

PENYERAPAN LOGAM BERAT TIMBAL (PB) DALAM AIR LINDI TPA TERJUN MARELAN MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

Absorption Of Heavy Metal Lead (Pb) In The Leachate Of The Terjun Marelan Landfill Using Water Hyatt Hyatt Plants (Eichhornia Crassipes)

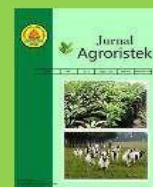
Mukhaira Sofia ^{(1)*}, Wiwin Yulianti Simanjuntak ^{(2)*}, Lusi Maysara ^{(3)*}, Theresia Ambarita ^{(4)*}, Adelia Febryossa ^{(5)*}, Marlinda Nilan Sari Rangkuti ^{(6)*}

^{(1),(2),(3),(4),(5),(6)}Jurusan Biologi-Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam-Universitas Negeri Medan
email : mukhairasofia37@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menyerap logam berat timbal (Pb) dari air lindi di TPA Terjun Marelan menggunakan sistem *constructed wetland*. Air lindi yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah di TPA mengandung polutan berbahaya, termasuk timbal (Pb), yang dapat berdampak buruk terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Eceng gondok dikenal memiliki kemampuan fitoremediasi yang efektif untuk menyerap logam berat melalui akarnya. Penelitian ini dilakukan dengan variasi konsentrasi air lindi (0%, 25%, 50%, dan 100%) selama 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok mampu menurunkan konsentrasi timbal (Pb) dan meningkatkan pH air lindi, namun pada konsentrasi air lindi yang tinggi terjadi kerusakan morfologi tanaman. Secara keseluruhan, eceng gondok efektif sebagai agen fitoremediasi untuk mengurangi pencemaran logam berat timbal (Pb) dari air lindi TPA, meskipun terdapat dampak negatif pada kondisi tanaman akibat paparan air limbah.

Kata kunci : Bioremediasi, fitoremediasi, timbal (Pb),



ABSTRACT

*This study aims to measure the effectiveness of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in absorbing heavy metal lead (Pb) from leachate at the Terjun Marelan landfill using a constructed wetland system. Leachate produced from the decomposition process of waste at the landfill contains hazardous pollutants, including lead (Pb), which can have adverse effects on human health and the environment. Water hyacinth is known to have effective phytoremediation capabilities to absorb heavy metals through its roots. This study was conducted with variations in leachate concentration (0%, 25%, 50%, and 100%) for 7 days. The results showed that water hyacinth was able to reduce lead (Pb) concentration and increase leachate pH, but at high leachate concentrations, plant morphology was damaged. Overall, water hyacinth is effective as a phytoremediation agent to reduce lead (Pb) heavy metal pollution from landfill leachate, although there are negative impacts on plant conditions due to exposure to wastewater.*

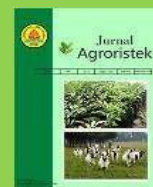
Keywords : Bioremediation, phytoremediation, lead (Pb),

PENDAHULUAN

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Terjun Marelan merupakan salah satu lokasi pembuangan sampah yang berpotensi mencemari lingkungan, terutama sumber air di sekitarnya. Air lindi (*leachate*) yang dihasilkan dari proses dekomposisi sampah di TPA mengandung berbagai polutan, termasuk logam berat seperti timbal (Pb) (Ramadhani *et al.*, 2019). Senyawa yang terkandung dalam lindi pada umumnya berupa senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik yang terkandung antara lain hidrokarbon, asam humat, sulfat, tanat dan galat. Senyawa anorganik dalam lindi seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, sulfat, fosfat, fenol, nitrogen dan logam berat. Logam berat yang umum ditemukan dalam lindi antara lain arsenik, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga, dan timbal (Puspitarini *et al.*, 2023).

Logam berat air lindi dapat meresap mengikuti pergerakan aliran air tanah. Rembesan lindi dapat mencemari badan air di sekitarnya, kemudian akan mempengaruhi makhluk hidup yang terpapar oleh keberadaan logam berat dalam lindi dan dapat menurunkan kualitas air di lingkungan sekitarnya (Alwie *et al.*, 2020). Serta dapat menyebabkan keracunan akut maupun kronis dan kerusakan sel organ bahkan sampai menyebabkan kematian (Fitri *et al.*, 2021) Logam tidak mengalami degradasi biologis dengan demikian logam berat dapat bertahan ditanah selama ribuan tahun (Dinakarkumar *et al.*, 2024) Untuk mengatasi cemaran logam berat dari rembesan air lindi, perlu dilakukan upaya pengolahan air lindi yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan tumbuhan fitoremediasi Eceng gondok.

Salah satu metode yang efektif dan ramah lingkungan untuk mengatasi masalah ini adalah menggunakan sistem



constructed wetland, yang memanfaatkan tanaman air seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat dari air. Eceng gondok dikenal memiliki kemampuan fitoremediasi yang tinggi, yaitu kemampuan untuk menyerap, mengakumulasi, dan mengendapkan logam berat dari air melalui akarnya (Widowati *et al.*, 2018).

Pemanfaatan eceng gondok dalam sistem *constructed wetland* menawarkan solusi yang berkelanjutan dan berbiaya rendah untuk mengurangi polutan berbahaya dari air lindi. Penelitian ini penting untuk mengeksplorasi efektivitas penggunaan eceng gondok dalam menyerap timbal (Pb) dari air lindi di TPA Terjun Marelان, yang pada gilirannya dapat berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan dan kesehatan masyarakat di sekitar TPA (Ramadhani *et al.*, 2020). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk Mengukur efektivitas tanaman Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menyerap logam berat timbal (Pb) dari air lindi di TPA Terjun Marelان menggunakan sistem *Constructed Wetland*.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari Juli hingga Agustus 2024 di Rumah kaca Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan.

Jenis Penelitian

Penelitian eksperimental dengan desain uji rancangan acak lengkap

menggunakan metode *Constructed Wetland*.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, diantaranya alat dan bahan. Berikut ini merupakan instrumen penelitian yang digunakan. Alat yang digunakan yaitu *box container*, gelas ukur, jerigen, dan pH meter, pengukur suhu. Bahan yang digunakan yaitu *handscoon*, masker, sampel air lindi, air bersih dan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Prosedur Penelitian

Berikut ini merupakan tahapan penelitian yang dilakukan dalam analisis limbah berat timbal (Pb) pada air lindi.

Pengambilan Sampel

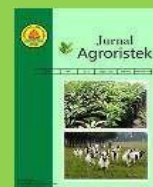
Sampel air lindi diambil dengan metode grab sampling di pagi hari dari kolam outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di TPA Terjun Marelان (Ramadhani *et al.*, 2020). Sampel diambil secara steril menggunakan *handscoon*, lalu jerigen diisi penuh dan langsung ditutup untuk menghindari aerasi kemudian diberi label.

Pembuatan Media Uji

Media uji dalam sistem *Constructed wetland* menggunakan aliran atas permukaan air dengan menggunakan tumbuhan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Wetland* dibuat dalam bak plastik.

Aklimatisasi Tanaman

Aklimatisasi Eceng gondok dilakukan dengan variasi konsentrasi air lindi sebagai berikut:
A (0%) sebagai kontrol



B (25%) (7,5 liter air bersih dan 2,5 liter air lindi)

C (50%) (5 liter air bersih dan 5 liter air lindi)

D (100%) air lindi (10 liter air lindi)

Proses Fitoremediasi dilakukan dengan tanaman Eceng gondok selama 7 hari dengan variasi waktu pada hari ke-1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Parameter yang diamati adalah pH, suhu, dan morfologi eceng gondok.

Analisis Data

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif menggunakan hasil eksperimental yang telah dilakukan kemudian. Membuat grafik perbandingan sebelum dan sesudah percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Pengukuran pH pada tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Konsentrasi	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-6
A (0 %) Kontrol	8,07	8,35	8,48
B (25%)	8,01	8,17	8,30
C (50%)	7,85	7,97	8,39
D (100%) Air limbah lindi	7,74	8,81	9,02

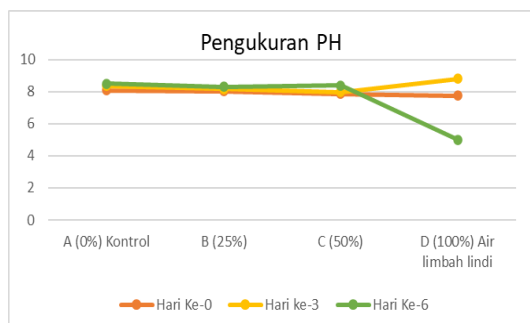
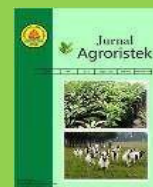


Diagram 1. Hasil pengukuran pH

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada grafik hasil pengamatan bahwa nilai pH mengalami peningkatan setelah adanya perlakuan fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Pada kontrol (0% limbah) pH awal adalah 8,07 dan mengalami sedikit peningkatan menjadi 8,48 pada hari ke-6. Kondisi kontrol ini menunjukkan stabilitas pH di lingkungan tanpa paparan air lindi. Pada B (25% limbah) pH awal adalah 8,01 dan naik menjadi 8,30 pada hari ke-6. Ini menunjukkan bahwa meskipun ada peningkatan konsentrasi air limbah lindi, pH lingkungan tidak berubah secara signifikan. Pada C (50% limbah) pH awal adalah 7,85 dan meningkat menjadi 8,39. Peningkatan pH ini bisa disebabkan oleh proses penyerapan logam berat oleh eceng gondok yang menyebabkan peningkatan alkalinitas dalam air. Pada D (100% air limbah lindi) terjadi perubahan yang signifikan dari pH awal 7,74 menjadi 9,02 pada hari ke-6. Peningkatan ini bisa disebabkan oleh adanya kontaminan dalam air limbah yang mempengaruhi keseimbangan ion hidrogen dalam air.

Kenaikan pH disebabkan oleh proses biologis dan kimia yang terjadi selama fitoremediasi. Tanaman eceng gondok menyerap logam berat seperti timbal (Pb) dan zat-zat organik, yang kemudian menghasilkan produk-produk dekomposisi, termasuk ion hidroksida (OH^-) yang berkontribusi terhadap kenaikan pH air (Putra *et al.*, 2017). Pada akar eceng gondok, terdapat aktivitas mikroorganisme yang juga mempengaruhi reaksi kimia air, menyebabkan perubahan konsentrasi



ion yang berujung pada kenaikan pH (Novrianti, 2015).

Tanaman eceng gondok diketahui mampu menyerap berbagai kontaminan, termasuk logam berat, dan mengakumulasi senyawa-senyawa tersebut di akar, batang, dan daun. Proses ini melibatkan sekresi enzim dan reaksi biokimia yang memecah polutan menjadi senyawa yang kurang toksik, yang sering kali menghasilkan peningkatan pH sebagai salah satu efek samping dari penyerapan kontaminan. Selain itu, proses evaporasi air oleh tanaman juga mengkonsentrasikan ion-ion tertentu yang dapat mempengaruhi keseimbangan asam-basa air.

Dalam penelitian terbaru, eceng gondok terbukti memiliki kemampuan tinggi untuk meningkatkan pH dalam air yang tercemar. Zahro dan Nisa (2020) menunjukkan bahwa eceng gondok efektif meningkatkan pH hingga 8,9 dalam waktu 7 hari pada air yang tercemar logam berat, akibat dari proses pengambilan ion-ion logam serta reaksi kimia yang terjadi selama proses fitoremediasi. Hal serupa juga dilaporkan oleh Ningrum *et al.* (2020), yang menemukan bahwa eceng gondok dapat menurunkan kadar logam berat sekaligus meningkatkan pH sebagai bagian dari proses bioremediasi di air limbah tahu.

Tabel 2. Hasil pengukuran suhu pada tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Konsentrasi	Hari Ke-0	Hari Ke-3	Hari Ke-6
A (0 %) Kontrol	29,06	26,3	27,9
B (25%)	29,8	26,5	27,3
C (50%)	29,8	26,3	27,8

D (100%) Air limbah lindi	29,8	26,8	27,4
---------------------------	------	------	------

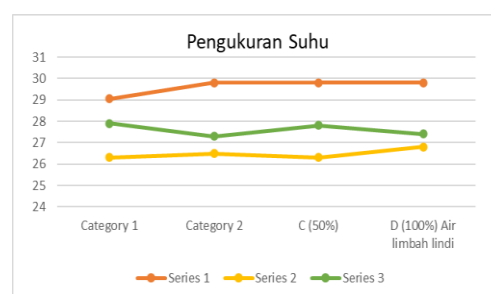
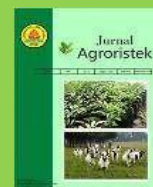


Diagram 2. Hasil pengukuran suhu

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada grafik hasil pengamatan bahwa nilai suhu mengalami penurunan setelah adanya perlakuan fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Pada kontrol (0% limbah) suhu awal adalah 29,6 dan mengalami sedikit penurunan menjadi 27,9 pada hari ke-6. Kondisi kontrol ini menunjukkan stabilitas pada suhu di lingkungan tanpa paparan air lindi. Pada B (25% limbah) suhu awal adalah 29,8 dan turun menjadi 27,3 pada hari ke-6. Ini menunjukkan bahwa adanya evaporasi air lindi ini juga menyerap panas dari lingkungan sekitar, sehingga mengurangi suhu air dan tanaman di sekitarnya. Pada C (50% limbah) suhu awal adalah 29,8 dan meningkat menjadi 27,8. Penurunan suhu ini dari Sinar Matahari karena ketika eceng gondok tumbuh lebat, daun-daunnya dapat memberikan naungan, mengurangi paparan langsung sinar matahari ke permukaan air dan tanaman itu sendiri, yang berkontribusi pada penurunan suhu. Pada D (100% air limbah lindi) terjadi perubahan yang signifikan dari suhu awal 29,8 menjadi 27,4 pada hari ke-6. Penurunan ini bisa




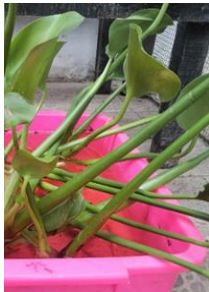
disebabkan oleh adanya kontaminan dalam air limbah yang mempengaruhi keseimbangan ion hidrogen dalam air.

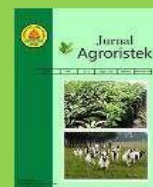
Suhu dalam air lindi dapat bervariasi tergantung pada sumber limbah dan kondisi sekitarnya. Air lindi ini dapat memiliki suhu yang sama dengan suhu lingkungan sekitarnya atau dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah tergantung pada jenis limbah dan proses pengolahan yang terlibat. Bisa dilihat bahwa suhu dari setiap titik mengalami penurunan, Penurunan suhu dalam pengolahan lindi perlu diperhatikan Penurunan suhu dalam pengolahan lindi perlu dihubungkan dengan proses pencampuran dan pengenceran yang terjadi saat air lindi bercampur dengan air tanah. Selain itu, suhu yang lebih tinggi pada air lindi dapat mempengaruhi laju reaksi kimia dan biologi yang terjadi, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kualitas air tanah dan dapat diperhatikan karena dapat mempengaruhi efektivitas proses pengolahan, aktivitas mikroorganisme, dan kualitas air yang dihasilkan (Sari & Afdal 2017). Oleh karena itu, pengelolaan suhu yang tepat dan pemantauan terhadap suhu air lindi menjadi penting dalam proses pengolahan limbah. Suhu air lindi dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk iklim, waktu dalam tahun, dan kedalaman tempat pembuangan akhir (TPA). Secara umum, suhu air lindi dapat berkisar antara 10°C hingga 30°C, tetapi dalam kondisi tertentu, suhu dapat lebih tinggi, terutama di daerah dengan iklim panas atau selama musim panas. Suhu air lindi dapat mempengaruhi proses biokimia yang terjadi, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kualitas air. Jika suhu air lindi terlalu tinggi, kemungkinan terjadinya pembentukan senyawa berbahaya seperti amonia dan


sulfida dapat meningkat, yang dapat mengganggu kesehatan eceng gondok. (Santoso., *al et* 2010)

Penurunan yang terjadi pada kelompok pada kontrol tidak terlalu signifikan bila dibandingkan dengan penurunan yang terjadi pada kelompok perlakuan yang dikontakkan dengan tanaman eceng gondok (Oktavia *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pengelolaan suhu yang tepat dan pemantauan terhadap suhu air lindi menjadi penting dalam proses pengolahan limbah. Pada kandungan ion dan bahan terlarut dalam air lindi dapat mempengaruhi tingkat konduktivitasnya air lindi umumnya mengandung bahan terlarut seperti garam, logam berat, atau bahan organik. (Muna *et al.*, 2023).

Tabel 3. Hasil pengamatan kondisi morfologi Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Dokumentasi Penelitian	Keterangan
 Hari Ke-0	<ul style="list-style-type: none">Morfologi Daun: Daun Eceng gondok pada hari ke-0 tumbuh berwarna hijau tua, segar lebar dan ukuran daun 5cm.Morfologi Batang: Batang eceng gondok pada hari ke-0 memiliki warna hijau muda yang panjangnya 30-35cm, batang yang masih segar jika dipegang masih keras
 Hari ke-3	<ul style="list-style-type: none">Morfologi Daun: Pada hari ke-3 warna daun tampak memudar menjadi hijau muda kekuningan, tampak beberapa daun lainnya mulai menguning dan hampir layuMorfologi Batang: Pada hari ke-3 batang eceng gondok juga mengalami perubahan warna menjadi hijau muda



	<p>kekuningan, batang tampak sedikit mulai layu yang ditandai dengan beberapa batang lainnya menguning dan lembek.</p>
 <p>Hari ke-6</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Morfologi Daun: Pada hari terakhir pengamatan daun pada Eceng gondok tambak berwarna hijau kekuningan hingga mencoklat (kering), ukuran daun yang semula 30-35cm kini tampak berkurang menjadi 25-30 cm akibat daun yang mengering dan beberapa daun yang menguning akibatnya ukuran daun akan menyusut. • Morfologi batang: Pada pengamatan terakhir pada batang Eceng gondok dapat dilihat ada beberapa batang yang sudah mulai menguning dan busuk akibat paparan dari air limbah lindi sehingga batang eceng gondok mengalami kerusakan yang tampak pada morfologinya.

Morfologi Daun

Pada Hari ke-0 daun eceng gondok pada pengamatan awal berwarna hijau tua, segar, dan lebar, dengan ukuran sekitar 5 cm. Ini menunjukkan bahwa tanaman dalam keadaan sehat dan optimal dalam penyerapan cahaya serta nutrisi.

Pada hari ketiga, terdapat perubahan warna pada daun menjadi hijau muda kekuningan. Beberapa daun lainnya mulai menguning dan hampir layu, yang dapat diindikasikan sebagai tanda stres atau kurangnya nutrisi. Perubahan warna

ini menunjukkan penurunan fotosintesis dan kesehatan tanaman (Ratnani et al., 2024)

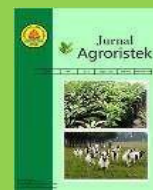
Pada akhir pengamatan, daun eceng gondok berubah menjadi hijau kekuningan hingga mencoklat (kering), dengan ukuran yang berkurang menjadi 25-30 cm. Penurunan ukuran ini dapat disebabkan oleh proses dehidrasi dan kerusakan sel, yang mengakibatkan penyusutan daun. Beberapa daun mungkin layu menggulung (Ahmad, H., 2019). Daun yang menguning menunjukkan adanya kerusakan jaringan akibat faktor eksternal, seperti paparan limbah.

Morfologi Batang

Pada hari ke-0 batang eceng gondok pada hari awal berwarna hijau muda, dengan panjang 30-35 cm. Batang yang masih segar dan keras menunjukkan bahwa tanaman dalam kondisi baik dan dapat menyokong daun dengan baik.

Pada hari ketiga, batang juga mengalami perubahan menjadi hijau muda kekuningan, dan beberapa batang mulai tampak layu. Batang tanaman masih cukup tegak, namun mungkin tidak sekokoh sebelumnya. Akar tanaman mungkin menunjukkan sedikit perubahan warna, menjadi lebih gelap, namun masih mampu berkembang dalam media (HM, E. I. R., 2023). Penurunan kekuatan batang dan kelembutan dapat menandakan bahwa tanaman mengalami stres, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kondisi lingkungan atau kualitas air.

Pada pengamatan hari terakhir, terlihat adanya beberapa batang yang mulai menguning dan busuk. Secara keseluruhan, tanaman terlihat stress dan kurang vigor dibandingkan dengan



kondisi awalnya (Putri, A., 2023). Hal ini jelas menunjukkan kerusakan akibat paparan air limbah lindi. Kerusakan pada batang ini berdampak pada morfologi, menunjukkan bahwa eceng gondok sangat rentan terhadap pencemaran lingkungan, yang dapat memengaruhi pertumbuhannya secara keseluruhan.

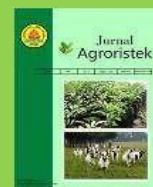
Beberapa tanaman juga mengalami pengguguran daun, yang disebabkan oleh pelepasan ion melalui daun tua untuk mengurangi kandungan ion dalam tanaman. Fenomena ini terjadi karena penurunan metabolisme akibat kelebihan penyerapan ion (Oktavia et al., 2016).

SIMPULAN

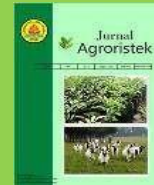
Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) efektif dalam menyerap logam berat timbal (Pb) dari air lindi di TPA Terjun Marelان menggunakan sistem *Constructed Wetland*. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan pH air lindi setelah perlakuan fitoremediasi menggunakan eceng gondok, yang menunjukkan bahwa eceng gondok menyerap logam berat dan menghasilkan produk-produk dekomposisi yang meningkatkan alkalinitas air. Selain itu, suhu air lindi juga mengalami penurunan setelah perlakuan fitoremediasi, yang menunjukkan bahwa eceng gondok dapat menyerap panas dari lingkungan sekitar dan mengurangi suhu air. Namun, perlu diperhatikan bahwa paparan air lindi dengan konsentrasi tinggi mengakibatkan kerusakan pada morfologi eceng gondok. Daun dan batang eceng gondok mengalami perubahan warna dan ukuran, serta beberapa batang bahkan mengalami pembusukan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, H., & Adiningsih, R. (2019). Efektivitas metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dan kangkung air dalam menurunkan kadar bod dan tss pada limbah cair industri tahu. *Jurnal Farmasetis*, 8(2), 31-38.
- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., Andespa, R., Lhokseumawe, P. N., & Pengantar, K. (2020). ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA AIR PERMUKAAN DI LINGKUNGAN SEKITAR TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) PIYUNGAN, KABUPATEN BANTUL. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41-49.
- Axmalia, A., & Mulasari, S. A. (2020). Dampak tempat pembuangan akhir sampah (TPA) terhadap gangguan kesehatan masyarakat. *Jurnal Kesehatan Komunitas (Journal of Community Health)*, 6(2), 171-176.
- Dinakarkumar, Y., Ramakrishnan, G., Gujjula, K. R., Vasu, V., Balamurugan, P., & Murali, G. (2024). Fungal bioremediation: An overview of the mechanisms, applications and future perspectives. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 6(March), 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2024.07.002>
- Fitri, W. E., Rahmatiqqa, 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), 58–69.
- HM, E. I. R., & Setiawati, T. C. (2023). Perbaikan beberapa karakteristik limbah cair tahu menggunakan variasi jumlah tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan tanaman kiambang (*Pistia stratiotes*). *Berkala Ilmiah Pertanian*, 6(1), 8–12.
- Ma'rifah, A. U., Anggraito, Y. U., & Setiati, N. (2024). Literature Review: Metallothionein Sebagai Protein Pengikat Logam untuk Bioremediasi Logam Berat. *BIOPENDIX: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*, 10(2), 186-193.
- Muna, A. A., & Sitogasa, P. S. A. (2023). Analisis Kualitas Lindi (pH, TSS, Temperatur, Conductivity) Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Griyomulyo, Kabupaten Sidoarjo. *Environmental Engineering Journal ITATS*, 3(2), 134-143.
- Ningrum, Y. D., Ghofar, A., & Haeruddin, H. (2020). Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) sebagai Fitoremediator pada Limbah Cair Produksi Tahu Effectiveness of Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) as Phytoremediator for Tofu Production Liquid Waste. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 9(2), 97-106.
- Novitriani, K. (2015). Efektivitas Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dalam Menyerap Logam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan dan Farmasi*, 9(1), 97
- Oktavia, Z., Budiyono, B., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Home Industry Batik “X” Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(5), 238-245.
- Puspitarini, R., S. N., A. K., & Winarno, H. (2018). Pengaruh ukuran partikel, zat aktivator, waktu aktivasi dan waktu serap adsorben fly ash untuk mendegradasi logam timbal (Pb) pada air lindi. *Proceeding of The URECOL*, 75–86.
- Puspitarini, R., Ismawati, R., Nuryono, & Wildan Mizana, M. (2023). Studi Penyebaran Logam Berat Timbal Dan Kadmium Air Lindi Dan Air Sumur Di Tpa Pasuruhan Kabupaten Magelang. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 15(2), 134–145.
- Putra, A. F. A., Diara, I. W., & Wiyanti, W. I. Y. A. N. T. I. (2017). Fitoremediasi Air Irigasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dan Teratai (*Nymphae* sp.) di Subak Sembung Kelurahan Peguyangan Denpasar Utara. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6(2), 206-217.
- Putri, A. A., Permana, F. G., Wulandari, A., & Irawanto, R. (2023). Respon Pertumbuhan *Ipomoea*



- Reptans Pada Media Tanam (Tanah dan Air) Terhadap Pencemar Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu). *Prosiding Sains Nasional dan Teknologi*, 13(1), 14-2.
- Ramadhani, J., Asrifah, R. D., & Widiarti, I. W. (2020). Pengolahan Air Lindi Menggunakan Metode Constructed Wetland di TPA Sampah Tanjungrejo, Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 1(2), 1-8.
- Ratnani, R. D. (2011). Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Untuk Menurunkan Kandungan COD (Chemical Oxygen Demand), pH, Bau, dan Warna pada Limbah Cair Tahu. *Momentum*, 7(1), 41-47.
- Ratnani, R. D., Hartati, I., & Kurniasari, L. (2024). Pemanfaatan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) untuk menurunkan kandungan COD (Chemical Oxygen Demond), pH, bau, dan warna pada limbah cair tahu. Laporan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.
- Thomas, R. A., & Santoso, D. H. (2019). Potensi Pencemaran Air Lindi Terhadap Air Tanah Dan Teknik Pengolahan Air Lindi Di TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Science Tech*, 5(2), 9-12
- Santoso, S., et al. (2010). Efisiensi Eceng Gondok Dalam Penyisihan Bahan Organik Pada Lindi TPA Gunung Tugel Purwokerto. *Jurnal Purifikasi*, 11(2), 163 – 170
- Sari, R. N., & Afdal. (2017). Karakteristik Air Lindi (Leachate) di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Air Dingin Kota Padang. *Jurnal Fisika Unand*, 6(1), 93-99
- Sukono, G. A. B., Hikmawan, F. R., Evitasari, D. S., & Satriawan, D. (2020). Mekanisme fitoremediasi. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(02), 40-46.
- Walid, A., Kusumah, R. G. T., Putra, E. P., Herlina, W., & Suciarti, P. (2020). Pengaruh keberadaan TPA terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman warga sekitar: Studi Literatur. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 20(3), 1075.
- Widowati et al., (2018). Fitoteknologi dan Efek Fitoremediasi. LPPM UMMETRO. Banten.
- Zahro, N. M., & Nisa, V. C. (2020). Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) pada Limbah Domestik dan Timbal di Hilir Sungai Bengawan Solo Gresik sebagai Solusi Ketersediaan Air Bersih Sekarang dan Masa Depan. *JCAE, Journal of Chemistry And Education*, 4(2), 73-83