

**POTENSI *Chlorella vulgaris* SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI
LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA AIR LINDI TPA
RANDEGAN MOJOKERTO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Lingkungan



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

Disusun Oleh

NANDA SEPTERINA PUTRI

NIM. 09040522067

Dosen Pembimbing

Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL

Sarita Oktorina, M.Kes

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nanda Septerina Putri

NIM : 09040522067

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2022

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan penelitian Tugas Akhir saya yang berjudul “**POTENSI *Chlorella vulgaris* SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA AIR LINDI TPA RANDEGAN MOJOKERTO**”

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila suatu saat nanti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia untuk menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Surabaya, 19 Juni 2026

Yang menyatakan,



(Nanda Septerina Putri)

NIM 09040522067

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh:

Nama : Nanda Septerina Putri

NIM : 09040522067

Judul : POTENSI *Chlorella vulgaris* SEBAGAI AGEN
BIOREMEDIASI LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) PADA AIR
LINDI TPA RANDEGAN MOJOKERTO

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan

Surabaya, 19 Juni 2026

Pembimbing I



Dedy Suprayogi, M.KL
NIP. 198512112014031002

Pembimbing II



Sarita Oktorina, M.Kes
NIP. 198710052014032003

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas akhir Oleh,

Nama : Nanda Septerina Putri

NIM : 09040522067

Judul : “Potensi *Chlorella vulgaris* Sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Kadmium Pada Air Lindi TPA Randegan Mojokerto”

Telah dipertahankan di depan tim penguji tugas akhir

Surabaya, 12 Juni 2026

Penguji I



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

Penguji II



Sarita Oktorina, M.Kes
NIP. 198710052014032003

Penguji III



Ir. Teguh Taruna Utama, S.T, M.T
NIP. 198705022023211021

Penguji IV



Dr. Rhenny Ratnawati, S.T, M.T
NIP. 19870527202505052001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UN Sunan Ampel Surabaya




Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd
NIP. 196507312000031002



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 : Nanda Septerina Putri
NIM : 09040522067
Fakultas/Jurusan : Sain dan Teknologi/ Teknik Lingkungan
E-mail address : nandasepterinaputri@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

“POTENSI *Chlorella vulgaris* SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT

KADMIUM (Cd) PADA AIR LINDI TPA RANDEGAN MOJOKERTO”

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, 19 Juni 2026

Penulis

(Nanda Septerina Putri)

ABSTRAK

Air lindi yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) berpotensi mengandung logam berat kadmium (Cd) yang dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan makhluk hidup. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi konsentrasi Cd dalam air lindi adalah melalui proses bioremediasi menggunakan mikroalga *Chlorella vulgaris*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas *Chlorella vulgaris* dalam menurunkan konsentrasi Cd pada air lindi dengan berbagai variasi konsentrasi. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pengamatan terhadap parameter konsentrasi Cd, pH, dan salinitas selama masa perlakuan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji Kruskal–Wallis untuk mengetahui perbedaan efektivitas antar perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Chlorella vulgaris* mampu mereduksi konsentrasi Cd pada seluruh variasi perlakuan. Efisiensi removal tertinggi dicapai pada variasi 30% sebesar 38,08%, diikuti variasi 10% sebesar 37,33%, sedangkan efisiensi removal terendah diperoleh pada variasi 50% sebesar 32,47%. Hasil uji Kruskal–Wallis menunjukkan nilai signifikansi 0,000 ($p < 0,05$), yang mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan pada kemampuan *Chlorella vulgaris* dalam meremoval Cd diantara variasi konsentrasi yang diuji. Dengan demikian, *Chlorella vulgaris* memiliki potensi yang baik untuk dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi dalam pengolahan air lindi yang mengandung logam berat Cd.

Kata kunci: air lindi, bioremediasi, *Chlorella vulgaris*, efisiensi removal, kadmium

ABSTRACT

*Leachate produced from the waste decomposition process at the Final Processing Site (TPA) has the potential to contain the heavy metal cadmium (Cd), which can pollute the environment and endanger the health of living things. One effort that can be done to reduce the concentration of Cd in leachate is through a bioremediation process using the microalgae *Chlorella vulgaris*. This study aims to assess the effectiveness of *Chlorella vulgaris* in reducing Cd levels in leachate with various concentration variations. The study used an experimental method with observations of Cd levels, pH, and salinity parameters during the treatment period. The data obtained were analyzed using the normality test, homogeneity test, and the Kruskal–Wallis test to determine differences in effectiveness between treatments. The results showed that *Chlorella vulgaris* was able to reduce Cd concentrations in all treatment variations. The highest removal efficiency was achieved at the 30% variation of 38.08%, followed by the 10% variation of 37.33%, while the lowest removal efficiency was obtained at the 50% variation of 32.47%. The results of the Kruskal–Wallis test showed a significance value of 0.000 ($p < 0.05$), which indicated a significant difference in the ability of *Chlorella vulgaris* to remove Cd among the concentration variations tested. Thus, *Chlorella vulgaris* has good potential to be used as a bioremediation agent in the treatment of leachate containing the heavy metal Cd.*

Keywords: *bioremediation, cadmium, *Chlorella vulgaris*, leachate, removal efficiency*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
LEMBAR PRNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA).....	6
2.2 Air Lindi.....	8
2.3 Logam Berat.....	11
2.4 Bioremediasi Logam Berat	14

2.5	Mikroalga	15
2.6	Integrasi Keislaman.....	23
2.7	Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III		28
METODE PENELITIAN.....		28
3.1	Rancangan Penelitian	28
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	31
3.3	Alat dan Bahan.....	31
3.4	Variabel Penelitian	31
3.5	Prosedur Penelitian	32
3.6	Analisis Data	37
BAB IV		40
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Persiapan Penelitian	40
4.2	Kemampuan Alga dalam Meremoval Logam Berat Cd.....	56
4.3	Efisiensi <i>Chlorella vulgaris</i> dalam Menurunkan Logam Berat Kadmium (Cd) 65	
4.4	Analisis Perbedaan Variasi Konsentrasi Logam Berat Kadmium.....	71
BAB V.....		77
PENUTUP.....		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Denah TPA Randegan	7
Gambar 2. 2 Bagan Proses Pengolahan Air Lindi.....	11
Gambar 2. 3 Chlorella vulgaris	16
Gambar 2. 4 Grafik Pertumbuhan Mikroalga	19
Gambar 2. 5 Mekanisme Pertahanan Diri Alga Terhadap Toksisitas Logam Berat	21
Gambar 3. 1 Skema Tahapan penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Kerangka Pikir Penelitian	30
Gambar 3. 3 Reaktor Kontrol.....	36
Gambar 3. 4 Reaktor A,B,C	36
Gambar 4. 1 (a) Perhitungan Sel Alga Hari Ke-1 (b) Perhitungan Sel Alga Hari Ke- 7.....	42
Gambar 4. 2 Grafik Pertumbuhan Chlorella vulgaris Pada Tahap Seeding.....	43
Gambar 4. 3 Grafik Optical Density Chlorella Tahap Seeding.....	44
Gambar 4. 4 Grafik Nilai PH Tahap Seeding.....	45
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Salinitas Tahap Seeding.....	46
Gambar 4. 6 Efisiensi Removal Logam Berat Cd.....	66
Gambar 4. 7 Uji Normalitas	72
Gambar 4. 8 Uji Homogenitas	73
Gambar 4. 9 Uji Kruskal Walis	73
Gambar 4. 10 Mean Rank Uji Statistik.....	74

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

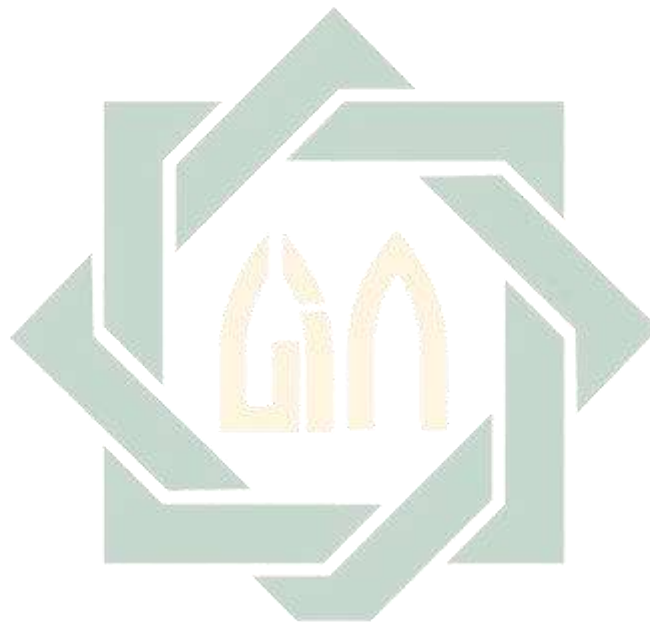
Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Lindi	9
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3. 1 Rancangan Penelitian	28
Tabel 3. 2 Variabel Penelitian	35
Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Seeding Alga	40
Tabel 4. 2 Pengamatan Fisik Tahap RFT	48
Tabel 4. 3 Perhitungan Jumlah Sel Alga Pada Uji RFT	55
Tabel 4. 4 Pengamatan Fisik Tahap Bioremediasi	57
Tabel 4. 5 Perhitungan Jumlah Sel Alga Tahap Bioremediasi	61
Tabel 4. 6 Pengukuran pH Tahap Bioremediasi	62
Tabel 4. 7 Pengukuran Salinitas Tahap Bioremediasi	63
Tabel 4. 8 Pengukuran Suhu Tahap Bioremediasi	64
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Logam Berat Cd	65



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Izin Penelitian.....	87
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	91



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Razek, M. A., Abozeid, A. M., Eltholth, M. M., Abouelenien, F. A., El Midany, S. A., Moustafa, N. Y., & Mohamed, R. A. (2019). Bioremediation Of A Pesticide And Selected Heavy Metals In Wastewater From Various Sources Using A Consortium Of Microalgae And Cyanobacteria. *Slovenian Veterinary Research*, [https://doi.org/10.26873/SVR-744-201956\(22-Suppl\)](https://doi.org/10.26873/SVR-744-201956(22-Suppl)), 61–73
- Anzori, I., Pringgenies, D., & Redjeki, S. (2019). Pengaruh Kenaikan pH terhadap Kandungan Logam Berat Cu dan Cd serta Struktur Insang dan Mantel Kerang *Anadara granosa* dengan Studi Scanning Electron Microscopy (SEM). 3.
- Arifiyana, D., Devianti, V. A., & Wardani, R. K. (2023). Edukasi Bahaya Logam Berat Dalam Tubuh Dan Sumber Kontaminannya. *Jurnal Abdi Masyarakat Kita*, 3(1), 40–52. <https://doi.org/10.33759/Asta.V3i1.306>
- Aznur, B. S., Nisa, S. K., & Septriono, W. A. (2022). Agen Biologis Bioremediasi Logam Berat (Heavy Metal Bioremediation Biological Agents). *MAIYAH*, 1(4), 186. <https://doi.org/10.20884/1.Maiyah.2022.1.4.7442>
- Berthouex, P. M., & Brown, L. C. (2002). *Statistics For Environmental Engineers*.
- Budiman, A., Suyono, E. A., Dewayanto, N., Dewati, P. R., Pradana, Y. S., & Widawati, T. F. (2024). *Biorefinery Mikroalga : Dari Mikroalga Menjadi Energi, Material, Komponen Aktif, Pangan, Dan Pakan*. Gadjah Mada University Press.
- Buwono, N. R., Mahmudi, M., Afandi, A., Amaliana, L., Garang, B. T., & Sofi, F. N. (2025). *Studi Pertumbuhan Populasi Chlorella sp. Pada Skala Laboratorium*. 5(2). *Jurnal Sains dan Teknologi Perikanan* <https://doi.org/10.55678/jikan.v5i2.1685>
- Calvina, A. B., Ardiana, A. D., Azzahra, C. S., Rachmania, N., Miladya, N. F., & Anwar, N. Z. (2024). Bioremediasi Cemaran Tanah Menggunakan Biostimulant. *Camellia: Clinical, PHarmaceutical, Analytical And PHarmacy Community* <https://doi.org/10.30651/Cam.V3i2.24664> *Journal*, 3(2), 192-204..

- Chamidah, A., Ahmad, M. G., Arisandi, D., Taufiq, M., & Novita, A. (2024). *Chlorella vulgaris* Mikroalga Kecil Berpotensi Besar. Media Nusa Kreatif (MNC Publishing).
- Chugh, M., Kumar, L., Shah, M. P., & Bharadvaja, N. (2022). Algal Bioremediation Of Heavy Metals: An Insight Into Removal Mechanisms, Recovery Of By-Products, Challenges, And Future Opportunities. *Energy Nexus*, 7, 100129. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100129>
- Davidova, S., Milushev, V., & Satchanska, G. (2024). The mechanisms of cadmium toxicity in living organisms. *Toxics*, 12(12), 875. <https://doi.org/10.3390/toxics12120875>
- Dewata, I., & Danhas, Y. H. (2021). Toksikologi Lingkungan. PT Rajagrafindo Persada.
- Dewi, E. R.S. (2014). Penurunan Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) Dan Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris* Pada Media Kultur. *Bioma: Jurnal Ilmiah Biologi*, 3(2), <https://doi.org/10.26877/bioma.v3i2,%20Oktober.640>
- Dwi, B. D., Eddiwan, E., & Efawani, E. (2024). Pengaruh Pemberian Asap Cair Tempurung Kelapa Dengan Dosis Yang Berbeda Terhadap Kepadatan *Chlorella* Sp. *South East Asian Water Resources Management*, 1(2), 23–28. <https://doi.org/10.61761/Seawarm.1.2.23-28>
- Dyniari, Y. I., Farikhah, F., & Rahim, A. R. (2019). Dinamika Populasi *C. Vulgaris* Dalam Paparan Logam Berat Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi Yang Berbeda Skala Laboratorium. *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*, 2(1), 42. <https://doi.org/10.30587/jpp.v2i1.810>
- Dzizi, S., Chaib, N., Noune, F., Kaddeche, H., & Charchar, N. (2022). Removal Of Cadmium From Industrial Wastewater Using Blue-Green And Green Microalgae (*ApHanocapsa Zanardinii* And *Chlorella vulgaris*). *Desalination And Water Treatment*, 273, 139–148. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28858>
- El-Sheekh, M., El Sabagh, S., Abou El-Souod, G., & Elbeltagy, A. (2019). Biosorption Of Cadmium From Aqueous Solution By Free And Immobilized Dry Biomass Of *Chlorella vulgaris*. *International Journal Of*

- Environmental Research, 13(3), 511–521.
<https://doi.org/10.1007/S41742-019-00190-Z>
- Febria, F. A., Fitri, W. E., & Putra, A. (2023). Bioremediasi Logam Berat Metode Pemulihan Perairan Tercemar. CV. Suluah Kato Katulistiwa.
- Fitri, W. E., Rahmatika, C., & Putra, A. (2021). Bioremediasi Logam Berat Pb(II) Dan Cu(II) Pada Air Lindi Menggunakan *Chlorella Vulgaris*. *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*, 4(1).
<https://doi.org/10.31602/dl.v4i1.4877>
- Gao, M., Ling, N., Tian, H., Guo, C., & Wang, Q. (2024). Toxicity, physiological response, and biosorption mechanism of *Dunaliella salina* to copper, lead, and cadmium. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1374275.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1374275>
- Grikalo, GG, Joseph, WB, & Maddusa, SS (2022). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Masyarakat Sekitar Sungai Yang Mengonsumsi Ikan Nilem (*Ostoechillus Vittatus*) Dari Sungai Desa Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow. *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 11 (2).
- Gunawan, G. (2021). Pengaruh Perbedaan PH Pada Pertumbuhan Mikroalga Klas Chlorophyta. *Bioscientiae*, 9(2), 62.
<https://doi.org/10.20527/B.V9i2.3875>
- Hadiyanto, H., & Nur, MA (2012). Mikroalga: Sumber Pangan & Energi Masa Depan.
- Hafizhulloh, R. M. (2024). Efektivitas Konsorsium Bakteri *Bacillus sp* Dan *Stenotrophomonas maltophilia* Terhadap Performa Wetland Dalam Mendegradasi Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Air Limbah Tenun. Skripsi
- Halima, A., Nursyirwani, N., Effendi, I., & Ambarsar, H. (2020). Potential Microalga *Chlorella vulgaris* For Bioremediation Of Heavy Metal Pb. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 2(3), 224–234.
<https://doi.org/10.31258/ajoas.2.3.224-234>
- Harahap, A. A. F., & Novalia, V. (2022). Analisis Unsur Logam Berat Kadmium Pada Kerang Darah Di Pasar Tradisional Kota Lhokseumawe. *Glosains:*

Jurnal Sains Global Indonesia, 3(2), 79-86.
<https://doi.org/10.36418/Glosains.V3i2.83> .

- Hendrawan, A. K. F., Afiati, N., & Rahman, A. (2021). Laju Nitrifikasi pada Bioremediasi Air Limbah Organik Menggunakan *Chlorella* sp. Dan Bakteri Nitrifikasi-Denitrifikasi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 11(2), 309–323. <https://doi.org/10.29244/jpsl.11.2.309-323>
- Huang, Y., Yu, J., Huang, X., Sun, J., Tang, W., Wei, M., Yang, G., & Fu, Y. (2025). Algal-bacterial symbiotic system for treatment of heavy metal containing wastewater: Performance, mechanisms and applications. *Npj Clean Water*, 8(1), 86. <https://doi.org/10.1038/s41545-025-00475-1>
- Hutabarat, P. A. (2019). Uji Kemampuan Konsorsium Alga *Chlorella vulgaris* Dan *Spirulina Platensis* Untuk Meremoval Logam Berat Kadmium (Ii).
- Jijingi, H. E., Yazdi, S. K., Abakr, Y. A., & Satya, A. D. M. (2025). Bioremediation Of Heavy Metals In Palm Oil Mill Effluent (POME) Using *Chlorella vulgaris*: A Biological Approach. *Cleaner Water*, 4, 100094. <https://doi.org/10.1016/J.Clwat.2025.100094>
- Lasmarito, T. C., Widianingsih, W., & Endrawati, H. (2022). Kandungan lutein mikroalga *Chlorella vulgaris* dengan salinitas berbeda pada media kultur. *Journal of Marine Research*, 11(2), 320-326. <https://doi.org/10.14710/jmr.v11i2.33819>
- Laya, M. U., & Iryani, S. (2025). Analysis Of Leachate Quality At The Final Disposal Site (Tpa) Tanjung Harapan, Nunukan Regency. *Vol.*, 7(1). <https://doi.org/10.56670/jsrd.v7i1.919>
- Liu, C., Wen, X., Pan, H., Luo, Y., Zhou, J., Wu, Y., Zeng, Z., Sun, T., Chen, J., Hu, Z., Lou, S., & Li, H. (2024). Bioremoval of Co(II) by a novel halotolerant microalgae *Dunaliella* sp. FACHB-558 from saltwater. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1256814. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1256814>
- Maulana, A. I., Antara, N. S., & Arnata, I. W. (2025). *CO2* Supplementation Unlocks Biomass, Lipid, and Carotenoid Potentials in Microalgae *Coelastrella* sp. Strain Saripa. *Buitenzorg: Journal of Tropical Science*, 2(2), 46-56.

- Mirzaei, M., Jazini, M., Aminiershad, G., & Refardt, D. (2024). Biodesalination of saline aquaculture wastewater with simultaneous nutrient removal and biomass production using the microalgae *Arthrospira* and *Dunaliella* in a circular economy approach. *Desalination*, *581*, 117564. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117564>
- Muliana, S., Ramadhani, R., Auliani, C., Zulpan, Rusli, A., Wulandari, M. N., Setyowati, & Syafi', A. (2025). Analisis Data dalam Pendidikan: Memahami Konsep Homogenitas Normalitas dan Pengujiannya untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran. *Teaching and Learning Research Journal*, *1*, 110–116. <https://doi.org/10.66770/trj.v1i4.84>
- Neneng, L., Ardianoor, A., Usup, H. L. D., Adam, C., Zakaria, Z., Ghazella, A., Perangin-Angin, S. B., & Alvianita, V. (2020). Potensi *Chlorella* Sp. Dan *Pseudomonas* Sp. Dari Areal Tambang Emas Sebagai Mikroorganisme Potensial Pereduksi Merkuri. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *18*(3), 617–625. <https://doi.org/10.14710/Jil.18.3.617-625>
- Operacz, A., Bigaj, A., Hap, K., & Kotowski, T. (2022). The Effect of Sample Preparation and Measurement Techniques on Heavy Metals Concentrations in Soil: Case Study from Kraków, Poland, Europe. *Applied Sciences*, *12*(4), 2137. <https://doi.org/10.3390/app12042137>
- Permana, R., & Andhikawati, A. (2022). Metallothionein Pada Tanaman Akuatik Dan Peranannya Dalam Akumulasi Logam Berat: Review. *Jurnal Akuatek*, <https://doi.org/10.24198/Akuatek.V3i1.40407>.
- Prisilla, C., Insani, I. N., Rizky, M., Syamsia, S., Arsat, Y., & Yusuf, H. (2024). Analisis Dampak Pencemaran Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Desa Jononunu Terhadap Kualitas Air Dan Lingkungan Perkebunan: Studi Literatur. *Jurnal Kolaboratif* <https://doi.org/10.56338/Jks.V7i5.5254>.
- Purnamawati, F. S., Soeprbowati, T. R., & Izzati, M. (2014). Potensi *Chlorella vulgaris* Beijerinck Dalam Remediasi Logam Berat Cd Dan Pb Skala Laboratorium. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, *16*(2), 102. <https://doi.org/10.14710/Bioma.16.2.102-113>
- Puspitaningsari, A., Joegijantoro, R., & Yuniastuti, T. (2024). Analisis Kualitas Air Lindi Di Tpa Lempeni Kabupaten Lumajang. *Media Husada Journal Of*

Environmental Health Science, 4(1), 25-33.
<https://doi.org/10.33475/Mhjih.V4i1.50>.

- Puspitarini, R., Ismawati, R., & Mizana, M. W. (2023). Studi Analisis Logam Berat Timbal Dan Kadmium Air Lindi Dan Air Sumur Di TPA Pasuruhan Kabupaten Magelang. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*. Vol 15 (2) Juni 2023, 134-145.
- Putra, S. E., Marten, T. W., Yuniarti, E., & Handayani, L. (2023). Potential Of *Chlorella Sp* As A Bioremediation Agent In Tofu Liquid Waste: Literature Review. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 140–146.
<https://doi.org/10.29303/Jbt.V23i1.4535>
- Putriany, A., Widianingsih, W., Endrawati, H., & Hartati, R. (2023). Bioakumulasi Logam Berat Pb oleh *Chlorella vulgaris*. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(3), 395–402. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i3.39205>
- Rachmawati, A. (2019). Pemanfaatan *Chlorella Sp* Sebagai Akumulator Logam Berat Kadmium (Cd).
- Rahayu, Y., Mayaserly, D. P., & Handayani, C. (2020). Effectiveness Of *Pseudomonas fluorescens* Bacteria As Absorption Of Cadmium Metals In Leachate Of Cold Water Waste Landfills. *Jurnal Kesehatan Saintika Meditory*, 2, 1–11.
- Rahmadani, T. B. C., & Diniariwisan, D. (2023). Pencemaran Logam Berat Jenis Kadmium (Cd) Di Perairan Dan Dampak Terhadap Ikan (Review). *Ganec Swara*, 17(2), 440. <https://doi.org/10.35327/Gara.V17i2.440>
- Ramadhaniaty, N., & Widiyastuti, D. A. (2025). Keanekaragaman Mikroalga Dan Fungsinya Sebagai Bioindikator Dalam Ekosistem Perairan Sungai. In *Seminar Nasional Pendidikan Biologi ULM* (Vol. 1, No. 2, Pp. 266-277).
- Rohman, R. L., Salsabila, A., & Munasir. (2025). Dari Ganggang Ke Tangki: Produksi Biosolar Berbasis Mikroalga. *Kramantara Js*.
- Runtuboi, D. Y. P., Sujarta, P., & Suharno. (2023). *Buku Ajar Pengantar Bioremediasi*. Cv Budi Utama.
- Sanusi, A. A., Elanda, R. W., & Alfonso, M. N. (2023). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Penentuan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Sampah Kecamatan Sukatani. *Journal Of Health Services*, 1(1), 139-145.

- Sariguna Johnson Kennedy, P., Silvanita Mangani, K., Anastasia Hutabarat, F., Juliana, J., Vania Azzahra Licyano, N., Adrian, J., & Habinsaran Abednego, A. (2025). Peningkatan Pemahaman Mengenai Bioremediasi: Solusi Efektif Untuk Pengelolaan Limbah Di Bantargebang. *IKRA-ITH ABDIMAS*, 9(2), 140–148. <https://doi.org/10.37817/Ikra-Ithabdimas.V9i2.4079>
- Sembada, A. A., & Suyadi, T. A. (2023). PHycoremediation Of Cadmium Using *Chlorella vulgaris* In PHotobioreactor. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 9(1), 1-6. <https://doi.org/10.23917/Bioeksperimen.V9i1.20316>
- Singh, V. P., Godara, P., & Srivastava, A. (2024). Sustainable microalgal bioremediation of heavy metals and dyes from synthetic wastewater: Progressing towards United Nations Sustainable Development Goals. *Waste Management Bulletin*, 2(4), 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.10.005>
- Siregar, A. F., & Nasution, R. A. (2024). *Pengujian Kadar Bod, Cod Dan Isolasi Bakteri Hasil Remediasi Air Limbah Lindi Dengan Menggunakan Ekoenzim Kulit Buah Pepaya (Carica papaya L.)*. *Jurnal Biogenerasi*, 9 (1), 1014-1-21. <https://doi.org/10.30605/biogenerasi.v9i1.3673>
- Sonjaya, R. P., Aliyya, F. R., & Naufal, S. (2025). *Pengujian Prasyarat Analisis Data Nilai Kelas: Uji Normalitas dan Uji Homogenitas*. *Jurnal Pendidikan Tembusai*, 9 (1).1627-1639
- Sulianto, A. A., Kurniati, E., Universitas Brawijaya, Rahmawati, C. T., & Universitas Brawijaya. (2020). Sebaran Kualitas Air Sumur Di Sekitar TPA Randegan Kota Mojokerto Berbasis Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(1), 28–35. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jsal.2020.007.01.4>
- Suwarsono, S. J., Kemer, K., Rumengan, A., Manengkey, H., Rumampuk, N., & Mamuaja, J. (2024). Profil Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris* Pada Media Kw21. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 12(1), 18–25. <https://doi.org/10.35800/Jplt.12.1.2024.55072>
- Syahdo'a, D., Khair, A., & Haris, A. (2025). Pengaruh Jenis Pasir Terhadap Kadar Bod Dan COD Pada Air Lindi Di Kecamatan Pulau Sebuku Kabupaten

- Kotabaru. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 1(11), 1970-1983.
<https://doi.org/10.59837/Jpnmb.V1i11.391>
- Warman, M., & Hadi, K. (2025). Kepadatan Sel *Chlorella* Sp. Yang Dikultur Menggunakan Intensitas Cahaya Yang Berbeda. *Jurnal Dinamika Akuakultur*, 1(1), 1-9.
- Yudhistira, M. D. (2020). Uji Efektivitas Mikroalga *Nannochloropsis Oculata* Dalam Melakukan Remediasi Bahan Pencemar Minyak Solar Pada Skala Laboratorium. Skripsi
- Yuliyanti, M., Anggraeni, D., & Setyaningrum, I. F. (2024). Kajian Analisis Pengelolaan Sampah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Indonesia Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. In *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS* (Vol. 7).
- Yulianto, A. (2025). Review: Pemanfaatan Bakteri Untuk Bioremediasi Logam Berat Pb, Cd Dan Hg Di Lingkungan Perairan MAIYAH , 4 (2), 95-112.
<https://doi.org/10.20884/1.Maiyah.2025.4.2.16400>
- Zakir, A., Budiarsa Suyasa, I. W., & Astarini, I. A. (2022). Efektivitas Mikroalga *Chlorella vulgaris* Dan *Spirulina plantensis* Dalam Biosorpsi Logam Nikel Di Perairan (Kasus Perairan Pomalaa Kabupaten Kolaka). *ECOTROPHIC : Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 16(1), 83.
<https://doi.org/10.24843/EJES.2022.v16.i01.p08>
- Zhao, K., Zhao, X., Gao, T., Li, X., Wang, G., Pan, X., & Wang, J. (2023). Dielectrophoresis-Assisted Removal Of Cd And Cu Heavy Metal Ions By Using *Chlorella* Microalgae. *Environmental Pollution*, 334, 122110.
<https://doi.org/10.1016/J.Envpol.2023.122110>
- Zulkifli, A., Gusniati, J., Zulefni, M. S., Afendi, R. A., & Fitriani, Y. (2025). Tutorial Uji Normalitas Dan Uji Homogenitas Dengan Menggunakan Aplikasi SPSS. *Urnal Cahaya Nusantara*, 1(2), 55-68.