

METODE FITOREMEDIASI DALAM PENGELOLAAN AIR TERCEMAR MERKURI (HG) BERDASARKAN LITERATUR REVIEW

Emil Salim Kahmi Leka¹, Tedy Agung Cahyadi², Nurkhamim³, Rika Ernawati⁴, Eddy Winarno⁵

- 1) Mahasiswa Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta
 - 2) Staf Pengajar Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta
- Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Korespondensi : lekaemil103@gmail.com

ABSTRAK

Secara umum pengolahan air atau lahan tercemar di area penambangan dapat dilakukan menggunakan 2 macam metode. Metode pertama adalah metode aktif, yakni metode yang menggunakan penambahan bahan kimia secara langsung ke kolam tambang atau lahan reklamasi dengan tujuan untuk mereduksi senyawa pencemar. Banyak pelaku industri penambangan yang memilih cara ini. Cara ini sering diadopsi di dunia pertambangan karena selain mudah didapat, bahan kimia juga tergolong sangat praktis dalam penggunaannya, yaitu dengan cara menaburkan bahan kimia tersebut ke media yang tercemar dengan dosis tertentu. Namun dalam penggunaannya, bahan kimia tersebut memerlukan jumlah yang sangat banyak sehingga berpotensi memberikan biaya yang cukup mahal bila dilakukan secara terus-menerus. Metode kedua adalah metode pasif, yaitu suatu metode penanggulangan masalah air atau lahan tercemar dengan bantuan dari proses bio-geokimia tumbuhan yang direkayasa sedemikian rupa sehingga dapat menangani permasalahan air atau lahan tercemar secara kontinyu. Salah satu teknik yang terkenal dari metode ini adalah teknik Fitoremediasi. Tujuan dari penelitian berdasarkan kajian literatur (*literature review*) ini adalah untuk mengetahui apakah adanya penurunan konsentrasi merkuri (Hg) pada air dengan metode fitoremediasi, mengetahui seberapa besar efisiensi tanaman dalam menyerap logam berat merkuri (Hg) pada air.

Kata kunci: fitoremediasi, merkuri, tanaman,

ABSTRACT

In general, processing of polluted water or land in mining areas can be carried out using 2 types of methods. The first method is the active method, namely a method that uses the addition of chemicals directly to mining ponds or reclaimed land with the aim of reducing pollutant compounds. Many mining industry players choose this method. This method is often adopted in the mining world because apart from being easy to obtain, chemicals are also very practical in their use, namely by sprinkling the chemicals onto contaminated media in certain doses. However, in its use, these chemicals require very large quantities so they have the potential to be quite expensive if done continuously. The second method is the passive method, which is a method of dealing with water or polluted land problems with the help of plant bio-geochemical processes that are engineered in such a way that they can deal with polluted water or land problems continuously. One of the well-known techniques of this method is the Phytoremediation technique. The aim of this research based on a literature review is to find out whether there is a decrease in the concentration of mercury (Hg) in water using the phytoremediation method, to find out how efficient plants are in absorbing the heavy metal mercury (Hg) in water.

Keywords: phytoremediation, mercury, plants.

PENDAHULUAN

Eksplorasi sumber daya alam seperti industri pertambangan adalah suatu kegiatan untuk memenuhi kebutuhan ekonomi, sumber keuangan negara, dan lain-lain. Namun setiap eksploitasi sumber daya alam ini akan memberikan dampak terhadap lingkungan, budaya dan sosial baik positif maupun negatif. Industri pertambangan merupakan salah satu industri yang berdampak pada kerusakan lingkungan baik lingkungan fisik maupun sosial

karena pada umumnya industri pertambangan menghasilkan limbah yang cukup besar (Tindaon, 2012).

Kontaminasi lingkungan telah menjadi masalah serius bagi kesehatan masyarakat yang berdampak pada keberlanjutan dan kelangsungan hidup manusia di seluruh dunia. Beberapa contoh penelitian dalam polusi air telah mencatat dampak potensial kontaminasi air oleh logam berat,

menunjukkan risiko tinggi masalah kesehatan seperti karsinogenisitas dan penyakit lainnya, yang terkait dengan badan air yang tercemar (Chen, L dkk, 2018 & Bamuwamye, M, 2017).

Dalam mengatasi masalah kontaminasi logam berat, tinjauan saat ini terutama berfokus pada remediasi kontaminasi melalui tumbuhan. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan yang sangat pesat. Dengan berkembangnya teknologi fitoremediasi maka tumbuhan hiperakumulator logam menjadi sangat penting. Tanaman hiperakumulator mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi lebih dari 100 kali melebihi tanaman normal, dimana tanaman normal mengalami keracunan logam dan penurunan produksi. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan serangkaian proses fisiologis dan biokimiawi serta

ekspresi gen-gen yang mengendalikan penyerapan, akumulasi dan toleransi tanaman terhadap logam (Hidayati dkk., 2013).

Teknik menggunakan tumbuhan dalam menetralkan kandungan logam akan di serap melalui akar tumbuhan, daun dan pucuk. Tumbuhan air merupakan bagian dari ekosistem yang kompleks yang dapat bertindak sebagai hiperakumulator logam berat untuk menghilangkan logam berat bersama dengan polutan lainnya melalui fitoremediasi (Hui Wun Tan, dkk: 2023; Theivanayagam Maharajan, dkk: 2023). Berdasarkan penelitian relevan sebelumnya yang sudah dilakukan, tumbuhan yang digunakan dalam penetralisir kandungan merkuri, seperti tumbuhan *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes*, *Hydrilla verticillata*, *Ipomoea aquatica*, *Nelubium nelumbo*. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis penelitian-penelitian sebelumnya berdasarkan tanaman yang digunakan.

1. KAJIAN PUSTAKA

Pada perbandingan metode fitoremediasi pada tumbuhan *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, *Pistia stratiotes*, *Hydrilla verticillata*, *Ipomoea aquatic* dan *Nelubium nelumbo* yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), anggota keluarga monokotil Pontederiaceae (Patel, 2012), adalah makrofita akuatik abadi yang mengambang bebas dan berasal dari daerah tropis Amerika Selatan (Tipping dkk., 2011). Tanaman ini terkenal sebagai gulma asing yang sangat berbahaya karena tingkat pertumbuhannya yang sangat tinggi (Mishra dan Tripathi, 2009). Namun, mengingat sistem akarnya yang berbulu lebat, karakteristik fisiologis yang khas dan efisiensi penyerapan nutrisi (Kim dan Kim, 2000; Paganetto dkk., 2001), dan toleransi yang luas terhadap kondisi lingkungan (Rommens dkk., 2003), eceng gondok telah banyak dimanfaatkan dan mengalami peningkatan. Distribusi yang diserbu sebagian besar disebabkan oleh tingkat pertumbuhan dan daya tahannya yang cepat. Tepian eceng gondok dapat mengembang hingga 60 m³/bulan dalam kondisi yang menguntungkan dan benihnya dapat bertahan hingga 20 tahun didasar badan air yang terinfestasi (Imaoka, dkk: 1988; Malik: 2007). *Lemna minor* merupakan tumbuhan monokotil kecil terapung yang

membentuk selimut tebal di perairan segar yang kaya nutrisi. Tumbuhan ini terdiri dari satu atau beberapa daun yang disebut pelepah dan satu akar atau akar kecil tanpa batang (Abraham O. Ekperusi, dkk: 2019). *Pistia stratiotes* atau daun apu merupakan tanaman terapung yang mempunyai keunggulan tingkat pertumbuhan yang cepat, tingkat penyerapan unsur hara dan air yang besar. Daun apu menyerap secara langsung logam berat melalui bagian akar di suatu perairan (Priyanto B, dkk: 2008). *Hydrilla verticillata* merupakan tanaman mengambang di air, sehingga dapat menurunkan bahan pencemar perairan lebih efektif karena bagian daun, batang dan akar terendam di dalam air (Dewi Putriarti, dkk: 2021). *Ipomoea aquatica* atau kangkung air merupakan tanaman mengapung pada rawa berair atau kolam dan tanaman ini juga dapat digunakan untuk menyerap logam berat (Zhang, dkk: 2014). *Nelubium nelumbo* merupakan tanaman air menahun yang indah. Tanaman ini mampu beradaptasi dengan kondisi air limbah dan memiliki nutrisi tumbuhan (Sendy B. Rondonuwu: 2014). Berikut adalah rangkuman dari penelitian sejenis yang menjelaskan hasil dari penelitian yang tertera pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1 Penelitian Sejenis

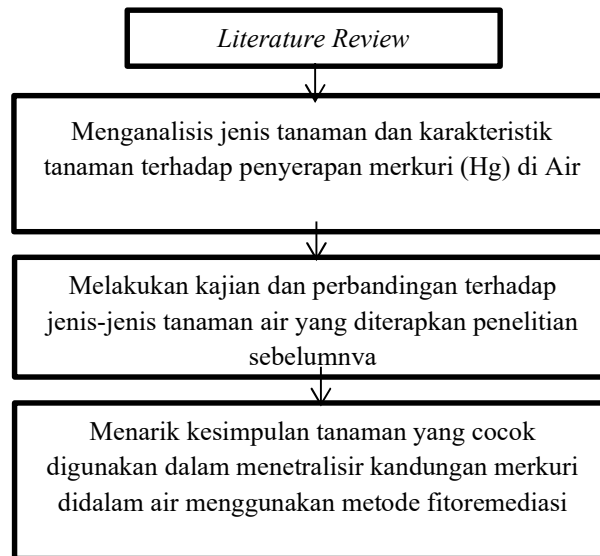
Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Malar, S., Sahi, SV, Favas, PJ,	2015	Merkuri logam beratmenginduksi perubahan fisiokimia dan perubahan	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan

Venkatachalam, P., 2015		genotoksik pada eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	tanaman eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)
Fauzi Deswandri, Fadhillah	2019	Variasi Waktu Terhadap Penyerapan Merkuri (Hg) oleh Eceng Gondok (<i>Eichhornia Crassipes</i>). Studi Kasus: Air Danau Bekas PETI di Jorong Jujutan, Nagari Lubuk Gadang, Kecamatan Sangir, Kabupaten Solok Selatan.	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)
Magdalena Sitarska, Teodora Traczewska, Wiktoria Filarowska, Anna Holtra, Dorota Zamorska-Wojdyla, Beata Hanus-Lorenz	2023	<i>Phytoremediation of Mercury from Water by Monocultures and Mixed Cultures Pleustophytes</i>	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman <i>Lemna minor</i>
Risky Ayu Kristanti, Tony Hadibarata	2023	<i>Phytoremediation of Contaminated Water using Aquatic its Mechanism and Enhancement</i>	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>), selada air (<i>pistia stratiotes</i>) dan Duckweed (<i>Lemna minor</i>)
Sendy B. Rondonuwu	2014	Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor	Rekomendasi menggunakan metode Fitoremediasi dengan tanaman <i>Ipomoea aquatic</i> , <i>Hydrilla verticillata</i> , <i>Nelubium nelumbo</i> dan <i>Eichhornia crassipes</i>

2. METODE PENELITIAN

Tahapan dalam penelitian yang dilakukan seperti yang tertuang pada Gambar 1. dibawah. 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). Tujuan dari penelitian ini sebagai acuan dalam menganalisis jenis tanaman yang cepat dalam proses penyerapan merkuri (Hg) di air dengan menggunakan metode fitoremediasi. Tahapan penelitian yang dilakukan, sebagai berikut:



3. ANALISIS

Penelitian yang telah dilakukan menjelaskan perlunya tanaman dalam penetralisir air yang mengandung kandungan logam berat, misalnya merkuri. Merkuri (Hg) 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 merkuri 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 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: fitoekstraksi, -stabilisasi dan -volatilisasi (Marques et al., 2009). Berikut tanaman yang dapat digunakan dalam menetralisir kandungan merkuri pada air berdasarkan penelitian sebelumnya, antara lain:

Tabel 2 Jenis Tanaman Fitoremediasi

Nama Peneliti	Jenis Tanaman	Waktu Penyerapan (Hari)	Perlakuan	Penurunan Kadar Merkuri
Malar, S., Sahi, SV, Favas, PJ, Venkatachalam, P	Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	-	50 mg/L	52%
Fauzi Deswandri, Fadhillah	Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	9 hari	500 gr	0,0036 mg/L
Magdalena Sitarska, Teodora Traczewska, Wiktorina Filarowska, Anna Holtra, Dorota Zamorska-	<i>Lemna minor</i>	7 hari	0,15 mgHg/dm ³	68%

Wojdyla, Beata Hanus-Lorenz				
Risky Ayu Kristanti, Tony Hadibarata	Daun apu (<i>pistia stratiotes</i>)	10 hari	400 gr/L	0,0048 mg/L
Sindy B. Rondonuwu	<i>Hydrilla verticillata</i>	3 hari	-	83,96%
	Kangkung air (<i>Ipomoea aquatic</i>)	7 hari	-	3 mg/L ke 1,037 mg/L
	Teratai (<i>Nelubium nelumbo</i>)	15 hari	15 kg	0,02 mg/L

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

Pada penelitian Malar, S., Sahi, SV, Favas, PJ, Venkatachalam, P pada tahun 2015 menjelaskan bahwa penggunaan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok dalam mengevaluasi efektivitas penghilangan merkuri dari lingkungan perairan sebesar 52% dengan perlakuan 50 mg/L.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Fauzi Deswandri dan Fadhillah pada tahun 2019 menjelaskan bahwa penggunaan metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam menganalisis pengaruh variasi waktu terhadap penyerapan merkuri (Hg). Waktu yang dibutuhkan 9 hari dengan 500 gr eceng gondok yang dicampurkan dengan air yang mengandung merkuri, diperoleh konsentrasi penurunan merkuri sebesar 0,0036 mg/L. Metode fitoremediasi dengan tanaman ini dapat direkomendasikan dalam menetralkan kandungan merkuri yang terdapat pada air, karena dengan waktu 9 hari perlakuan dapat menurunkan kadar logam merkuri sesuai dengan baku mutu menurut Kepmen Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2022 yaitu sebesar 0,005 mg/L.

Pada penelitian Magdalena Sitarska, Teodora Traczewska, Wiktorja Filarowska, Anna Holtra, Dorota Zamorska-Wojdyla, Beata Hanus-Lorenz pada tahun 2023 menjelaskan bahwa penggunaan metode fitoremediasi menggunakan tanaman rumput bebek (*Lemna minor*) memiliki efektivitas dalam

menghilangkan kadar merkuri (Hg) sebesar 68%.

Pada penelitian Risky Ayu Kristanti dan Tony Hadibarata pada tahun 2023 menjelaskan bahwa untuk mengetahui tanaman yang cocok untuk digunakan dalam fitoremediasi adalah tanaman daun apu (*Pistia stratiotes*). Penggunaan tanaman ini, dengan waktu 10 hari dan perlakuan 400 gr/L daun apu yang mengandung merkuri, maka akan diperoleh penurunan kadar logam merkuri sebesar 0,0048 mg/L, tanaman ini dapat direkomendasikan dalam menetralkan kandungan merkuri yang terdapat pada air, karena dengan 10 hari perlakuan dapat menurunkan kadar logam merkuri sesuai dengan baku mutu menurut Permen LHK No. 5 Tahun 2022 yaitu sebesar 0,005 mg/L.

Pada penelitian Sindy B. Rondonuwu (2014) telah melakukan penelitian terkait dengan kemampuan aktivitas tanaman dalam mengurangi merkuri. Tanaman yang digunakan dalam metode fitoremediasi yaitu *Hydrilla verticillata*, Kangkung air (*Ipomoea aquatic*) dan Teratai (*Nelubium nelumbo*). Dari hasil penelitian diperoleh, waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar merkuri adalah 3 hari pada tanaman *Hydrilla verticillata* persentase sebesar 83,96%, 7 hari pada tanaman Kangkung air (*Ipomoea aquatic*) penurunannya sebesar 1,037 mg/L yang kadar awalnya 3 mg/L dan 15 hari pada tanaman teratai (*Nelubium nelumbo*) diperoleh kadar logam merkuri sebesar 0,02 mg/L.

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

Tabel 3 Kelebihan dan Kekurangan dari Tanaman

Jenis Tanaman	Kelebihan	Kekurangan
Eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Memiliki kemampuan yang lebih besar untuk menetralkan kandungan merkuri	Pertumbuhan yang cepat menyebabkan perairan tertutup rapat sehingga mengurangi kadar oksigen dalam air
	Eceng gondok memiliki tingkat efisiensi dalam menetralkan kandungan merkuri sebesar 80%	Mengurangi jumlah air di perairan karena eceng gondok yang menyebar secara massif di seluruh permukaan air akan menyebabkan efek evapotranspirasi.
	Eceng gondok dapat menyerap logam berat karena adanya protoplasma dan jaringan yang terdapat banyak ruang	
Rumput bebek (<i>Lemna minor</i>)	Sebagai hiperakumulator logam berat	-
	Memiliki sifat adaptif dan dapat hidup pada semua cuaca dan musim serta dapat tumbuh setiap tahun	
	Memiliki kemampuan biokumulasi logam berat yang tinggi	
Daun apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	Memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat	-
	Tingkat absorbs atau penyerapan hara dan air yang besar	
	Mudah ditemukan, serta memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim	
	Memiliki akar yang dapat menyerap merkuri yang cukup dengan efisiensi penurunan yang tinggi	
<i>Hydrilla verticillata</i>	Memiliki kemampuan dalam menurunkan kandungan merkuri yang terjadi secara langsung dengan mengabsorpsi polutan sebagai nutrisi	Tidak mampu mengakumulasi logam berat terlalu banyak
	<i>Hydrilla verticillata</i> mengkonsentrat konsentrasi logam yang tinggi pada bagian areal tumbuhan dan menyerap kadar kontaminan yang tinggi dan diendapkan dalam akar, batang, daun atau tunas	

	Mampu menyerap logam merkuri di air sebesar 83,96%	
Kangkung air (<i>Ipomoea aquatic</i>)	Memiliki akar serabut yang tumbuh di setiap ruas batang, sehingga memiliki daya hisap yang tinggi terhadap polutan yang ada di perairan	Struktur daun yang terdiri dari 3-5 helai dengan struktur daun yang tipis menyebabkan tumbuhan mudah kehilangan air, karena air yang ada didalam tumbuhan menguap
	Tanaman yang tidak selektif terhadap unsur hara tertentu, sehingga kangkung air (<i>Ipomoea aquatic</i>) dapat menyerap semua unsur yang terkandung didalam air	
Teratai (<i>Nelubium nelumbo</i>)	Mampu beradaptasi dengan kondisi air limbah dan memiliki nutrisi tumbuhan	-

4. KESIMPULAN

Metode yang digunakan dalam membantu atau menetralsir air yang mengandung merkuri yaitu 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 radionuklida serta polutan organik dari tanah dan air yang terkontaminasi. Berdasarkan *literature review*, dapat ditarik kesimpulan bahwa beberapa tanaman memiliki efek yang signifikan dan efisien dalam membantu penyerapan kandungan logam merkuri (Hg) pada air. Beberapa tanaman mampu bertahan dalam kondisi air tercemar logam berat. Aplikasi tanaman tersebut pada air tercemar merkuri (Hg) pun sangat mudah dilakukan. Berdasarkan dari 6 tanaman yang ditinjau dari penelitian sebelumnya, beberapa tanaman memiliki efek yang signifikan dan efisien dalam membantu penyerapan kandungan logam merkuri (Hg) yang terdapat di air. Tanaman eceng gondok dan daun apu merupakan tanaman yang cocok untuk penerapan metode fitoremediasi. Proses dalam penyerapan yang cepat, mudah di aplikasikan dan tanaman yang mudah ditemukan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan paper ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak khususnya Kepada Prodi Magister Teknik Pertambangan UPN "Veteran"Yogyakarta. Serta penulis menyampaikan terimakasih kepada LPPM UPN "Veteran"Yogyakarta yang telah mendanai sepenuhnya penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Auchterlonie, J., Eden, C, L., Sheridan, C. 2021. *The Phytoremediation Potential of Water hyacinth: A case Studi from Hartbeespoort Dam, South Africa*. South Africa: *University of the Witwatersrand*.
- Chen, L.; Zhou, S.; Shi, Y.; Wang, C.; Li, B.; Li, Y.; Wu, S. Heavy metals in food crops, soil, and water in the Lihe River Watershed of the Taihu Region and their potential health risks when ingested. *Sci. Total Environ.* 2018, 615, 141–149.
- Deswandri, F., Fadhilah. 2019. Variasi Waktu Terhadap Penyerapan Merkuri (Hg) oleh Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Studi Kasus: Air Danau Bekas PETI di Jorong Jujutan, Nagari Lubuk Gadang, Kecamatan

- Sangir, Kabupaten Solok Selatan.
Padang: Universitas Negeri
Padang.
- Ekperusi, A. O., Sikoki, F. D., Nwachukwu, E. O. 2019. *Application of common duckweed (Lemna minor) in Phytoremediation of Chemicals in the Environment: State and Future Perspective*. Nigeria: University of Port Harcourt.
- Imaoka, T., Teranishi, S. 1988. *Rates of Nutrient Uptake and Growth of the Water hyacinth*. *Water Res.* [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(88\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0043-1354(88)90140-6).
- Juhaeti, T., Syarif, N., Sambas, E. N., Hoesen. 2005. Karakteristik Jenis Tumbuhan pada Vegetasi di Lokasi Tailing Pond Pasir Gombong PT ANTAM dan Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI). Cikotok: Laporan Teknik.
- Kim, Y., Kim, W., 2000. Peran eceng gondok dan akarnya dalam mereduksi alga konsentrasi dalam limbah dari kolam stabilisasi limbah. *Resolusi Air*. 34 (13), 3285–3294.
- Kristanti, R. A., Hadibarata, T. 2023. *Phytoremediation of Contaminated Water using Aquatic its Mechanism and Enhancement*. Malaysia: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains Malaysia.
- Maharajan, T., Chellasamy, G., Krishna, A., Ceasar, S. A., Yun, K. 2023. *The role of Metal Transporters in Phytoremediation: A Closer Look at Arabidopsis*. India: Rajagiri College of Social Sciences.
- Marques, AP, Rangel, AO, Castro, PM, 2009. Remediasi logam berat tanah yang terkontaminasi: fitoremediasi sebagai teknologi pembersihan yang berpotensi menjanjikan. *Kritik. Pdt. Lingkungan. Sains*.
- Malar, S., Sahi, SV, Favas, PJ, Venkatachalam, P., 2015. Merkuri logam berat menginduksi perubahan fisiokimia dan perubahan genotoksik pada eceng gondok [*Eichhornia crassipes* (Mart.)]. *Mengepung. Sains. Polusi*. R.22, 4597e4608.
- Malik, A. 2007. *Environmental Challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth*. *Environ Int* 33 (1), 122–138. <https://doi.org/10.1016/j>.
- Mishra, VK, Tripathi, BD, 2009. Akumulasi kromium dan seng dari larutan air menggunakan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *J. Bahaya. Materi*. 164 (2-3), 1059–1063.
- Mudgal, V., Raninga, M., Patel, D., Ankoliya, D., Mudgal, A. *A Review on Phytoremediation: Sustainable Method for Removal of Heavy Metals*. India: Pandit Deendayal Energy University.
- Ni'mah, L., Anshari, M. A., Saputra, H. A. 2019. Pengaruh Variasi Massa dan Lama Kontak Fitoremediasi Tumbuhan Parupuk (*Phragmites Karka*) Terhadap Derajat Keasaman (pH) dan Penurunan Kadar Merkuri pada Perairan Bekas Penambangan Intan dan Emas Kabupaten Banjar. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- Patel, S., 2012. Ancaman, pengelolaan dan rencana pemanfaatan gulma air *Eichhornia crassipes*: gambaran. *Pdt. Lingkungan. Sains. Bioteknologi*. 11, 249–259.
- Putriarti, D., Mudloifah, I., Rosyidah, N. F., Zainuddin, M. P., Rachmadiarti, F., Fitrihidajati, H., Putri, I. E. L. 2021. Kemampuan *Hydrilla Verticillata*

- sebagai Agen Fitoremediasi *Linear Alkybenzene Sulphonate* (LAS) Detergen. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Ranskin, dkk. 1997. *Phytoremediation of Metals: Using Plants to Remove Pollutans from the Environment Current Opinion in Biotechnology*. Skotlandia: *University of Aberdeen*.
- Rommens, W., Maes, J., Dekeza, N., Inghelbrecht, P., Nhiwatiwa, T., Holsters, E., Ollevier, F., Marshall, B., Brendonck, L., 2003. Dampak eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) di penampungan subtropis eutrofik (Danau Chivero, Zimbabwe). I. Kualitas air. *Arsip untuk Hidrobiologi* 158 (3), 373–388.
- Rondonuwu, S, B. 2014. *Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Shuttleworth. 2009. *What is a Literature Review? Retrieved from <http://explorable.com/what-is-a-literature-review>*.
- Singh, A, D., Khanna, K., Kour, J., Diman, S., Bhardwaj, T., Devi, K., Sharma, N., Kumar, P., Kapoor, N., Sharma, P., Arora, P., Sharma, A., Bhardwaj, R. 2023. *Critical Review on Biogeochemical dynamics of Mercury (Hg) and its abatement strategies*. India: *Guru Nanak Dev University*.
- Sitarska, M., Traczewska, T., Filarowska, W., Holtra, A., Zamorska, D., Hanus, B. 2023. *Phytoremediation of Mercury from Water by Monocultures and Mixed Cultures Pleustophytes*. Polandia: Universitas Sains dan Teknologi Wrocyaw.
- Tan, H, W., Pang, Y, L., Lim, S., Chong, W, C. 2023. *A state of the art of Phytoremediation Approach for Sustainable Management of Heavy Metals Recovery*. Malaysia: *University Tunku Abdul Rahman*.
- Tindaon, F., (2012). *Fitoremediasi Logam Berat Menggunakan Berbagai Jenis Tanaman Sayuran Pada Tanah Mengandung Lumpur Kering Limbah Domestik Kota Medan*. Fullpaper Seminar Nasional Universitas HKBP Nommensen. Hal: 1
- Tipping, PW, Pusat, TD, Sosa, AJ, Dray, FA, 2011. *Penilaian spesifisitas tuan rumah dan dampak potensial dari Megamelus scutellaris (Hemiptera: delphacidae) pada eceng gondok Eichhornia crassipes (Pontederiales: pontederiaceae)*. Ilmu Biokontrol. *Teknologi*. 21 (1), 75–87.
- Widyati, E. 2011. *Kajian Optimasi Pengelolaan Lahan Gambut dan Isu Perubahan Iklim*. Tekno Hutan Tanaman. Vol. 4 No. 2: hal. 57-68.
- Yeboah, A, O., Kwesi, E., Muhammad, A, R., Yeboah, K, I. Domfeh, M, K., Abokyi, E. 2021. *Assessing potentian health effect of Lead and Mercury and the Impact of Illegal Mining Activities in the Bonsa River, Tarkwa Nsuaem, Ghana*. Ghana: *Kumasi Technical University*.
- Zhang., Qiuzhuo., Ancal, V., Xu, Y., Xiang, W, N. 2014. *Aquaculture Wastewater Quanty Improvement by Water Spinach (Ipomoea Aquatica Forsskal) Floating Bed and Ecological Benefit Assessment in Ecological Agriculture District*. *Aquacultural Engineering*. Vol. 60 48-55