aklimatisasi Pada Tanaman Lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan Perbedaan Media Tanam dan Sifat Tumbuh. *Pastura*, 10(1), 46–52.
<https://doi.org/10.24843/pastura.2020.v10.i01.p11>
- Kasman, M., Riyanti, A., & Kartikawati, C. E. (2019). Fitoremediasi Logam Aluminium (Al) Pada Lumpur Instalasi Pengolahan Air Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*). *Jurnal Daur Lingkungan*, 2(1), 7. <https://doi.org/10.33087/daurling.v2i1.17>
- Kencanawati, C. I. P. K. (2016). Sistem Pengelolaan Air Limbah dan Sampah. In *Universitas Udayana* (Issue 7473).
https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_1_dir/5099c1d958ba3deb6270dea7d2bc8bf6.pdf
- Liku, J. E. A., Mulya, W., Sipahutar, M. K., Sari, I. P., & Noeryanto, N. (2022). Mengidentifikasi Sumber Pencemaran Air Limbah di Tempat Kerja. *Jurnal*

- Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 14–19. <http://jurnal.d4k3.uniba-bpn.ac.id/index.php/EUNOIA/article/view/169/135>
- Munfaridah, A., Saraswati, S. P., & Mahathir, J. S. (2022). Pengaruh Sistem Aerasi Intermittent terhadap Removal Organik dan Nitrogen pada Pengolahan Air Limbah Domestik Kamar Mandi Umum. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 102–114. <https://doi.org/10.14710/jil.20.1.102-114>
- Mustafa, H. M., & Hayder, G. (2021). Recent Studies on Applications of Aquatic Weed Plants in Phytoremediation of Wastewater: A Review Article. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.05.009>
- Nasution, H., Fatimah, S., Perdana, F., & Siregar, S. H. (2021). Tanaman Apu-Apu (*Pistia stratiotes* L) dengan Penambahan Zeolit sebagai Agen Fitoremediasi Air Terkontaminasi Logam Kadmium (Cd), Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb). *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 11(2), 163–176. <https://doi.org/10.37859/jp.v11i2.2770>
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Jannah, D. A. N., & Pradana, H. A. (2020). Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium Analitik Universitas Jember Dengan Pemanfaatan Tanaman Eceng Gondok Dan Lembang. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*, 7(1), 121–135. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v7i1.3850>
- Nuraini, S., & Purnomo, T. (2019). Kemampuan *Cyperus esculentus* sebagai Fitoremediator dalam Menurunkan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Sedimen Perairan Tercemar Lumpur Lapindo , Sidoarjo The Ability of *Cyperus esculentus* as a Fitoremediator in Reducing Heavy Metal (Cd) in the Sediment o. *Lentera Bio*, 8(1), 1–5.
- Nurfitriana, F. (2019). *Fitoremedias Air TERCEMAR TIMBAL (PB) MENGGUNAKAN TANAMAN APU-APU (PISTIA STRATIOTES) DENGAN SISTEM KONTINYU*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Olivares, J. C., Díaz, C. E. B., Barrera, G. M., Alonso, C. P., & Morales, G. R. (2018). Comparative application of an irradiated and non-irradiated calcite-type material to improve the removal of Pb in batch and continuous processes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(5), 6297–

6307. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.09.051>
- Oz, M., Yavuz, O., & Bolukbas, F. (2020). Histopathology changes in the rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) consuming boric acid supplemented fish fodder. *Journal Of Trace Elements in Medicine and Biology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126581>
- Parnian, A., Furze, J. N., Chorom, M., & Jaafarzadeh, N. (2022). Competitive Bioaccumulation by *Ceratophyllum demersum* L. (V. In *Earth Systems Protection and Sustainability*, 2, 15–30.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
- Permadi, M. I. (2019). *PEMANFAATAN BAMBU AIR (EQUISETUM SP.) UNTUK MENURUNKAN KADAR TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN FITOREMEDIASI SISTEM BATCH* (Vol. 2, Issue 1) [UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA]. http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865607390&partnerID=tZOtx3y1%0Ahttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2LIMMD9FVXkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Principles+of+Digital+Image+Processing+fundamental+techniques&ots=HjrHeuS_
- Permana, R., Andhikawati, A., Ferdian, F., & Wahyu, D. (2022). Mekanisme Toksisitas Logam Kadmium Terhadap Fitoplankton : Review. *Marinade*, 5(01), 54–61. <https://doi.org/10.31629/marinade.v5i01.4307>
- Pranoto. (2013). Fitoteknologi Dan Ekotoksikologi Dalam Pengolahan Sampah Menjadi Kompos. *Indonesian Journal of Conservation*, 2(1), 66–73.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Pujananto, E. K. (2020). Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) pada Hati dan Insang Ikan sebagai Biomarker di Sungai Way Belau Bandar Lampung. In *Skripsi* (Issue Cd). Universitas Islam

Negeri Raden Intan.

- Purwanti, A., & Sumarni. (2021). *Dasar-Dasar Perancangan Reaktor*. Akprind Press.
- Rachma, N. A., Rachmadiarti, F., & Kuntjoro, S. (2014). Kemampuan Adaptasi Tumbuhan Tapak Dara Air (*Jussiaea repens*) terhadap Logam Berat Kadmium (Cd). *Lenterabio*, 3(1), 19. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/7084>
- Ratnawati, E., Ermawati, R., & Naimah, S. (2010). Teknologi Biosorpsi oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 32(1), 34. <https://doi.org/10.24817/jkk.v32i1.2739>
- Ridha, N. (2017). PROSES PENELITIAN, MASALAH, VARIABEL DAN PARADIGMA PENELITIAN. *Jurnal Hikmah*, 14(1), 62–70. <https://doi.org/10.1111/cgf.13898>
- Rinanti, A. (2010). Pengantar Bioteknologi Lingkungan. In *Alphabeta, Bandung*.
- Rizal, M. (2021). *FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MERKURI (Hg) MENGGUNAKAN TANAMAN HANJUANG (Cordyline fruticosa) TUGAS AKHIR Diajukan Oleh : MUHAMMAD RIZAL Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Teknik Lingkungan FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISL*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Said, N. I. (2018). METODA PENGHILANGAN LOGAM BERAT (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) DI DALAM AIR LIMBAH INDUSTRI. *Jurnal Air Indonesia*, 6(2), 136–148. <https://doi.org/10.29122/jai.v6i2.2464>
- Sakakibara, M., Ohmori, Y., Ha, N. T. H., Sano, S., & Sera, K. (2011). Phytoremediation of heavy metal-contaminated water and sediment by *Eleocharis acicularis*. *Clean - Soil, Air, Water*, 39(8), 735–741. <https://doi.org/10.1002/clen.201000488>
- Sandra, L., Jasin, F. M., Pido, R., Makbul, R., Udyani, K., Patimah, Sari, D. K., Fajar, H., Ningsih, E., & Sinaga, J. (2022). *Proses Pengolahan Limbah* (M. Sari (Ed.); 1st ed.). PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Setyawati, T., Narulita, S., Bahri, I. P., & Raharjo, G. T. (2015). A Guide Book to

- Invasive Alien Plant Species in Indonesia. In P. D. T. Partomihardjo, D. S. Tjitrosoedirdjo, & S. Dr (Eds.), *Research, Development and Innovation Agency. Ministry of Environment and Forestry*. Research, Development and Innovation Agency. Ministry of Environment and Forestry.
- Srivastava, D., Tiwari, M., Dutta, P., Singh, P., Chawda, K., Kumari, M., & Chakrabarty, D. (2021). Chromium stress in plants: Toxicity, tolerance and phytoremediation. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(9), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13094629>
- Sugiharto. (2008). *Dasar- Dasar Pengelolaan Air Limbah* (1st ed.). Universitas Indonesia Press.
- Suharto, B., Susanawati, L. D., & Wilistien, B. I. (2011). Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) dan Zeolit. *Agrointek*, *5*(2), 133–143. <http://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/118>
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, E., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme Fitoremediasi: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, *2*(2), 40–47. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i2.360>
- Sulaiman, A. (2023). *Fitoremediasi memanfaatkan tanaman coontail (Ceratophyllum demersum) UNTUKMENURUNKAN KADAR KADMIUM (Cd) DAN TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN SISTEM BATCH. UNIVERSITAS ISLAMNEGERI SUNAN AMPEL.*
- Suprihatin, & Indrasti, N. S. (2011). Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi Dan Adsorpsi. *MAKARA of Science Series*, *14*(1). <https://doi.org/10.7454/mss.v14i1.473>
- Tampubolon, K., Zulkifli, T. B. H., & Alridiwirah. (2020). AGRINULA: Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan. *Arkeologi Dan Perkebunan*, *3*(1), 1–9.
- Tan, H. W., Pang, Y. L., Lim, S., & Chong, W. C. (2023). A state-of-the-art of phytoremediation approach for sustainable management of heavy metals recovery. *Environmental Technology and Innovation*, *30*, 103043. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103043>
- Team, K. (2023). *Hadist Tentang Pentingnya Menjaga Kebersihan*. 17 Oktober. <https://annajah.co.id/hadist-tentang-kebersihan-dan-artinya/>

- Tjokrokusumo. (1995). *Pengantar Konsep Teknologi Bersih Khusus Pengelolaan dan Pengolahan Air*. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan YLH.
- Utami, L. A. (2022). *Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Tanaman Kiambang (Salvinia cucullata) dan Eceng Gondok (Eichornia crassipes) Di Ipal RSI Fatimah Cilacap*. Politeknik Negeri Cilacap.
- Utami, S., & Purdyaningrum, L. R. (2012). Struktur Komunitas Gulma Padi (*Oryza sativa* L.) Sawah Organik dan Sawah Anorganik di Desa Ketapang, Kec. Susukan, Kab. Semarang. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 14(2), 91. <https://doi.org/10.14710/bioma.14.2.91-95>
- Wafiq, M. (2023). *Fitoremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) Menggunakan Tanaman Myriophyllum aquaticum dengan Sistem Batch*. 1–94. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558907/>
- Wahyuningsi, A., & Amna, S. (2020). Perancangan Reaktor Kompos. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 11(02), 4–8. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v11i02.108>
- WHO Regional Office for Europe. (2007). *Health Risks of Heavy Metals from Long-Range Transboundary Air Pollution*.
- Widyasari, N. L. (2021). Kajian Tanaman Hiperakumulator Pada Teknik Remediasi Lahan Tercemar Logam Berat. *Jurnal Ecocentrism*, 1(1), 17–24. <https://doi.org/10.36733/jeco.v1i1.1748>
- Widyati, E. (2011). Potensi Tumbuhan Bawah sebagai Akumulator Logam Berat untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. *Mitra Hutan Tanaman*, 6(2), 46–56.
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: A Promising Approach for Revegetation of Heavy Metal-Polluted Land. *Frontiers in Plant Science*, 11(April), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00359>