

**Optimasi Pengolahan Leachate Dengan Kombinasi Biofilter Dan Fitoremediasi Berbasis Tanaman Bambu Air Untuk Menurunkan Kadar Logam Cr**

***Optimization of Leachate Treatment with a Combination of Biofilter and Phytoremediation Based on Aquatic Bamboo Plants to Reduce Cr Metal Levels***

**Diena Widyastuti<sup>1a</sup>, Didik Suprayitno<sup>2</sup>, Sri Sulastris<sup>3</sup>, Yani Quarta Mondiana<sup>3</sup>, Anisa Zairina<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Prodi Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno Hatta Malang, 65142.

<sup>2</sup>Prodi Agribisnis, Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno Hatta Malang, 65142.

<sup>3</sup>Prodi Kehutanan, Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno Hatta Malang, 65142.

<sup>a</sup>Korespondensi : Diena Widyastuti, E-mail: dienawidyastuti3008@gmail.com

Diterima: 28 – 06 – 2025 , Disetujui: 09 – 07 - 2025

***ABSTRACT***

*Leachate from landfill sites contains heavy metals such as chromium (Cr), which are toxic and carcinogenic, requiring effective management to prevent environmental contamination. This study aimed to optimize the reduction of Cr levels in leachate using a combination of biofilter and phytoremediation based on aquatic bamboo plants. The research was conducted at the Laboratory and Greenhouse of Institut Pertanian Malang using a Completely Randomized Design (CRD) with two treatments (biofilter only and biofilter combined with phytoremediation) and five replications. The biofilter utilized natural media including gravel, silica sand, coconut shell charcoal, and compost, while phytoremediation employed aquatic bamboo (*Equisetum hyemale*). Results showed that Cr levels decreased from 3.89 mg/L to 2.20 mg/L with biofilter treatment alone, and further decreased to 1.08 mg/L when using the combined biofilter-phytoremediation treatment, with removal efficiencies of 43.4% and 72.8%, respectively. The most significant reduction occurred during the initial weeks, followed by a gradual decline towards the end of the observation period. The combination of biofilter and phytoremediation with aquatic bamboo proved effective and environmentally friendly in reducing Cr levels in leachate, indicating its potential for broader application in leachate management at landfill sites*

**Keywords:** *Aquatic bamboo, Biofilter, Chromium, Leachate, Phytoremediation*

### ***ABSTRAK***

Lindi dari TPA mengandung logam berat seperti kromium (Cr) yang bersifat toksik dan karsinogenik sehingga memerlukan pengelolaan yang efektif untuk mencegah pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penurunan kadar Cr dalam lindi menggunakan kombinasi biofilter dan fitoremediasi berbasis tanaman bambu air. Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Institut Pertanian Malang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua perlakuan (hanya biofilter dan biofilter yang dikombinasikan dengan fitoremediasi) dan lima kali ulangan. Biofilter menggunakan media alami berupa kerikil, pasir silika, arang tempurung kelapa, dan kompos, sedangkan fitoremediasi menggunakan bambu air (*Equisetum hyemale*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Cr menurun dari 3,89 mg/L menjadi 2,20 mg/L dengan perlakuan biofilter saja, dan selanjutnya menurun hingga 1,08 mg/L ketika menggunakan perlakuan gabungan biofilter-fitoremediasi, dengan efisiensi penyisihan masing-masing sebesar 43,4% dan 72,8%. Penurunan paling signifikan terjadi selama minggu-minggu awal, diikuti oleh penurunan bertahap menjelang akhir periode pengamatan. Kombinasi biofilter dan fitoremediasi dengan bambu akuatik terbukti efektif dan ramah lingkungan dalam mengurangi kadar Cr dalam lindi, yang menunjukkan potensinya untuk aplikasi yang lebih luas dalam pengelolaan lindi di lokasi TPA.

**Kata kunci:** biofilter, fitoremediasi, kromium, leachate, tanaman bambu air

---

Widyastuti, D., D. Suprayitno., S. Sulastri., Y.Q. Mondiana., A. Zairina. Optimasi Pengolahan Leachate Dengan Kombinasi Biofilter Dan Fitoremediasi Berbasis Tanaman Bambu Air Untuk Menurunkan Kadar Logam Cr. *Jurnal Green House*, 4(11), 40-47. DOI: <https://doi.org/10.63296/jgh.v4i1.54>

---

## ***PENDAHULUAN***

Tempat pembuangan akhir (TPA) sampah menghasilkan hasil samping berupa leachate yang menjadi permasalahan baru bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan dalam leachate mengandung bahan pencemar berbahaya yang bisa menimbulkan kerusakan lingkungan. Kandungan pencemar berbahaya berupa logam berat yang terdapat dalam leachate mempunyai sifat toksik dan karsinogenik (Widyastuti, dkk, 2023). Salah satu logam berat yang terkandung dalam leachate adalah Kromium (Cr). Kontaminasi yang disebabkan oleh logam berat menjadi suatu tantangan tersendiri, karena sifat logam berat yang tidak bisa dihancurkan sehingga harus dilakukan pengelolaan dengan cara memisahkan logam berat tersebut. Pencemaran yang disebabkan oleh logam berat kromium bisa menyebabkan permasalahan yang serius jika tidak ditangani dengan baik. Pengelolaan leachate yang efektif dan berkelanjutan perlu dilakukan untuk mencegah kerusakan lingkungan (Silva, et.al, 2022).

Selama ini pengolahan leachate masih dilakukan secara konvensional yaitu dengan cara koagulasi-floakulasi, dan oksidasi kimia, namun pengolahan secara konvensional tersebut masih memiliki beberapa kekurangan yaitu pengolahan leachate secara konvensional membutuhkan biaya operasional yang tinggi, membutuhkan konsumsi energi yang cukup besar (Pereira, et.al, 2016). Penggunaan biofilter dan pengolahan dengan metode fitoremediasi dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi kandungan logam berat dalam leachate. Dengan melakukan pengolahan leachate menggunakan kombinasi antara biofilter dan fitoremediasi diharapkan akan mampu menurunkan jumlah kadar logam berat Cr yang terkandung dalam leachate. Kombinasi teknologi biofilter yang memanfaatkan mikroorganisme untuk mengurai bahan pencemar dan teknologi fitoremediasi yang memanfaatkan tanaman untuk mengakumulasi dan menyerap bahan pencemar melalui akar tanaman, salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediasi adalah tanaman bambu air. Tanaman bambu air merupakan tanaman yang mempunyai potensi yang cukup besar sebagai tanaman fitoremediasi, hal ini disebabkan tanaman bambu air memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat dan mampu tumbuh di lingkungan yang tercemar (Panneerselvam, B., & Priya K, S, 2021).

Teknologi biofilter dan teknologi fitoremediasi secara terpisah telah terbukti mampu menurunkan kadar logam berat, namun belum optimal dalam menurunkan kadar logam berat, sehingga dengan menggabungkan kedua teknologi yang ramah lingkungan ini dapat secara optimal menurunkan kadar logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa optimal kombinasi teknologi biofilter dan teknologi fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air dalam menurunkan kadar logam berat Cr yang ada dalam leachate.

## ***MATERI DAN METODE***

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium dan Green House Institut Pertanian Malang. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan dua perlakuan yaitu kombinasi biofilter dan fitoremediasi tanaman bambu air dan kontrol. Setiap perlakuan diulang 5 kali. Analisis data menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5%.

Leachate dalam penelitian ini diperoleh dari TPA Talangagung yang kemudian dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui kandungan awal logam berat Cr. Untuk fitoremediasi tanaman yang digunakan tanaman bambu air yang mempunyai karakteristik tinggi 40-50 cm, bobot basah 60-80 gr/rumpun dan berumur 3-4 bulan. Tanaman bambu air sebelum digunakan dalam proses fitoremediasi, dilakukan proses aklimatisasi terlebih dahulu selama 14 hari kemudian dilakukan perlakuan pemberian leachate.

Biofilter yang digunakan dalam penelitian ini adalah biofilter dengan bahan-bahan alami yaitu batu kerikil, pasir silika, arang batok kelapa dan kompos yang berfungsi sebagai nutrisi mikroba. Kemudian leachate dialirkan ke dalam reaktor biofilter, leachate yang dialirkan akan melewati permukaan media yang sudah tertutup oleh mikroba (biofilm) dan melakukan kontak langsung

sehingga bahan pencemar seperti logam berat dapat diabsorpsi oleh media biofilm kemudian leachate tersebut baru dialirkan ke tahapan fitoremediasi. Kolam fitoremediasi dibuat dengan ukuran 300 L, setiap kolam ditanami tanaman bambu air sebanyak 60 batang yang datur dengan kerapatan yang cukup rapat sehingga tanaman bambu air bisa secara optimal menyerap bahan pencemar yang masih terkandung dalam leachate. Proses dalam tahapan fitoremediasi ini yaitu leachate yang sudah melalui tahapan biofilter dialirkan kedalam kolam fitoremediasi kemudian dibiarkan menggenang dan melakukan kontak dengan akar dan batang tanaman bambu air, sehingga bahan pencemar logam berat bisa diakumulasi oleh akar dan batang tanaman bambu air.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah kadar logam Cr (mg/L) sebelum dan sesudah mengalami perlakuan, pH, suhu dan efisiensi penurunan kadar logam Cr. Efisiensi penurunan logam Cr dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \dots\dots\dots(1)$$

Data yang didapatkan dianalisa dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 95%.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

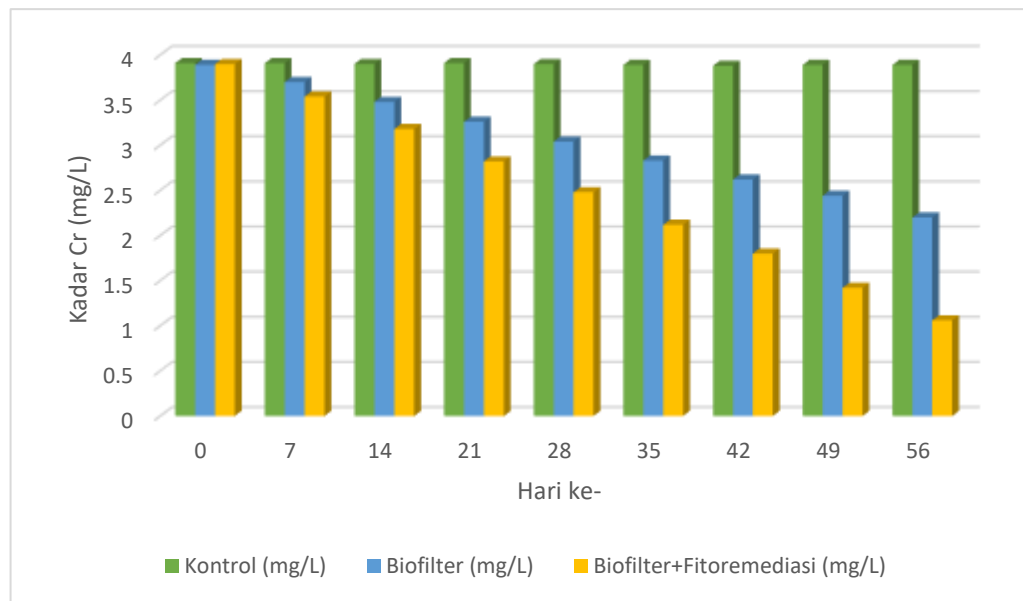
### **Kadar Logam Cr**

Hasil dari analisis awal kadar logam berat Cr yang terdapat dalam leachate adalah sebesar 3.89 mg/L. setelah dilakukan Pengelolaan dengan kombinasi biofilter dan fitoremediasi didapatkan hasil bahwa untuk kadar logam berat Cr mengalami penurunan. Untuk kadar logam berat Cr yang telah melalui tahapan pengelolaan dengan biofilter juga mengalami penurunan kadar Cr menjadi 2.20 mg/L. Sedangkan kadar logam berat Cr yang telah dilakukan pengolahan dengan kombinasi biofilter dan fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air juga mengalami penurunan hingga 1.08 mg/L pada akhir pengamatan. Rata-rata penurunan kadar logam berat Cr pada setiap minggunya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rata-rata penurunan kadar logam berat Cr

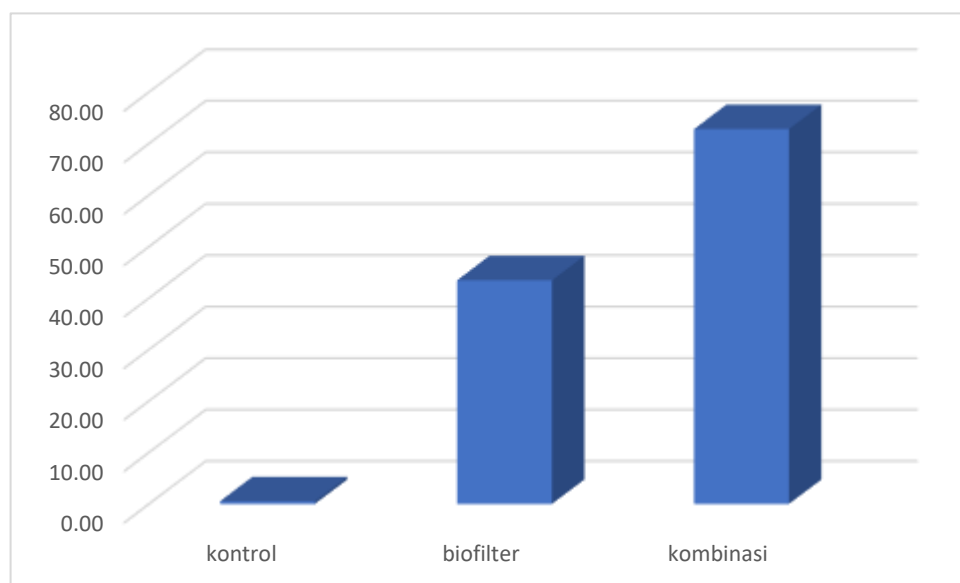
| Hari | Kontrol<br>(mg/L) | Biofilter<br>(mg/L) | Biofilter+Fitoremediasi<br>(mg/L) |
|------|-------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 0    | 3,91              | 3,89                | 3,9                               |
| 7    | 3,91              | 3,7                 | 3,54                              |
| 14   | 3,9               | 3,48                | 3,18                              |
| 21   | 3,91              | 3,26                | 2,82                              |
| 28   | 3,9               | 3,04                | 2,48                              |
| 35   | 3,89              | 2,83                | 2,12                              |
| 42   | 3,88              | 2,62                | 1,8                               |
| 49   | 3,89              | 2,44                | 1,42                              |
| 56   | 3,89              | 2,2                 | 1,06                              |

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar logam berat Cr mengalami penurunan setiap minggunya. Penurunan kadar Cr terbesar terjadi pada minggu-minggu awal perlakuan, dan mengalami perlambatan pada minggu-minggu akhir perlakuan. Grafik penurunan kadar logam berat Cr bisa dilihat pada Gambar 1 berikut



Gambar 1. Grafik penurunan kadar Cr tiap minggu

Gambar 1 menunjukkan bahwa penurunan kadar logam berat Cr pada leachate terjadi setiap minggunya. Hal ini bisa dikatakan bahwa pengolahan leachate dengan menggunakan kombinasi biofilter dan fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air terbukti efektif untuk menurunkan kadar logam berat Cr yang terkandung dalam leachate. Perlakuan kombinasi biofilter dan fitoremediasi bambu air menunjukkan efektivitas yang terbesar yaitu mencapai 72.2%. Sedangkan untuk perlakuan biofilter saja menunjukkan efektivitas dalam menurunkan kadar logam berat Cr sebesar 43.6%. Penurunan kadar Cr paling besar terjadi pada minggu pertama pengamatan dan mengalami penurunan secara perlahan hingga mendekati titik jenuh pada minggu akhir pengamatan. Hal ini selaras dengan mekanisme secara umum dari proses biofilter dan fitoremediasi dimana penyerapan logam berat akan lebih besar di awal proses sebelum kemudian mencapai pada titik jenuh (N.K. Srivastava, C.B. Majumder, 2008, Greipsson, S, 2011). Efisiensi penurunan kadar logam berat Cr dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Efektivitas penurunan kadar Cr dalam leachate

### Pengamatan pH dan Suhu

Parameter lain yang diamati dalam penelitian ini adalah pH dan suhu, pemantauan pH dan suhu dilakukan setiap minggu. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa untuk pH mengalami penurunan selama perlakuan, namun penurunan pH tidak signifikan. pH awal adalah 7.3 setelah sembilan minggu pH turun menjadi 6.8 untuk tahapan biofilter dan 6.7 untuk tahapan perlakuan kombinasi biofilter dan fitoremediasi. Penurunan pH menunjukkan adanya pelepasan asam yang berasal dari metabolisme mikroba dalam sistem biofilter dan pelepasan asam melalui akar dalam proses fitoremediasi. Penurunan pH pada penelitian ini tidak berpengaruh terhadap efektivitas penurunan kadar logam berat Cr, pH optimal untuk adsorpsi adalah berada dalam kisaran 6-7 (Diaz-Jimenez L, Garcia-Torres S, Carlos-Hernandez S, 2023).

Suhu leachate selama pengamatan relatif tetap berkisar antara 24-25<sup>0</sup> C untuk semua perlakuan, suhu ini sudah mendekati suhu optimal untuk proses adsorpsi oleh mikroba dalam sistem biofilter (Diaz-Jimenez L, Garcia-Torres S, Carlos-Hernandez S, 2023). Efisiensi penurunan kadar logam berat Cr juga dipengaruhi oleh suhu lingkungan, karena suhu akan berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme yang ada pada biofilter serta metabolisme tanaman. Pada suhu yang tinggi proses penyerapan dan degradasi logam berat berlangsung lebih cepat karena aktivitas mikroorganisme dan metabolisme tanaman meningkat. Akan tetapi jika suhu melebihi 35<sup>0</sup>C mengakibatkan terhambatnya aktivitas mikroorganisme dan juga menyebabkan stress pada tanaman.

### Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan leachate dengan menggunakan kombinasi biofilter dan fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air terbukti efektif menurunkan kadar logam berat Cr yang terkandung dalam leachate. Terbukti dari hasil perhitungan untuk efektivitas penurunan kadar logam berat Cr dengan metode kombinasi biofilter dan fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air adalah sebesar 72.2%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suharto, dkk (2011), dimana tanaman bambu air mampu menurunkan kadar Cr sebesar 61.2% dengan menggunakan fitoremediasi sistem kontinu. Dengan metode kombinasi ini penurunan kadar logam berat Cr dilakukan melalui dua tahapan, yang pertama tahapan biofilter, hasil dari tahapan biofilter dilanjutkan ke tahapan fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air.

Pada tahapan biofilter mekanisme penurunan kadar Cr mekanisme penurunan kadar logam berat Cr dimulai dengan adsorpsi melalui permukaan biofilter dengan terbentuknya lapisan biofilm mikroba yang mampu mereduksi kadar logam Cr. Proses adsorpsi ini juga dipengaruhi oleh luas dan karakteristik permukaan biofilter (Gálvez A, Zamorano M, Ramos-Ridao AF, 2012). Selain proses adsorpsi dalam tahapan biofilter terjadi juga proses bioakumulasi dimana proses ini dilakukan oleh mikroorganisme yang ada dalam biofilm mengakumulasi logam Cr melalui sistem transport yang aktif dan pasif (Erabee I. K, Ethaib S, 2018). Dalam biofilter juga terjadi proses bioreduction, dalam proses ini mikroorganisme yang terdapat dalam biofilter mereduksi kromium heksavalen yang bersifat toksik menjadi kromium trivalent (Gálvez A, Zamorano M, Ramos-Ridao AF, 2012).

Fitoremediasi menggunakan bambu air mekanismenya terdiri dari rizofiltration yaitu penyerapan logam berat Cr oleh akar tanaman bambu air, dan fitoakumulasi dimana logam Cr yang sudah diserap oleh akar kemudian diakumulasi dalam batang dan daun. Akar tanaman bambu air melepaskan zat organik berupa asam organik dan ferisianida yang mampu untuk mengendapkan logam berat Cr di sekitar akar. Dengan menggunakan kombinasi biofilter dan fitoremediasi dengan tanaman bambu air terbukti mampu untuk menurunkan kadar logam berat Cr pada leachate. Hal ini dikarenakan pada proses ini tanaman bambu air melepaskan O<sub>2</sub> melalui akar sehingga bisa meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang ada dalam biofilter. Penggabungan metode biofilter

dan fitoremediasi penurunan logam berat Cr terlihat signifikan, biofilter mampu mengurangi sebagian logam berat Cr yang kemudian sisa dari logam Cr dalam leachate diserap lebih lanjut oleh tanaman bambu air melalui mekanisme fitoremediasi. Sehingga teknologi pengolahan leachate dengan menggunakan kombinasi perlakuan ini mempunyai potensi untuk digunakan dalam skala yang lebih besar guna mengatasi permasalahan pencemaran logam berat yang disebabkan oleh leachate pada tempat pembuangan akhir, selain itu teknologi kombinasi biofilter dan fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air ini juga merupakan teknologi yang ramah lingkungan

### **KESIMPULAN**

Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kombinasi biofilter dan fitoremediasi menggunakan tanaman bambu air efektif dan optimal untuk menurunkan kadar logam berat Cr yang terkandung dalam leachate, terbukti dari efektivitas penurunan logam berat Cr untuk perlakuan biofilter saja mencapai 43.4% dan untuk perlakuan kombinasi biofilter dan fitoremediasi tanaman bambu air sebesar 72.8%

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Diaz-Jimenez, L., Garcia-Torres, S., & Carlos-Hernandez, S. 2023. High Adsorption of Hazardous Cr (VI) from Water Using a Biofilter Composed of Native *Pseudomonas koreensis* on Alginate Beads. *International journal of environmental research and public health*, 20(2), 1385.
- Erabee I. K, Ethaib S. 2018. Treatment of contaminated Landfill Leachate using Aged Refuse Biofilter Medium. *Orient J Chem*, 34(3).
- Gálvez A, Zamorano M, Ramos-Ridao AF. 2012. Efficiency of a biological aerated filter for the treatment of leachate produced at a landfill receiving non-recyclable waste. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*, 47(1):54-9.
- Greipsson, S. 2011 Phytoremediation. *Nature Education Knowledge* 3(10):7
- Kurniati, E., et al. "Lead and Chromium Removal From Leachate Using Horsetail (*Equisetum Hyemale*). 2014." *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 1(2);93-96.
- Leite Pereira, Sérgio & Gonçalves, Ana & Moreira, Francisca & Silva, Tânia & Vilar, Vítor & Pires, J.. (2016). Nitrogen Removal from Landfill Leachate by Microalgae. *International Journal of Molecular Sciences (IJMS)*.
- Li, H., Zhao, Y., Shi, L., & Gu, Y. (2009). Three-stage aged refuse biofilter for the treatment of landfill leachate. *Journal of environmental sciences (China)*, 21(1), 70–75.
- N.K. Srivastava, C.B. 2008. Majumder, Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 15(1), 1-8
- Panneerselvam, B., & Priya K, S. 2021. Phytoremediation potential of water hyacinth in heavy metal removal in chromium and lead contaminated water. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103(13), 3081–3096.
- Silva, R. M. G. D., Marques de Oliveira Moraes, V., Marinho Dos Santos, V. H., Oliveira Granero, F., Malaguti Figueiredo, C. C., & Pereira Silva, L. 2022. Heavy metal accumulation efficiency and subsequent of cytogenotoxicity evaluation in the medicinal plant *Equisetum hyemale*. *Journal of toxicology and environmental health. Part A*, 85(24), 989–1001.

- Suharto, B., Susanawati, L., & Wilistien, B. 2016. Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum Hyemale*) Dan Zeolit. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 5(2), 148-158.
- 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
- Xie, B., Lv, B. Y., Hu, C., Liang, S. B., Tang, Y., & Lu, J. 2010. Landfill leachate pollutant removal performance of a novel biofilter packed with mixture medium. *Bioresource technology*, 101(20), 7754–7760.