



Metode Fitoremediasi Dalam Pengelolaan Air Tercemar Tembaga (Cu) Berdasarkan *Literatur Review*

Phytoremediation Method in Management of Copper (Cu) Polluted Water Based on Literature Review

Rizki Khoiriah Nasution^{1*}, Nurkhamim², Emil Salim Kahmi Leka³

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Padjajaran Jl. Ring Road Utara No.104, Ngropoh, Condongcatur, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283
email : 212231003@student.upnyk.ac.id

Received: 2 Agustus 2024 ; Revised: 18 Agustus 2024 ; Accepted: 30 Agustus 2024

Abstract: Increasing industrialization and urbanization cause heavy metal pollution in waters, which can have serious environmental impacts. Existing microbial technologies to overcome this problem are often expensive and not always environmentally friendly. Phytoremediation using plants to remove heavy metals offers a cheaper and more environmentally friendly solution. These methods include phytoextraction, phytostabilization, phytovolatilization, phytofiltration, and phytodegradation. Phytoremediation technology can be applied in-situ or ex-situ, with the in-situ method being more economical. The purpose of this study is as a reference in analyzing the types of plants that are fast in the process of absorbing copper (Cu) in water using the phytoremediation method. The plants compared in the literature review are *Ipomoea aquatica* Forks, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* and *Sagittaria lancifolia*. Based on previous research, research shows that plants such as water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and spear leaf (*Sagittaria lancifolia*) are effective in absorbing copper (Cu) from polluted water. Where in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) the effectiveness is 99.62% and spear leaf (*Sagittaria lancifolia*) is 96% making it an optimal choice for phytoremediation. This technology provides an efficient and low-cost solution to overcome heavy metal pollution.

Keywords: Phytoremediation, Aquatic Plants, Copper

Abstrak: Industrialisasi dan urbanisasi yang meningkat menyebabkan pencemaran logam berat pada perairan, sehingga dapat menimbulkan dampak lingkungan serius. Teknologi mikroba yang ada untuk mengatasi masalah ini sering kali mahal dan tidak selalu ramah lingkungan. Fitoremediasi dengan menggunakan tanaman untuk menghilangkan logam berat, menawarkan solusi yang lebih murah dan ramah lingkungan. Metode ini meliputi fitoekstraksi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi, fitofiltrasi, dan fitodegradasi. Teknologi fitoremediasi dapat diterapkan secara in-situ atau ex-situ, dengan metode in-situ lebih ekonomis. Tujuan dari penelitian ini sebagai acuan dalam menganalisis jenis tanaman yang cepat dalam proses penyerapan tembaga (Cu) di air dengan menggunakan metode fitoremediasi. Tanaman yang dibandingkan pada *literature review* adalah tanaman *Ipomoea aquatica* Forks, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* dan *Sagittaria lancifolia*. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian menunjukkan tanaman seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) efektif dalam menyerap tembaga (Cu) dari air tercemar. Di mana pada tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) efektivitas sebesar 99,62% dan daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) sebesar 96% menjadikannya pilihan optimal untuk fitoremediasi. Teknologi ini memberikan solusi efisien dan berbiaya rendah untuk mengatasi pencemaran logam berat.

Kata Kunci: Fitoremediasi, Tanaman Air, Tembaga

PENDAHULUAN

Kegiatan industrialisasi dapat menyebabkan urbanisasi penduduk yang akan mempengaruhi kondisi perairan. Faktor-faktor tersebut berkontribusi terhadap semakin tingginya komposisi logam berat yang ada seperti sungai, danau, drainase dan berorientasi lingkungan (Doong dkk, 2008). Persoalan utamanya adalah mengenai jumlah populasi yang berhasil mengatasi masalah logam berat baik dengan menggunakan teknologi terkini maupun penghilangan logam secara alami. Logam berat dikenal sebagai polutan serius yang memberikan banyak dampak terhadap air. Sebelumnya, beberapa teknologi yang berkaitan dengan pemanfaatan mikroba telah dilakukan untuk menghilangkan kontaminan logam berat, namun memerlukan biaya yang besar (Siddiquee dkk, 2015).

Selain itu, teknologi tertentu tidak ramah lingkungan dibandingkan fitoremediasi. Fitoremediasi telah diterapkan oleh banyak peneliti karena metodenya berbiaya rendah dan teknologi ramah lingkungan (Aurangzeb dkk, 2014). Fitoremediasi menggunakan tanaman sebagai bagian penghilangan logam karena pencemaran lingkungan dapat ditoleransi oleh akar tanaman. Selain itu, fitoremediasi cocok diterapkan di negara-negara berkembang karena dapat menghemat uang dan membelanjakan uang tersebut untuk kebutuhan negara lain. Selain itu, fitoremediasi dapat diterapkan pada polutan organik dan anorganik yang terdapat di air, tanah, dan udara (Khalid dkk, 2017). Misalnya tanaman air yang banyak digunakan dalam fitoremediasi sebagai katalis alami untuk menghilangkan logam berat dengan cara mengakumulasi logam tersebut dalam sel jaringannya (Singh dkk, 2014). Tanaman perlu menyerap logam berat seperti Cu karena Cu merupakan salah satu unsur hara makro tanaman (Aurangzeb dkk, 2014). Selain itu, fitoremediasi disebut teknologi bioremediasi yang diterapkan secara *in-situ* dan *ex-situ* (Azubuike dkk, 2016). Kedua klasifikasi ini merupakan metode yang sangat berbeda namun memiliki tujuan yang sama untuk mereduksi logam berat. Dari segi biaya yang diperlukan, teknologi *ex-situ* memakan biaya lebih besar dibandingkan teknologi *in-situ*. Saat ini banyak pihak yang lebih memilih menggunakan metode *in situ* dibandingkan *ex situ*.

Fitoremediasi mempunyai berbagai teknik yang umum digunakan di alam seperti fitoekstraksi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi, fitofiltrasi dan fitodegradasi (Dickinson, 2017). Teknik fitoremediasi sendiri dikenal dengan kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam berat dalam medium berdasarkan konsentrasi larutan sampel dan kontaminan yang sangat encer (Rezania dkk, 2016). Selain itu dari penelitian-penelitian sebelumnya juga disebutkan bahwa mekanisme serapan pada Fitoremediasi dipengaruhi oleh dua faktor yaitu jenis tanaman dan kadar air limbah (Rezania dkk, 2016).

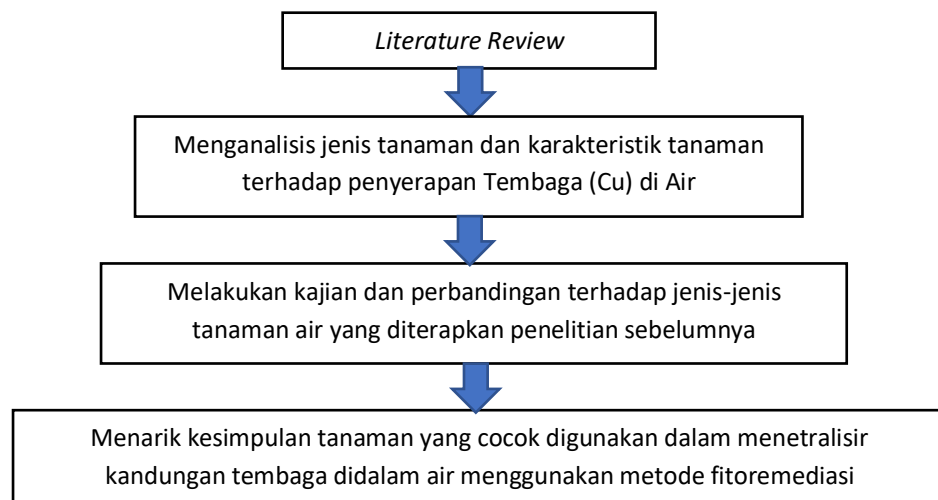
Logam berat dibuang dari limbah industri, tanah, air permukaan, dan atmosfer. Beberapa logam berat seperti Cr, Mn, Cu, dan Zn sangat penting untuk metabolisme manusia. Meskipun demikian, Tembaga (Cu) merupakan elemen jejak yang sangat penting dan bermanfaat bagi fungsinya tanah dengan baik dalam kaitannya dengan sistem biologisnya, ketika mereka hadir dalam jumlah besar konsentrasi tinggi, mereka sangat berpotensi menjadi racun (Maderova dkk, 2011). Logam berat dapat mempengaruhi ekosistem melalui dua jalur yaitu jalur pedogenik dan jalur antropogenik (Bolan dkk, 2014). Sebagian besar logam berat yang ada secara alami di bumi tidak memiliki kemampuan untuk langsung melakukan penyerapan oleh tanaman jika berasal dari masukan pedogenik. Sedangkan untuk logam berat yang berasal dari input antropogenik yang biasanya berasal dari peristiwa seperti sektor industri dan manufaktur memiliki tingkat serapan tanaman yang lebih tinggi (Bolan dkk, 2014). Tujuan dari penelitian ini sebagai acuan dalam menganalisis jenis tanaman yang cepat dalam proses penyerapan tembaga (Cu) di air dengan menggunakan metode fitoremediasi. Berikut adalah rangkuman dari penelitian sejenis yang menjelaskan hasil dari penelitian yang tertera pada **Tabel 1** dibawah ini:

Tabel 1. Penelitian Sejenis

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Elawati, Novri Y. Kandowangko, Djuna Lamondo	2018	Efisiensi Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu) oleh Tumbuhan Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.) dengan Waktu Kontak yang Berbeda	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman kangkung air (<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.)
Fatihah Baroroh, Eko Handayanto, Rony Irawanto	2018	Fitoremediasi Air Tercemar Tembaga (Cu) Menggunakan <i>Salvinia molesta</i> dan <i>Pistia stratiotes</i> serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Tanaman <i>Brassica Rapa</i>	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman tumbuhan <i>Salvinia molesta</i> dan <i>Pistia stratiotes</i>
Anita Karunia Zustriani	2020	Fitoremediasi dan Potensi Tanaman Apu-Apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.) untuk Mengurangi Kadar Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) pada Limbah Cair Laboratorium	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman apu-apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.)
Intan Lestari, Shinta Putri Ayu, Ngatijo	2021	Penyerapan Ion Logam Cu(II) Menggunakan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) Secara Fitoremediasi	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)
Eva Agustina, Salsa Nabila, Risa Purnamasari dan Rony Irawanto	2023	Efek Kombinasi Linear Alkilbenzene Sulfonates (LAS) Dan Tembaga (Cu) Pada Kapasitas Fitoremediasi Tanaman Daun Tombak (<i>Sagittaria lancifolia</i>)	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman Daun Tombak (<i>Sagittaria lancifolia</i>)

METODE

Tahapan dalam penelitian yang dilakukan seperti yang tertuang pada **Gambar 1**. Penelitian ini berdasarkan *literature review* baik jurnal nasional maupun internasional. Yang dirangkum dari beberapa karya ilmiah, baik dari jurnal nasional maupun internasional. *Literature review* merupakan proses kritisi mendalam dan evaluasi terhadap penelitian sejenis yang dilakukan sebelumnya (Shuttleworth: 2009). Tahapan penelitian yang dilakukan, sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan menjelaskan perlunya tanaman dalam penetralisir air yang mengandung kandungan logam berat. Tembaga (Cu) merupakan salah satu bahan pencemar logam berat dan termasuk elemen alami yang sering mencemari lingkungan yang bersifat sangat akumulatif toksik. Aktivitas dalam menetralisir air yang mengandung tembaga telah dilakukan di berbagai tempat dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan salah satu teknik bioremediasi yang dapat digunakan sebagai solusi alternatif proses remediasi logam berat. Pada fitoremediasi ini menggunakan teknologi hijau yang hemat biaya, efisiensi dan ramah lingkungan berdasarkan penggunaan tumbuhan penumpukan logam untuk menghilangkan logam beracun, termasuk radio nuklida serta polutan organik dari tanah dan air yang terkontaminasi (Raskin I dkk: 1997). Tumbuhan memainkan peran penting dalam menghilangkan kontaminan dari lingkungan, mencapai efek detoksifikasinya, tiga teknik fitoremediasi utama dapat dibedakan tergantung pada sifat tanaman yang berbeda: fitoetraksi, -stabilisasi dan -volatilisasi (Marques et al., 2009). Berikut tanaman yang dapat digunakan dalam menetralisirkan kandungan tembaga pada air berdasarkan penelitian sebelumnya, antara lain:

Tabel 2. Jenis Tanaman Fitoremediasi

Nama Peneliti	Jenis Tanaman	Waktu Penyerapan (Hari)	Perlakuan	Penurunan Kadar Tembaga
Elawati, Novri Y. Kandowangko, Djuna Lamondo	Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forks)	14	100 mg/L	70,62%
Fatihah Baroroh, Eko Handayanto, Rony Irawanto	Salvinia Molesta Dan Pistia Stratiotes	14	200 gr/L	95%
Anita Karunia Zustriani	Apu-Apu (Pistia Stratiotes L.)	25	2,357 mg/L	85,58%
Intan Lestari, Shinta Putri Ayu, Ngatijo	Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes)	20	200 gr/L	99,62%
Eva Agustina, Salsa Nabila, Risa Purnamasari dan Rony Irawanto	Daun Tombak (Sagittaria Lancifolia)	28	300 gr/L	96%

Berdasarkan tabel jenis tanaman yang telah diteliti oleh peneliti terdahulu diatas dapat di lihat waktu yang dibutuhkan tanaman dalam menyerap kadar logam tembaga pada air. Pada penelitian Elawati, Novri Y. Kandowangko, Djuna Lamondo pada tahun 2018 menjelaskan bahwa penggunaan metode fitoremediasi menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica Forks*) dalam mengevaluasi efektivitas penghilangan tembaga (Cu) dari lingkungan perairan sebesar 70,62% dengan perlakuan 100 mg/L.

Penelitian yang telah dilakukan Fatihah Baroroh , Eko Handayanto , Rony Irawanto 2018 menjelaskan bahwa penggunaan metode fitoremediasi menggunakan tanaman *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* dalam menganalisis pengaruh variasi waktu terhadap penyerapan tembaga (Cu). Waktu yang dibutuhkan 14 hari dengan 200 gr eceng gondok yang dicampurkan dengan air yang mengandung tembaga, diperoleh konsentrasi penurunan tembaga sebesar 95%.

Pada penelitian Anita Karunia Zustriani pada tahun 2020 menjelaskan bahwa penggunaan metode fitoremediasi menggunakan tanaman apu-apu (*Pistia stratiotes* L.) memiliki efektivitas dalam menghilangkan kadar tembaga (Cu) sebesar 85,58%.

Pada penelitian Intan Lestari, Shinta Putri Ayu, Ngatijo menjelaskan bahwa untuk mengetahui tanaman yang cocok untuk digunakan dalam fitoremediasi adalah tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Penggunaan tanaman ini, dengan waktu 20 hari dan perlakuan 200 gr/L daun apu yang mengandung tembaga, maka akan diperoleh penurunan kadar logam tembaga sebesar 99,62%, tanaman ini dapat direkomendasikan dalam menetralkan kandungan tembaga yang terdapat pada air.

Pada penelitian Eva Agustina, Salsa Nabila, Risa Purnamasari dan Rony Irawanto (2023) melakukan penelitian terkait dengan kemampuan aktivitas tanaman dalam mengurangi tembaga. Tanaman yang digunakan dalam metode fitoremediasi Daun Tombak (*Sagittaria lancifolia*). Dari hasil penelitian diperoleh, waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar tembaga adalah 28 hari pada tanaman Daun Tombak (*Sagittaria lancifolia*) persentase sebesar 96%.

Berikut ini adalah tabel kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis tanaman dalam penyerapan logam merkuri di air :

Tabel 3. Kelebihan dan Kekurangan dari Tanaman

Tanaman	Kelebihan	Kekurangan
Kangkung Air	- Memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat tembaga pada air. - Kangkung air tumbuh dengan cepat, memungkinkan proses fitoremediasi dilakukan dengan lebih efisien dan dalam waktu yang lebih singkat.	- Meskipun kangkung air dapat menyerap tembaga, kemampuannya untuk menurunkan konsentrasi logam Cu secara signifikan dalam lingkungan yang sangat tercemar mungkin terbatas - Kangkung air memerlukan nutrisi dan kondisi lingkungan yang tepat untuk pertumbuhan optimal.
Salvinia Molesta	- Memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat tembaga pada air - Memiliki pertumbuhan yang sangat cepat dan kemampuan reproduksi vegetatif yang tinggi, memungkinkan pemulihan cepat dari area yang tercemar.	- Salvinia molesta adalah spesies invasif di banyak tempat, dan jika tidak dikendalikan dengan baik, dapat menyebabkan dampak negatif pada ekosistem lokal, seperti penutupan permukaan air yang berlebihan dan mengganggu kehidupan akuatik. - Diperlukan manajemen yang hati-hati untuk mencegah penyebaran yang tidak diinginkan.
Apu-apu (<i>Pistia stratiotes</i> L.)	- Memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat tembaga pada air - Memiliki laju pertumbuhan yang cepat dan reproduksi vegetatif, yang memungkinkan proses fitoremediasi dilakukan dengan lebih efisien dalam waktu yang relatif singkat.	Tanaman ini mungkin tidak selalu efektif dalam menurunkan konsentrasi logam tertentu secara optimal.
Eceng gondok	- Memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat tembaga pada air - Dapat mengurangi konsentrasi nutrisi berlebih dan polutan lainnya dalam air, yang membantu meningkatkan kualitas air secara keseluruhan.	- Efektivitasnya dalam menurunkan konsentrasi logam Cu secara signifikan terbatas - Penyebarannya yang cepat dapat mengganggu ekosistem lokal, menyebabkan penutupan permukaan air, dan mempengaruhi flora dan fauna asli

Daun Tombak (<i>Sagittaria lancifolia</i>)	Tanaman ini dapat tumbuh di berbagai kondisi perairan, termasuk dalam lingkungan yang terkontaminasi. Adaptasinya membuatnya fleksibel dalam berbagai sistem fitoremediasi.	Daun tombak mungkin tidak seefektif beberapa tanaman lain dalam kondisi pencemaran logam berat yang sangat tinggi atau dalam jenis perairan tertentu yang mungkin tidak ideal untuk pertumbuhannya.
---	---	---

KESIMPULAN

Berdasarkan *literature review*, dapat ditarik kesimpulan bahwa beberapa tanaman memiliki efek yang signifikan dan efisien dalam membantu penyerapan kandungan logam tembaga (Cu) pada air. Beberapa tanaman mampu bertahan dalam kondisi air tercemar logam berat. Aplikasi tanaman tersebut pada air tercemar Tembaga (Cu) pun sangat mudah dilakukan. Berdasarkan dari 5 tanaman yang ditinjau dari penelitian sebelumnya, beberapa tanaman memiliki efek yang signifikan dan efisien dalam membantu penyerapan kandungan logam tembaga (Cu) yang terdapat di air, tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) efektif dalam penyerapan tembaga (Cu) sebesar 99,62% dan daun tombak (*Sagittaria lancifolia*) sebesar 96%, sehingga dua tanaman ini dapat direkomendasikan untuk penyerapan pada logam tembaga (Cu). Proses dalam penyerapan yang cepat, mudah di aplikasikan dan tanaman yang mudah ditemukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aurangzeb, N., Nisa, S., Bibi, Y., Javed, F., & Hussain, F. (2014). Phytoremediation potential of aquatic herbs from steel foundry effluent. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 31(4), 881–886;
- Azubuikwe, C., Chikere, C., & Okpokwasili, G. (2016). Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. *World Journal Of Microbiology And Biotechnology*, 32(11);
- Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajan, R., Kumpiene, J., Park, J., & Makino, T. (2014). Remediation of heavy metal(loid)s contaminated soils – To mobilize or to immobilize. *Journal Of Hazardous Materials*, 266, 141-166;
- Dickinson, N. (2017). Phytoremediation. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 2, 327–331;
- Doong, R., Lee, S., Lee, C., Sun, Y., & Wu, S. (2008). Characterization and composition of heavy metals and persistent organic pollutants in water and estuarine sediments from Gao-ping River, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 57(6-12), 846-857;
- Khalid, S., Shahid, M., Niazi, N., Murtaza, B., Bibi, I., & Dumat, C. (2017). A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal Of Geochemical Exploration*, 182, 247-268;
- Maderova, L., Watson, M., & Paton, G. (2011). Bioavailability and toxicity of copper in soils: Integrating chemical approaches with responses of microbial biosensors. *Soil Biology And Biochemistry*, 43(6), 1162-1168;
- Marques, AP, Rangel, AO, Castro, PM, 2009. Remediasi logam berat tanah yang terkontaminasi: fitoremediasi sebagai teknologi pembersihan yang berpotensi menjanjikan. *Kritik. Pdt. Lingkungan. Sains*;

- Ranskin, dkk. 1997. *Phytoremediation of Metals: Using Plants to Remove Pollutans from the Environment Current Opinion in Biotechnology*. Skotlandia: University of Aberdeen;
- Rezania, S., Taib, S. M., Md Din, M. F., Dahalan, F. A., & Kamyab, H. (2016). Comprehensive review on phytotechnology: Heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 318, 587-599;
- Sharma, P., & Pandey, S. (2014). Status of Phytoremediation in World Scenario. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, 2(4), 178–191;
- Shuttleworth. 2009. *What is a Literature Review? Retrieved from <http://explorable.com/what-is-a-literature-review>*;
- Siddiquee, S., Rovina, K., & Azad, S. (2015). Heavy Metal Contaminants Removal from Wastewater Using the Potential Filamentous Fungi Biomass: A Review. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 07(06);
- Singh, A., & Prasad, S. (2014). Remediation of heavy metal contaminated ecosystem: an overview on technology advancement. *International Journal Of Environmental Science And Technology*, 12(1), 353-366.