

## Overview of Phytoremediation Methods in Management of Lead (Pb) Polluted Water

### Overview Metode Fitoremediasi dalam Pengelolaan air Tercemar Timbal (Pb)

Emil Salim Kahmi Leka<sup>1</sup>, Tedy Agung Cahyadi<sup>1</sup>, Nurkhamim<sup>1</sup>, Rika Ernawati<sup>1</sup>, Eddy Winarno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UPN Veteran Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

\*surel: [lekaemil103@gmail.com](mailto:lekaemil103@gmail.com)

#### ABSTRACT

Water environmental pollution caused by rapid industrial development, especially heavy metal (HM) pollution, has become a major problem throughout the world today. HM contaminants are the main environmental pollutants throughout the world and can cause irreparable health problems for humans, animals and plants, controlling environmental pollution, especially lead (Pb) waste that enters waters. Currently, heavy metal waste pollution contains lead (Pb) is a problem for the environment. There are a number of conventional methods that have been used to remove toxic pollutants from polluted water, including filtration, adsorption, chemical precipitation, reverse osmosis, ion exchange, and so on. The aim of this research is to study various types of plants that can accelerate the absorption of the heavy metal lead (Pb) in water through the phytoremediation process. The most efficient and effective method applied for managing mining waste is the phytoremediation method. The results of the research state that several plants have a significant and efficient effect in helping the absorption of lead (Pb) contained in water. Great Duckweed (*Spirodela Polyrhiza*) and Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) are plants that are suitable for applying phytoremediation methods in managing water contaminated with lead (Pb).

#### Keywords:

Water,  
Lead,  
Phytoremediation

Received: December 17<sup>th</sup> 2023

Reviewed: December 27<sup>th</sup> 2023

Pulished: February 05<sup>th</sup> 2024

#### ABSTRAK

Pencemaran lingkungan perairan yang disebabkan oleh perkembangan industri yang pesat, khususnya pencemaran logam berat (HM), telah menjadi masalah besar di seluruh dunia saat ini. Kontaminan HM adalah polutan lingkungan utama di seluruh dunia dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang tidak dapat diperbaiki terhadap manusia, hewan, dan tanaman, pengendalian pencemaran lingkungan khususnya limbah timbal (Pb) yang masuk ke perairan, Saat ini, pencemaran limbah logam berat mengandung timbal (Pb) adalah masalah bagi lingkungan. Ada sejumlah metode konvensional yang telah digunakan untuk mengeluarkan polutan beracun dari air yang tercemar, termasuk filtrasi, adsorpsi, pengendapan kimia, osmosis balik, pertukaran ion, dan sebagainya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari berbagai jenis tanaman yang dapat mempercepat penyerapan logam berat timbal (Pb) di air melalui proses fitoremediasi. Metode yang paling efisien dan efektif diterapkan untuk pengelolaan limbah tambang adalah metode fitoremediasi. Hasil penelitian menyatakan bahwa beberapa tanaman memiliki efek yang signifikan dan efisien dalam membantu penyerapan kandungan logam Timbal (Pb) yang terdapat di air. Tanaman *Great Duckweed (Spirodela polyrhiza)* dan *Eceng gondok (Eichhornia crassipes)* merupakan tanaman yang cocok untuk penerapan metode fitoremediasi dalam pengelolaan air tercemar timbal (Pb).

#### Kata Kunci:

Air,  
Timbal,  
Fitoremediasi

Diterima: 17 Desember 2023

Direview: 27 Desember 2023

Dipublikasi: 05 Februari 2024



## PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan perairan yang disebabkan oleh perkembangan industri yang pesat, khususnya pencemaran logam berat (HM), telah menjadi masalah besar di seluruh dunia saat ini. Kontaminan HM adalah polutan lingkungan utama di seluruh dunia dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang tidak dapat diperbaiki terhadap manusia, hewan, dan tanaman [1]. Logam kadmium (Cd) dan timbal (Pb) sangat beracun baik dalam bentuk unsur maupun larut [2]. Selain itu, mereka cenderung terakumulasi secara hayati dan mengalami biomagnifikasi melalui rantai makanan pada tingkat yang beracun, yang menimbulkan bahaya bagi lingkungan dan kesehatan [3].

Saat ini, pencemaran limbah logam berat mengandung timbal (Pb) adalah masalah bagi lingkungan. Ada sejumlah metode konvensional yang telah digunakan untuk mengeluarkan polutan beracun dari air yang tercemar, termasuk filtrasi, adsorpsi, pengendapan kimia, osmosis balik, pertukaran ion, dan sebagainya [4,5]. Biasanya, proses ini menghilangkan sebagian besar HM dari air limbah dengan konsentrasi sedang hingga tinggi. Namun, pada air dengan konsentrasi HM rendah, metode ini tidak efisien atau bermanfaat. Selain itu, sebagian besar tindakan tersebut sangat mahal, tidak selektif, dan bahkan menyebabkan pencemaran sekunder [6,7]. Akibatnya, untuk mengatasi pencemaran HMS, diperlukan proses yang hemat biaya, efektif, selektif, dan ramah lingkungan. Hiperakumulator dapat digunakan untuk mencegah penyebaran HM dan memulihkan lokasi yang terkontaminasi tanpa mengganggu lingkungan secara signifikan [1].

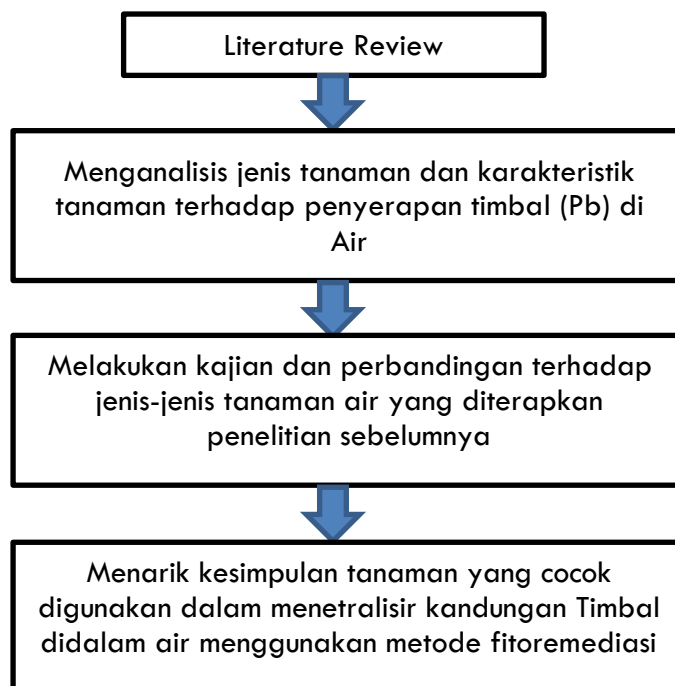
Logam berat (HM) adalah logam dengan kepadatan tinggi dan konduktivitas listrik yang tinggi. Ini adalah bagian penting dari kerak bumi dan muncul di lingkungan kita melalui alam (gunung berapi, mata air) dan aktivitas manusia (penggunaan bahan bakar fosil, pertanian dan industri). Industri berbasis logam seperti pertambangan, pengecoran, dan pabrik peleburan merupakan sumber besar HM [7]. Beberapa jenis HM (Zn, Fe, Co, Cu, Cr, Mg, Mn, Mo, Ni, dan Se) berfungsi sebagai nutrisi mikro (hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil) dan penting untuk fungsi fisiologis dan biokimia normal. Konsentrasi logam yang lebih tinggi menyebabkan toksisitas, sedangkan pasokan logam yang tidak mencukupi menyebabkan penyakit defisiensi [8]. Pencucian HM mencemari air tanah. Ini masuk ke dalam tubuh kita melalui air minum dan makanan. Jika air yang mengandung HM di atas ambang batas diberikan kepada tanaman pangan, hal itu akan berdampak negatif pada kesuburan tanah, jumlah dan jenis mikroba, dan produktivitas tanaman. HM ini terkumpul di berbagai bagian tumbuhan dan masuk ke dalam tubuh manusia bersama makanan mereka. Biomagnifikasi, peningkatan piramida makanan, meningkatkan konsentrasi HM, yang menyebabkan toksisitas.

Berdasarkan uraian di atas, perlu adanya upaya-upaya pengendalian pencemaran lingkungan khususnya limbah timbal (Pb) yang masuk ke perairan. Dalam hal ini, fitoremediasi merupakan teknik yang menjanjikan untuk menghilangkan, mendegradasi atau melumpuhkan ion logam dari air atau tanah oleh tanaman.

Fitoremediasi adalah proses di mana tanaman digunakan untuk menghilangkan berbagai polutan anorganik dan organik dari lingkungan, seperti udara, air, atau tanah. Tanaman hiperakumulator berhasil melakukan fitoremediasi logam dan metaloid karena mereka dapat bertahan pada air atau tanah dengan konsentrasi logam dan metaloid yang lebih tinggi. Tanaman hiperakumulator adalah tanaman yang mengandung gen bermanfaat atau tanaman transgenik yang tumbuh secara alami di lingkungan yang terkontaminasi [9]. Rhizoremediasi adalah tahap awal proses fitoremediasi. Proses ekstraksi rizo atau fito dapat dilakukan, di mana HM diekstraksi dari akar tanaman dan ditransfer ke pucuk dan daun. Selama proses ini, akar tanaman dan mikroba terkait, seperti bakteri yang mendorong pertumbuhan tanaman (PGPR) dan fungi arbuskular mycorrhizal (AMF), menjadi lokasi aktif di rhizosfer. Gula, asam organik, dan senyawa organik lainnya yang dibuat oleh simbiosis ini mengalirkan logam dan metaloid. Bahan kimia ini mengurangi jumlah kontaminan yang tersedia secara hayati dan mengendapkan HM [10].

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan berdasarkan *literature review* yang dirangkum dari beberapa karya ilmiah. Penelitian ini dilakukan bertujuan sebagai acuan dalam menentukan metode yang sesuai untuk pengolahan air tercemar limbah timbal (Pb). Tahapan dalam penelitian yang dilakukan penulis dijabarkan dalam bentuk diagram alir yang terlihat pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Tahapan Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman membutuhkan penetralisir air yang mengandung logam berat, menurut penelitian. Timbal (Pb), salah satu bahan pencemar logam berat dan elemen alami lainnya, sering mencemari lingkungan. Untuk menetralsir air yang mengandung Timbal (Pb) metode fitoremediasi telah digunakan di berbagai lokasi. Salah satu metode bioremediasi yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk proses pemulihan logam berat adalah fitoremediasi. Fitoremediasi ini menggunakan teknologi hemat biaya, efisien, dan ramah lingkungan yang berbasis pada tumbuhan penumpukan logam untuk menghilangkan logam beracun, termasuk radio nuklida, serta polutan organik dari tanah dan air yang terkontaminasi [11]. Tiga metode fitoremediasi utama dapat digunakan untuk mencapai efek detoksifikasi kontaminan dari lingkungan: fitoetraksi, stabilisasi, dan volatilisasi [12]. Tanaman yang memiliki kemampuan fitoremediasi dalam mengurangi timbal di dalam air dapat memberikan kontribusi penting untuk membersihkan lingkungan perairan yang terkontaminasi salah satu tanaman yang bagus dalam menetralsir logam timbal yaitu Tanaman *Great Duckweed (Spirodela polyrhiza)* dapat digunakan dalam fitoremediasi air yang terkontaminasi oleh logam berat, termasuk timbal. Akarnya memiliki kemampuan menyerap logam berat dari air. jenis tanaman yang digunakan dalam penelitian ialah Beberapa tanaman mungkin lebih efektif dalam mengurangi timbal daripada yang lain. Misalnya, tanaman yang memiliki akar yang panjang dan banyak cabang mungkin lebih efisien dalam menyerap logam berat. Menurut penelitian sebelumnya, tanaman berikut dapat digunakan untuk menetralsirkan kandungan Timbal (Pb) dalam air berdasarkan [Tabel 1](#).

Tabel 1. Tanaman Penetralsir kandungan Timbal (Pb)

Nama Peneliti	Jenis Tanaman	Waktu Penyerapan (Hari)	Perlakuan	Penurunan Kadar Timbal
S Diliarosta	Kiambang ( <i>Salvinia molesta</i> )	7 hari	1,75 mg/l	51,3 %
Jenny Caroline I , Guido Arron Moa	Melati air ( <i>Echinodorus palaefolius</i> )	18 hari	6,38 mg/kg	92,5 %
Syamsul Bahri	Great Duckweed ( <i>Spirodela Polyrhiza</i> )	17 hari	9 mg/L	99,55 %
Febri Nurfitriana	Daun apu ( <i>pistia stratiotes</i> )	12 hari	0.053 mg/L	88,86%.
Hidrawati Netty Syam dan Nurul Ayu	Eceng gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	15 hari	25,2 g/kg	89,59%.

Berdasarkan tabel jenis tanaman yang telah diteliti oleh peneliti terdahulu diatas dapat di lihat waktu yang dibutuhkan tanaman dalam menyerap kadar logam Timbal pada air.

1. Pengelolaan air tercemar Menggunakan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*)

Dalam penelitian S Diliarosta pada tahun 2017, metode fitoremediasi dengan tanaman Kiambang menghasilkan penghilangan timbal (Pb) sebesar 51,3% dari lingkungan perairan dengan perlakuan 1,75 mg/L.

2. Pengelolaan air tercemar Timbal (Pb) Menggunakan tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*)

Jenny Caroline dan Guido Arron Moa melakukan penelitian pada tahun 2015 yang menyelidiki pengaruh variasi waktu terhadap penyerapan timbal (Pb) melalui metode fitoremediasi yang menggunakan tanaman Melati air (*Echinodorus palaefolius*). Selama 18 hari, konsentrasi Pb turun 92,5 % dengan campuran 6,38 mg/kg melati air dan air yang mengandung timbal.

3. Pengelolaan air tercemar Timbal (Pb) Menggunakan tanaman Great Duckweed (*Spirodela Polyrhiza*)

Menurut penelitian Syamsul Bahri pada tahun 2010, metode fitoremediasi yang menggunakan tanaman Great Duckweed (*Spirodela Polyrhiza*) menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 99,55 % dalam menghilangkan kadar Timbal (Pb).

4. Pengelolaan air tercemar Timbal (Pb) Menggunakan tanaman Daun apu (*Pistia stratiotes*)

Dalam penelitian Febri Nurfitriana, tanaman daun apu (*Pistia stratiotes*) adalah tanaman yang paling cocok untuk digunakan dalam fitoremediasi. Dengan penggunaan tanaman ini, kadar logam timbal (Pb) akan turun 88,86% dengan perlakuan 0.053 mg/L daun apu yang mengandung timbal selama 12 hari.

5. Pengelolaan air tercemar Timbal (Pb) Menggunakan tanaman Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*)

Tanaman Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah tanaman yang cocok untuk digunakan dalam fitoremediasi. Berdasarkan perlakuan 25,2 g/kg eceng gondok yang mengandung Pb, penggunaan tanaman ini akan menghasilkan penurunan kadar logam Pb 82,27%. Adapun kelebihan dan kekurangan metode dapat dilihat pada [Gambar 2](#).

Gambar 2. Kelebihan dan Kekurangan Tanaman Fitoremediasi

Tanaman	Kelebihan	Kekurangan
Kiambang ( <i>Salvinia molesta</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beberapa penelitian menunjukkan bahwa Kiambang memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat dari air, seperti timbal dan kadmium, yang merupakan kontaminan umum dalam air limbah</li> <li>- Tanaman ini juga dapat membantu mengurangi kandungan zat pencemar organik dalam air, seperti pestisida dan senyawa organik beracun lainnya.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sifat invasif Kiambang dapat menjadi masalah dalam konteks fitoremediasi. Pertumbuhannya yang cepat dapat menyebabkan penutupan permukaan air dengan sangat cepat, mengurangi efektivitas fitoremediasi dan merugikan ekosistem air yang ada.</li> <li>- tanaman Kiambang dapat menyebar ke habitat alami yang tidak diinginkan, menggantikan tanaman asli dan menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem</li> </ul>
Melati air ( <i>Echinodorus palaefolius</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanaman ini juga memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat, seperti besi, mangan, dan tembaga, membantu membersihkan air dari kontaminan tersebut.</li> <li>- Melati air dapat tumbuh di berbagai habitat air, termasuk perairan tawar, rawa, dan kolam, sehingga dapat digunakan dalam berbagai situasi fitoremediasi.</li> <li>- Dengan menyerap kontaminan dari air, Melati air dapat membantu meningkatkan kualitas air, memberikan manfaat positif pada ekosistem perairan.</li> </ul>	Tanaman ini memiliki pertumbuhan yang relatif lambat dibandingkan dengan beberapa tanaman fitoremediasi lainnya. Ini dapat memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai efek yang signifikan
Great Duckweed ( <i>Spirodela polyrhiza</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanaman ini juga mampu menyerap logam berat seperti tembaga, seng, dan kadmium dari air, mengurangi kandungan logam berat yang dapat berbahaya.</li> <li>- Great Duckweed memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat, sehingga dapat memberikan dampak fitoremediasi yang relatif cepat dalam mengurangi kontaminan dalam air.</li> </ul>	Meskipun baik dalam menangani nutrisi dan logam berat, Great Duckweed mungkin tidak efektif dalam mengatasi beberapa jenis polutan tertentu, seperti zat kimia organik tertentu.
Daun apu ( <i>Pistia stratiotes</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat</li> <li>- Tingkat absorbs atau penyerapan hara dan air yang besar</li> <li>- Mudah ditemukan, serta memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim</li> </ul>	-
Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memiliki kemampuan yang lebih besar untuk menetralkan</li> </ul>	Pertumbuhan yang cepat menyebabkan perairan tertutup

	kandungan Timbal - Eceng gondok memiliki tingkat efisiensi dalam menetralsir kandungan merkuri sebesar 80%	rapat sehingga mengurangi kadar oksigen dalam air
--	---	---

## KESIMPULAN

Kajian literatur tentang pengelolaan air yang tercemar Timbal (Pb) menunjukkan bahwa penggunaan tanaman (fitoremediasi) adalah metode yang paling efisien dan efektif untuk mengelola limbah tambang. Berdasarkan lima tanaman yang ditinjau dari penelitian sebelumnya, beberapa tanaman menunjukkan hasil yang signifikan dan efektif dalam membantu penyerapan kandungan logam timbal (Pb) yang terdapat di air. Tanaman *Great Duckweed (Spirodela polyrhiza)* 99,55% dan Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) 89,59% adalah tanaman yang paling cocok untuk metode fitoremediasi saat menangani air tercemar Pb. Proses penyerapan yang cepat, mudah digunakan, dan tanaman mudah ditemukan.

## REFERENSI

- [1] Y. Du, Q. Wu, D. Kong, Y. Shi, X. Huang, D. Luo, Z. Chen, T. Xiao and J. Y. S. Leung, "Accumulation and Translocation of Heavy Metals in Water Hyacinth: Maximising the Use of Green Resources to Remediate Sites Impacted by E-Waste Recycling Activities," *Ecological Indicators*, vol. 115, 2020. DOI: [10.1016/j.ecolind.2020.106384](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106384)
- [2] J. A. Romero-Hernández, A. Amaya-Chávez, P. Balderas-Hernández, G. Roa-Morales, N. González-Rivas and M. A. Balderas-Plata, "Tolerance and Hyperaccumulation of A Mixture of Heavy Metals (Cu, Pb, Hg, and Zn) by four aquatic macrophytes," *International Journal of Phytoremediation*, vol. 19, no. 3, pp. 239-245, 2017. DOI: [10.1080/15226514.2016.1243707](https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1243707)
- [3] L. Xu, F. Zhang, M. Tang, Y. Wang, J. Dong, J. Ying, Y. Chen, B. Hu, C. Li and L. Liu, "Melatonin Confers Cadmium Tolerance by Modulating Critical Heavy Metal Chelators and Transporters in Radish Plants," *Journal of Pineal Research*, 2020. DOI: [10.1111/jpi.12659](https://doi.org/10.1111/jpi.12659)
- [4] L. Chen, N. Li, Z. Wen, L. Zhang, Q. Chen, L. Chen, P. Si, J. Feng, Y. Li, J. Lou and L. Ci, "Graphene Oxide Based Membrane Intercalated by Nanoparticles for High Performance Nanofiltration Application," *Chemical Engineering Journal*, vol. 347, pp. 12-18, 2018. DOI: [10.1016/j.cej.2018.04.069](https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.04.069)
- [5] V. Kumar, Y.-S. Lee, J.-w. Shin, K.-H. Kim, D. Kukkar and Y. F. Tsang, "Potential Applications of Graphene-based Nanomaterials as Adsorbent for Removal of Volatile Organic Compounds," *Environment International*, vol. 135, 2020. DOI: [10.1016/j.envint.2019.105356](https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105356)
- [6] K. A. Alaboudi, B. Ahmed and G. Brodie, "Phytoremediation of Pb and Cd Contaminated Soils by Using Sunflower (*Helianthus annuus*) Plant," *Annals of Agricultural Sciences*, vol. 63, no. 1, pp. 123-127, 2018. DOI: [10.1016/j.aogas.2018.05.007](https://doi.org/10.1016/j.aogas.2018.05.007)
- [7] A. Shen, R. Qian, T. Liu, Q. Liu, B. Liu and Z. Wu, "Vaccines Developed for Cancer Immunotherapy," *Immunization - Vaccine Adjuvant Delivery System and Strategies*, 2018.
- [8] P. B. Tchounwou, C. G. Yedjou, A. K. Patlolla and D. J. Sutton, "Heavy Metals Toxicity and the Environment," *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, vol. 101, pp. 133-164, 2012. URL: [https://doi.org/10.1007%2F978-3-7643-8340-4\\_6](https://doi.org/10.1007%2F978-3-7643-8340-4_6)
- [9] K. K. Yadav, N. Gupta, A. Kumar, L. M. Reece, N. Singh, S. Rezania and S. A. Khan, "Mechanistic Understanding and Holistic Approach of Phytoremediation: A Review on Application and Future Prospects," *Ecological Engineering*, vol. 120, pp. 274-298, 2018. DOI: [10.1016/j.ecoleng.2018.05.039](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.039)

- [10] M. N. V. Prasad, A state-of-the-art report on bioremediation, its applications to contaminated sites in India, New Delhi: Ministry of Environment and Forests, 2011.
- [11] I. Raskin, R. D. Smith and D. E. Salt, "Phytoremediation of Metals: Using Plants to Remove Pollutants from the Environment," *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 8, no. 2, pp. 221-226, 1997. URL: [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(97\)80106-1](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(97)80106-1)
- [12] A. P. Marques, A. O. Rangel and P. M. Castro, Remediasi Logam Berat Tanah yang Terkontaminasi: Fitoremediasi sebagai Teknologi Pembersihan yang Berpotensi Menjanjikan, 2009.