

EFEKTIVITAS TANAMAN BAMBU AIR (*Equisetum hymale*) TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA AIR LINDI (*Leachate*)

Chindy Carolin Manalu^{1*}, Christina Aritonang², Frianty Sihotang³, Jeremiah Saragih⁴,
Marlinda Nilan Sari⁵, Adelia Febriyossa⁶

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

Corresponding author: chindycharolin06@gmail.com

Abstract

Background: Leachate is water formed from piles of rubbish containing inorganic and organic compounds. One example of an organic compound that can cause environmental pollution is Pb (lead). Efforts to reduce levels of the heavy metal Pb are by carrying out phytoremediation using aquatic bamboo plants (*Equisetum hymale*).

Methods: This research was conducted during September 2024 at the Green House, Medan State University, with leachate water samples taken from the Dendang Sea Final Waste Disposal Site (TPAS), Medan Tembung District, Deli Serdang Regency, North Sumatra Province. Methods used in the research This method uses descriptive or observational methods which are presented in the form of tables and graphs.

Results: Research shows that water bamboo plants are able to absorb Pb levels in leachate water as seen from the parameters of changes in pH, temperature, color and physical condition of water bamboo plants.

Conclusion: Water bamboo can be used as phytoremediation to reduce Pb levels in leachate waste.

Keywords: Leachate, Water bamboo, Phytoremediation, Lead.

Abstrak

Latar Belakang: Air lindi (leachate) merupakan air yang terbentuk dari tumpukan sampah yang mengandung senyawa anorganik dan organik. Salah satu contoh dari senyawa organik yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan adalah Pb (timbal). Upaya untuk mengurangi kadar logam berat Pb adalah dengan melakukan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman bambu air (*Equisetum hymale*).

Metode: Penelitian ini dilakukan selama bulan September 2024 di Green House Universitas Negeri Medan, dengan pengambilan sampel air lindi berasal dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Laut dendang, Kecamatan Medan Tembung, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode deskriptif atau observasional yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Hasil: Penelitian menunjukkan bahwa tanaman bambu air mampu menyerap kadar Pb dalam air lindi yang dilihat dari parameter perubahan pH, suhu, warna dan kondisi fisik tanaman bambu air.

Kesimpulan: Bambu air dapat digunakan sebagai fitoremediasi untuk menurunkan kadar Pb di dalam limbah air lindi (leachate).

Kata Kunci: Air lindi, Bambu air, Fitoremediasi, Timbal

PENDAHULUAN

Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) memiliki peran penting sebagai lokasi pengolahan akhir sampah, baik untuk diolah menjadi kompos maupun hanya ditimbun setelah disortir oleh pemulung. Jumlah sampah yang besar di TPAS menyebabkan proses dekomposisi alami terjadi secara masif. Proses ini mengubah sampah menjadi pupuk organik dan menghasilkan produk sampingan berupa leachate atau air lindi. Sampah perkotaan yang dikumpulkan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) akan mengalami dekomposisi, yang mengakibatkan perubahan fisik, kimia, dan biologis secara bersamaan. Salah satu hasil dekomposisi ini adalah leachate. Masuknya senyawa kimia dari air lindi ke dalam ekosistem perairan dapat berdampak negatif pada kehidupan biota, seperti kematian atau gangguan pada proses fisiologis, pola makan, pembentukan sel, dan fungsi jaringan. Produksi air lindi akan terus terjadi sejak TPA mulai beroperasi hingga sekitar 5-8 tahun setelah TPA ditutup (Anam et al., 2013).

Air lindi merupakan air yang terbentuk dari timbunan sampah. Senyawa yang terkandung pada air lindi pada umumnya senyawa organik dan anorganik. Senyawa anorganik pada air lindi seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, sulfat, fosfat, fenol, nitrogen dan logam berat. Logam Cd pada air lindi dihasilkan dari sampah pada batu baterai, pigmen cat, plastik, dan alat elektronik, sedangkan logam Pb pada air lindi dihasilkan dari sampah pada cat, kaleng, dan battery (Puspitarini, 2023). Salah satu metode alami yang berpotensi mengurangi kadar logam berat dalam air adalah penggunaan tanaman fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknik pengolahan lingkungan yang memanfaatkan tanaman untuk menyerap, menstabilkan, atau menguraikan polutan dari tanah dan air. Bambu air (*Equisetum hyemale*) adalah salah satu jenis tanaman yang dikenal memiliki kemampuan menyerap logam berat, termasuk timbal (Pb) dari air dan tanah (Widyastuti, 2023). Tanaman hiperakumulator merupakan tanaman yang memiliki kemampuan dalam hal mengkonsentrasikan logam dalam kadar

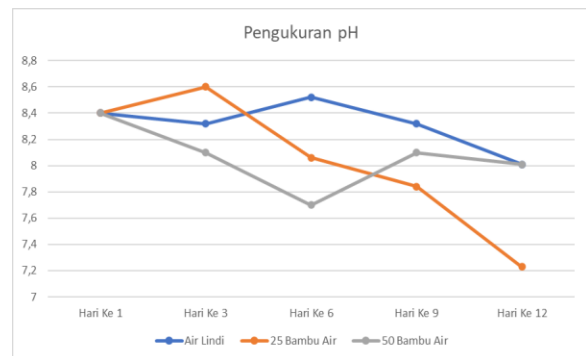
yang luar biasa tinggi atau juga dalam konsentrasi yang bervariasi. Salah satu tumbuhan hiperakumulator adalah bambu air (*Equisetum hyemale* L). Tanaman bambu air memiliki beberapa keunggulan, di antaranya adalah kemampuannya untuk tumbuh dengan mudah di berbagai jenis lingkungan, perawatan yang relatif sederhana, serta ketahanannya terhadap berbagai kondisi eksternal. Selain itu, bambu air memiliki batang yang kaya akan kandungan silikat, yang berperan penting dalam mengikat partikel yang diserap oleh akar tanaman. Kandungan silikanya yang tinggi memberikan kontribusi terhadap kemampuannya untuk membantu menyaring partikel-partikel polutan di tanah atau air, menjadikannya tanaman yang efektif untuk fitoremediasi (Margowati dkk., 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Permadi (2019) dalam Sulaiman dkk. (2022) menunjukkan bahwa bambu air (*Equisetum hyemale*) efektif dalam mengurangi kandungan logam timbal dalam air sungai yang tercemar. Tanaman ini mampu menyerap logam yang larut di dalam air melalui sistem akarnya. Akar tanaman mengubah pH di sekitarnya dan menghasilkan senyawa pengkelat yang disebut fitosiderofor. Senyawa ini berfungsi mengikat logam dan mengangkutnya ke sel-sel akar melalui proses transpor aktif. Setelah logam diserap oleh akar, ia kemudian dipindahkan ke bagian lain dari tanaman, seperti batang, melalui jaringan pengangkut xilem dan floem. Untuk melindungi sel-sel dari keracunan logam, tanaman memiliki mekanisme detoksifikasi yang menyimpan logam tersebut di bagian batang, terutama dalam jaringan scleral. Salah satu fungsi utama jaringan sklera adalah melindungi tanaman dari pengaruh lingkungan. Pada proses ini, polutan yang diserap oleh akar diakumulasi di jaringan skleral, dan karena jaringan tersebut mengandung silikat, polutan kemudian dipindahkan ke bagian tanaman lainnya.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan selama bulan September 2024 dengan lokasi penelitian yang bertempat di Green House Universitas Negeri Medan dengan pengambilan air lindi dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Laut dendang, Kecamatan Medan Tembung, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor yang dibuat dari stoples berukuran 1 Liter, termometer untuk mengukur suhu air lindi, pH meter, gelas ukur, dan batang pengaduk, air lindi yang diperoleh dari TPS Laut dendang, pasir, batu kerikil. Cara kerja dalam penelitian ini adalah menyusun bahan filtrasi dalam reaktor. Disusun dari bawah keatas dengan urutan, pasir, batu kerikil, bambu air. Tahapan selanjutnya adalah melakukan proses aklimatisasi, proses aklimatisasi bertujuan agar tanaman bambu air mampu untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan baru. Pada tahapan ini tanaman bambu air dialiri dengan limbah selama 3 hari yang kemudian dipindahkan pada lingkungan perlakuan. Tahapan selanjutnya adalah melakukan uji awal kandungan logam berat Timbal (Pb) pada leachate. Setelah itu tahapan selanjutnya adalah melakukan perlakuan fitoremediasi dengan Menggunakan tanaman bambu air. Penempatan tanaman pada reaktor. Tanaman Bambu air dipilih dengan memperhatikan kualitas fisik tanaman. Kondisi fisik tanaman yang sehat ditandai dengan kondisi batang yang tegak, segar kuat dan tidak kering. Setiap reaktor mendapatkan guyuran lindi 500 mL pada perlakuan 0 tanpa kontrol bambu air, perlakuan 1 25 batang bambu air, dan perlakuan 2 50 batang bambu air. Dilakukan pengamatan 1 kali 3 hari dengan mengukur pH, suhu, mengamati perubahan warna air lindi, dan kondisi fisik tanaman bambu air. Pengamatan dilakukan selama 12 hari

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengukuran pH

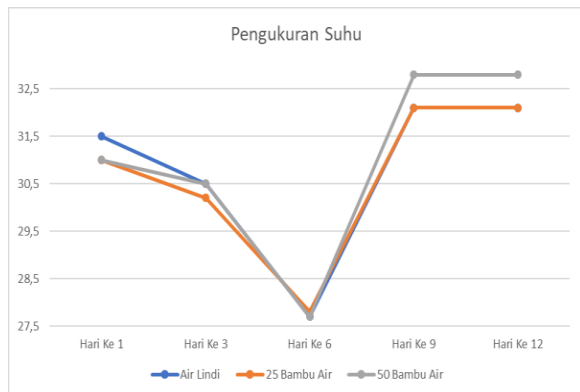


Gambar 1. Pengukuran pH Pada Setiap Perlakuan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH air lindi pada wadah yang berisi 25 dan 50 batang tanaman bambu air yang berkisar antara 7-8, karena pada kisaran tersebut tanaman mampu untuk menyerap unsur-unsur yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Pada hari 12 pada wadah yang berisi 25 tanaman dan 50 tanaman terjadi penurunan pH menjadi lebih netral. Menunjukkan bahwa semakin rendah pH air lindi pada tanaman bambu air, semakin efektif bambu air dalam menyerap dan menurunkan kadar logam berat (Widyastuti, dkk. 2023). Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan dari air lindi. Berdasarkan tabel hasil pengamatan yang dilakukan pada hari pertama, ketiga, keenam, kesembilan dan kedua belas didapatkan hasil bahwa pH air lindi berkisar 7-8.

Air lindi yang aktif memiliki pH yang lebih aktif pada pH 8,4 dan pH air lindi yang pasif yaitu 8,1. Air lindi yang aktif yaitu air lindi dari sampah-sampah baru yang dibuang. Sedangkan air lindi pasif adalah air lindi yang berasal dari tumpukan sampah yang dipasifkan atau pembuangan akhir yang sampah yang tidak digunakan lagi (Afdal & Sari, 2016). Hasil pengukuran pH pada air lindi menunjukkan air lindi yang diambil dari TPA merupakan air lindi yang berasal dari tumpukan sampah-sampah baru.

b. Pengukuran Suhu



Gambar 2. Pengukuran Suhu Pada Setiap Perlakuan

Hasil pengukuran suhu pada pengamatan yang telah dilakukan dari hari 1,3,6,9 dan 12 berkisar antara 27,7 - 32,8. Pada hari 1 dan 3 terjadi penurunan suhu yang menandakan penyerapan tumbuhan terhadap logam berat Pb masih rendah namun pada suhu tersebut tanaman bambu air masih bisa hidup. Pada hari 9 dan 12 terjadi peningkatan suhu. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan penyerapan bambu air terhadap logam berat Pb (Ihtiar, A. 2024). Menurut Widyastuti, dkk (2023) pengukuran suhu yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui suhu air lindi (leachate). Fluktuasi suhu pada pengukuran suhu dipengaruhi oleh kondisi suhu ruangan. Wadah diletakkan di tempat yang terpapar cahaya matahari dan terbuka sehingga dapat mempengaruhi perubahan suhu pada air lindi. Namun, selain dipengaruhi oleh suhu ruangan perubahan suhu dapat disebabkan oleh penyerapan tanaman bambu air terhadap logam berat dalam air lindi khususnya wadah yang berisi tanaman bambu air. Semakin tinggi suhu, semakin cepat pula proses penyerapan oleh tanaman. Sebaliknya, ketika suhu menurun, penyerapan oleh tanaman akan melambat.

c. Perubahan Kondisi Fisik Tanaman Bambu Air

Hasil kondisi fisik yang didapat di lapangan menyatakan bahwa bambu air selama penelitian mengalami perubahan fisiologis yang mana pada proses fitoremediasi dari bambu air terhadap air lindi pada hari 1 seluruh batang bambu air masih segar berwarna hijau muda. Pada hari ke-3 perlakuan 1 batang bambu air sudah

terdapat beberapa yang kurang segar. Pada perlakuan 2 terdapat 2 batang bambu air yang berubah menjadi kekuningan. Selanjutnya ada hari ke- 6 dan ke-9 batang semakin banyak batang yang berwarna kuning. Pada hari ke-12 ditemukan bagian batang yang kekuningan lebih banyak pada perlakuan 2 dibanding perlakuan 1 yang memiliki lebih banyak batang berwarna hijau. Terjadinya perubahan warna yang cukup signifikan ini mengakibatkan beberapa batang tanaman mati.

Perubahan warna dan beberapa tanaman yang mati ini disebabkan adanya aktivitas kimiawi antara tanaman dengan air limbah yang mengandung senyawa Pb. Batang bambu air menyerap senyawa kimia yang terkandung dalam air lindi. Tanaman bambu air memiliki batang dengan kandungan silikat yang tinggi, yang berguna mengikat partikel logam yang terserap oleh akar tanaman. Membuat batang mengalami perubahan warna dan kemudian mati. (Suharto et al., 2011) Berdasarkan penelitian Mubarak et al., 2020 karena kondisi fisik tanaman, tanaman dapat mengakumulasi beberapa ion logam. Hal ini terjadi karena proses penguapan, mana ion dan oksigen saling berikatan untuk membentuk ion baru. Batang udaranya tetap hijau, dan tanaman bambu air yang dipaparkan dengan limbah air mulai menunjukkan gejala klorosis (perubahan warna pada batang) dan perubahan warna dari substrat hijau ke hijau. Logam berat menghambat enzim yang bertanggung jawab untuk mengkatalisis sintesis klorofil, yang menyebabkan klorosis pada tanaman bambu air.

Tanaman menyerap polutan secara langsung, mengakumulasi metabolisme non-fitotoksik dalam sel tanaman, melepaskan eksudat dan enzim yang dapat mengaktifkan aktivitas mikrobiologi, dan menyerap mineral di daerah perakaran. Fotosintesis tanaman meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam air limbah. Fitodegradasi dan polutan organik yang masuk ke dalam tanaman melalui akar dan terurai melalui metabolisme tanaman dapat

menyebabkan penurunan kadar COD dan BOD. Fitovolatisasi adalah proses yang menyebabkan penurunan polutan karena polutan diserap oleh tanaman dan kemudian dilepaskan ke atmosfer sebagai uap udara. Material padat kemudian mengendap, sehingga jumlah material limbah dalam air limbah berkurang, yang mengakibatkan penurunan konsentrasi COD dan BOD (Kurniawati et al., 2023).

Perubahan Warna

Tabel 1. Warna Pada Setiap Perlakuan

No	WADAH	WARNA
1	WADAH KONTROL (100% AIR LINDI)	
2	WADAH AIR LINDI DENGAN 25 TANAMAN BAMBU AIR	
3	WADAH AIR LINDI DENGAN 50 TANAMAN BAMBU AIR	

Pada tabel hasil pengamatan warna air lindi pada perlakuan P0 tanpa tanaman bambu air, perubahan kejernihan air lindi selama 12 hari, dapat dilihat bahwa air lindi yang digunakan sebagai kontrol tetap adalah berwarna coklat keruh. Sedangkan, pada perlakuan 1 dan 2, kekeruhan air lindi mengalami penurunan. Pada perlakuan 1 menggunakan tanaman bambu air sebanyak 25 batang di hari ke-3, air lindi awalnya masih tetap berwarna coklat keruh, sedangkan hari ke-6 dan ke-9 warna yang sebelumnya coklat keruh mengalami perubahan karena sudah mulai berkurang. Hingga pada hari ke-12 perubahan kejernihan air sudah menjadi bening. Berbeda dengan perlakuan 2 menggunakan tanaman bambu air sebanyak 50 batang pada hari ke-3 dan ke-6 warna coklat keruh mengalami perubahan warna

lebih cepat dari perlakuan 1 kemudian pada hari ke-9, tampak air lindi yang berada didalam stoples sudah mulai berwarna bening, dan hari ke-12 kejernihan air menjadi bening dan warna air yang semula keruh sudah hilang. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan jumlah tanaman, dimana pada 50 tanaman bambu air ada lebih banyak akar yang dapat menyaring partikel kotoran dan polutan dari dalam air. kontaminan melalui akar dan kemudian memindahkannya ke batang dan daun. Tanaman ini menyerap udara limbah melalui akar dan mengikat kandungan timbal pada batang dengan cairan silikat yang diperoleh dari serat sklerenkim. Salah satu faktor yang menyebabkan perubahan warna pada batang bambu air adalah paparan air limbah yang mengandung logam Pb dalam waktu yang lama Menyebabkan penghambatan sintesis klorofil yang lebih besar. (Mubarak, et al., 2020)

SIMPULAN

1. Terdapat perbedaan signifikan dalam efektivitas penyerapan logam berat Timbal (Pb) dengan variasi jumlah tanaman Bambu Air yang digunakan. Semakin banyak tanaman Bambu Air yang digunakan, semakin efektif proses penyerapan Pb, menunjukkan bahwa peningkatan jumlah tanaman dapat meningkatkan kemampuan fitoremediasi.
2. Tanaman Bambu Air (*Equisetum hymale*) terbukti efektif dalam menyerap logam berat Timbal (Pb) pada air lindi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman ini memiliki potensi yang baik sebagai agen fitoremediasi untuk mengurangi kontaminasi logam berat dalam air lindi.
3. Tanaman Bambu Air secara signifikan lebih efektif dalam menurunkan konsentrasi Timbal (Pb) pada air lindi dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa tanaman. Hal ini mengindikasikan bahwa kehadiran tanaman tersebut memiliki peran penting dalam

mengurangi kandungan logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, Sari RN. 2016. Karakteristik lindi dari Tempat Pembuangan Sampah (TPA) Air Dingin, Kota Padang, Sumatera Barat. Prosiding Fisika dan Aplikasinya (SNFA) Pascasarjana Ilmu Fisika, Universitas Sebelas Maret Surakarta. 8-13.
- Anam, M. M., Kurniati, E., & Suharto, B. (2013). Penurunan kandungan logam pb dan cr leachate melalui fitoremediasi bambu air (*Equisetum hyemale*) dan zeolit reduction of pb and cr metals contents of leachate by means of phytoremediation of bambu air (*Equisetum hyemale*) and zeolite. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, 1(2), 43-59. <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/118/121>
- Fitrihanah, L., Mohammad Y., & Sobri, E. (2017). Dampak Pencemaran Aktivitas Kendaraan Bermotor Terhadap Kandungan Timbal (Pb) dalam tanah dan tanaman padi. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 7(1): 11-18.
- Ihtiar, A. (2024). Efektivitas Bambu Air (*Equisetum hyemale*) Sebagai Agen Fitoremediasi Lindi TPA Jatibarang Terhadap BOD dan COD Serta Implementasi Hasil Penelitian pada Pembelajaran Biologi. Skripsi, Universitas PGRI Semarang.
- Irhamni., Setiaty P., Edison P., dan W. Hasan. 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. Jurnal Serambi Engineering. 1(2):75–84. Keslingmas, 35, 278–396.
- Sari, E., Jumiati, & Sari, M. (2016). Kemampuan Adaptasi Tumbuhan Air Lokal Terhadap Air Lindi (*Leachate*). Jurnal Pendidikan Biologi, 3(1), 77–89.
- Kurniawati, S., Ulfah, M., Nurwahyunani, A., & Hayat, M. S. (2023). Water bamboo plant (*Equisetum hyemale*) as a phytoremediation agent for water pollution waste. Biological Environment and Pollution, 3(2), 76-82.
- Margowati, D., Abdullah, S., & Kunci, K. (2016). Efisiensi Fitoremediasi Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Rumah Tangga di Desa Kracak Kecamatan Ajibarang Kabupaten Banyumas Tahun 2016. Buletin Keslingmas. 35(4):316-321.
- Suharto, B., Susanawati, L. D., & Wilistien B. I. (2011). Penurunan Kandungan Logam Pb dan Cr leachate melalui fitoremediasi bambu air (*Equisetum hyemale*) dan zeolit. Agroteknologi: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 5(2), 148-158.
- 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., Nilandita, W., & Suprayogi, D. (2022). Fitoremediasi Memanfaatkan Tanaman Coontail (*Ceratophyllum demersum*) untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) menggunakan Sistem Batch. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Widyastuti, D., Suprayitno, D., & Rahardjo, P. P. (2023). Potensi bambu air sebagai tanaman hiperakumulator logam berat Zn pada Leachate menggunakan metode fitoremediasi. Jurnal Green House, 2(1), 32-37.