

## Agrinula : Jurnal Agroteknologi dan Perkebunan 2020 vol. 3 (1): 1-9

website : <https://journal.utnd.ac.id/index.php/agri>

E-ISSN : 2655-7673

DOI : <https://doi.org/10.36490/agri.v3i1.82>

### KAJIAN GULMA *Eleusine indica* SEBAGAI FITOREMEDIATOR LOGAM BERAT

### REVIEW OF *Eleusine indica* WEED AS HEAVY METALS PHYTOREMEDIATOR

Koko Tampubolon<sup>1\*</sup>, Tengku Boumedine Hamid Zulkifli<sup>1</sup>, & Alridiwersah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan 20123, Sumatera Utara, Indonesia.

<sup>2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan 20238, Sumatera Utara, Indonesia.

\*Koresponding author : koko.tampubolon@gmail.com

Informasi Artikel	ABSTRAK
Disubmit: 15 Maret 2020  Direvisi: 30 Maret 2020  Diterima: 30 Maret 2020  Dipublikasi: 02 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Pendahuluan:</b> Gulma telah dilaporkan merugikan bagi pertanian, namun menguntungkan bagi lingkungan. Laporan gulma <i>Eleusine indica</i> sebagai fitoremediasi logam berat pada lahan bekas tambang masih tergolong sedikit. Tujuan review artikel ini adalah mengkaji mekanisme gulma <i>Eleusine indica</i> dalam fitoremediasi beberapa logam berat.</li> <li>• <b>Hasil Kajian:</b> Gulma <i>Eleusine indica</i> tergolong tumbuhan hiperakumulator dikarenakan mampu meremediasi beberapa logam berat. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa gulma <i>Eleusine indica</i> memiliki mekanisme fitostabilisasi dan fitoekstraksi dalam meremediasi beberapa logam berat.</li> </ul> <p><b>Kata Kunci:</b> <i>Eleusine indica</i>; fitoremediasi; logam berat</p>
	<p style="text-align: center;"><b>ABSTRACT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Introduction:</b> Weeds have been reported to be disadvantage in agriculture, however the advantage in the environment. The report of <i>Eleusine indica</i> weed as phytoremediation of heavy metals in ex-mining land is</li> </ul>

	<p>still relatively few. The article review was aimed to examine the mechanism of <i>Eleusine indica</i> weed in the phytoremediation of several heavy metals.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Review Results:</b> <i>Eleusine indica</i> weed is classified as a hyperaccumulator plant because it was able to remediate several heavy metals. Based on previous research, <i>Eleusine indica</i> weed had the phytostabilization and phytoextraction mechanism in remediating several heavy metals.</li> </ul> <p><b>Keywords:</b> <i>Eleusine indica</i>; heavy metal; phytoremediation</p>
--	--

## PENDAHULUAN

Gulma pada areal pertanaman dapat merugikan pertumbuhan dan produksi tanaman utama. Kerugian dapat yang ditimbulkan antara lain terjadinya persaingan cahaya matahari, penyerapan unsur hara, air, dan tempat tumbuh. Madkar et al., (1986) menyatakan bahwa dampak kompetisi gulma dengan tanaman utama tergantung pada status kesuburan tanah, tingkat pengelolaan lahan, kelembaban tanah, tanaman utama, stadia tanaman, jenis gulma, dan jumlah populasi gulma. Telah dilaporkan penelitian terdahulu bahwa kehadiran gulma sangat merugikan tanaman utama, Kilkoda et al., (2015) melaporkan bahwa gulma *Ageratum conyzoides* sebanyak 10 rumpun signifikan menghambat pertumbuhan tinggi tanaman kedelai 8 Minggu Setelah Tanam (MST), jumlah daun trifoliat 8 MST, luas daun, jumlah polong pertanaman, dan bobot biji pertanaman kedelai masing-masing sebesar 14,32%; 18,41%; 48,81%; 14,03% dan 51,81% dibandingkan tanpa gulma. Tampubolon et al., (2019) melaporkan gulma *Eleusine indica* telah merugikan perkebunan kelapa sawit dikarenakan resisten-herbisida glifosat pada dosis dua l/ha sehingga membutuhkan penambahan biaya dan tenaga kerja dalam aktivitas pengendalian gulma.

Keberadaan gulma pada areal pertanaman utama memang dikategorikan merugikan pertanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan, namun disisi lain gulma berpeluang menguntungkan bagi industri lainnya seperti kegiatan pertambangan (lingkungan). Seperti diketahui bahwa kegiatan pertambangan akan menimbulkan keberadaan logam berat yang tinggi dan membutuhkan upaya-upaya pelestarian lingkungan seperti fitoremediasi. Juhaeti et al., (2005) melaporkan kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada pertambangan emas PT. Antam Pongkor, Bogor masing-masing sebesar 63,2 ppm dan 0,50 ppm. Siahaan et al., (2014) melaporkan kandungan logam berat merkuri (Hg) sebesar 75,01 mg/kg pada tanah tercemar tailing 20% (pertambangan emas) di Desa Pasanggaran, Kecamatan Genteng Kabupaten Banyuwangi. Kadar ketiga logam berat tersebut sudah melewati batas ambang toleransi pada tanah.

Gulma dapat dijadikan sebagai tumbuhan penyerap logam berat (fitoremediasi) pada kawasan lahan bekas tambang. Tosepu, (2012) melaporkan gulma eceng gondok (*Eichornia crassipes*) mampu menyerap logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) sampai 100% masing-masing waktu tanam 30 dan 24 hari. Triastuti (2010), melaporkan

gulma akar wangi mempunyai kemampuan meremediasi tanah tercemar logam berat merkuri tertinggi di akar sebesar 0,69 mg/kg pada media 100% tanah tercemar dengan nilai laju serapan konsentrasi Hg sebesar 5,08 g/m<sup>2</sup>/tahun dilahan eks-TPA Keputih, Surabaya. Zhang et al., (2014) melaporkan bahwa gulma akar wangi dapat mengakumulasi Cd pada akar dan tajuk tanaman masing-masing sebesar 167-396 mg/kg dan 0,13-9,0 mg/kg. Ghosh et al., (2014) melaporkan faktor translokasi dan bioakumulasi logam berat timbal pada gulma akar wangi tertinggi terdapat di akar dibandingkan di tajuk. Nilai faktor bioakumulasi (FBA) pada kondisi 100% abu pertambangan batubara di akar sebesar 0,857 sedangkan di tajuk tidak terdeteksi. Rasio akumulasi Pb dari akar ke bagian tajuk pada akar wangi kurang dari 1, hal ini mengindikasikan bahwa Pb tertahan di jaringan akar dan hanya sedikit yang ditranfer ke tajuk dan immobilisasi Pb di akar.

Berdasarkan uraian diatas, telah diketahui fungsi gulma sebagai fitoremediasi beberapa logam berat. Namun masih dibutuhkan referensi tentang *Eleusine indica* yang berpotensi sebagai fitoremediator. Di Indonesia, penggunaan *E. indica* sebagai tanaman fitoremediasi logam berat sudah dilaporkan pertama kali oleh Hamzah et al., (2016) menyatakan bahwa *E. indica* dapat mengakumulasi logam berat Cd di akar dan tajuk masing-masing sebesar 0,6 dan 0,3 mg/kg, persentase reduksi logam berat Cd sebesar 58,80% dan memiliki nilai faktor translokasi dan faktor biokonsentrasi masing-masing sebesar 0,6 dan 0,4. Hamzah et al., (2017) bahwa gulma belulang (*E. indica*) dapat mengakumulasi logam berat Cd di akar dan tajuk masing-masing sebesar 1,08 dan 0,73 mg/kg, persentase reduksi logam berat Cd sebesar 57,11% dan memiliki nilai faktor translokasi sebesar 0,7.

Sedikitnya referensi gulma *E. indica* sebagai fitoremediasi logam berat lainnya, membutuhkan pengkajian khusus tentang mekanisme gulma *Eleusine indica* sebagai fitoremediasi beberapa logam berat yang dapat difungsikan pada lahan bekas tambang. Tujuan review artikel ini adalah mengkaji potensi gulma *Eleusine indica* dalam fitoremediasi beberapa logam berat.

## **PELUANG GULMA *Eleusine indica* SEBAGAI FITOREMEDIASI LOGAM BERAT**

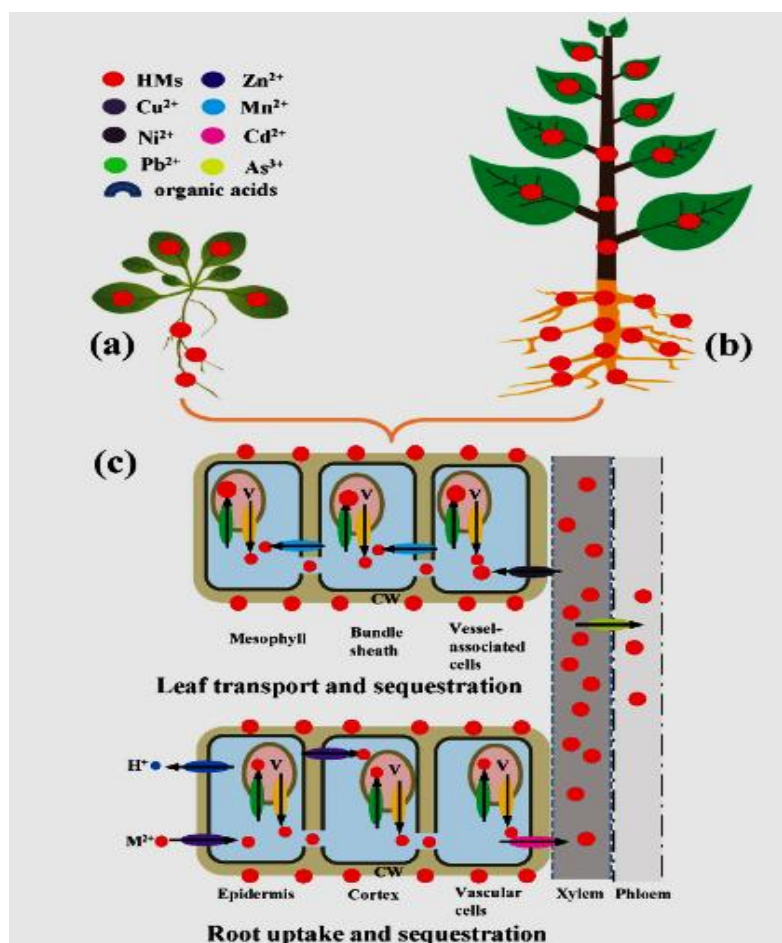
### **Mekanisme Fitoremediasi Logam Berat**

Logam berat merupakan unsur logam yang memiliki berat jenisnya lebih besar dari 5 g/cm<sup>3</sup> (Clemens et al., 2002). Berdasarkan sifat recunnya, logam berat Hg berada pada urutan pertama kemudian diikuti logam berat Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn. Logam berat kadmium (Cd) tergolong logam yang lebih mudah diakumulasi oleh tumbuhan dibandingkan logam berat lainnya (Nopriani, 2011).

Fitoremediasi merupakan tindakan penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk mengurangi kontaminasi limbah dan pencemaran lingkungan melalui *ex-situ* (menggunakan kolam buatan atau reaktor) maupun *in-situ* (langsung dilapangan yang terkontaminasi limbah) (Hardyanti & Rahayu, 2007). Fitoremediasi dapat diterapkan

pada limbah anorganik maupun organik dalam bentuk cair, gas, dan padat (Salt et al., 1998). Menurut Salt, (2000) menyatakan bahwa beberapa persyaratan tumbuhan sebagai indikator hiperakumulator logam berat antara lain: (1) toleran terhadap logam berat pada konsentrasi tinggi di jaringan akar dan tajuk, (2) tingkat laju penyerapan logam berat yang tinggi dibandingkan tumbuhan lainnya, (3) memiliki potensi mentranslokasi dan mengakumulasi logam berat dari akar ke tajuk dengan laju yang tinggi.

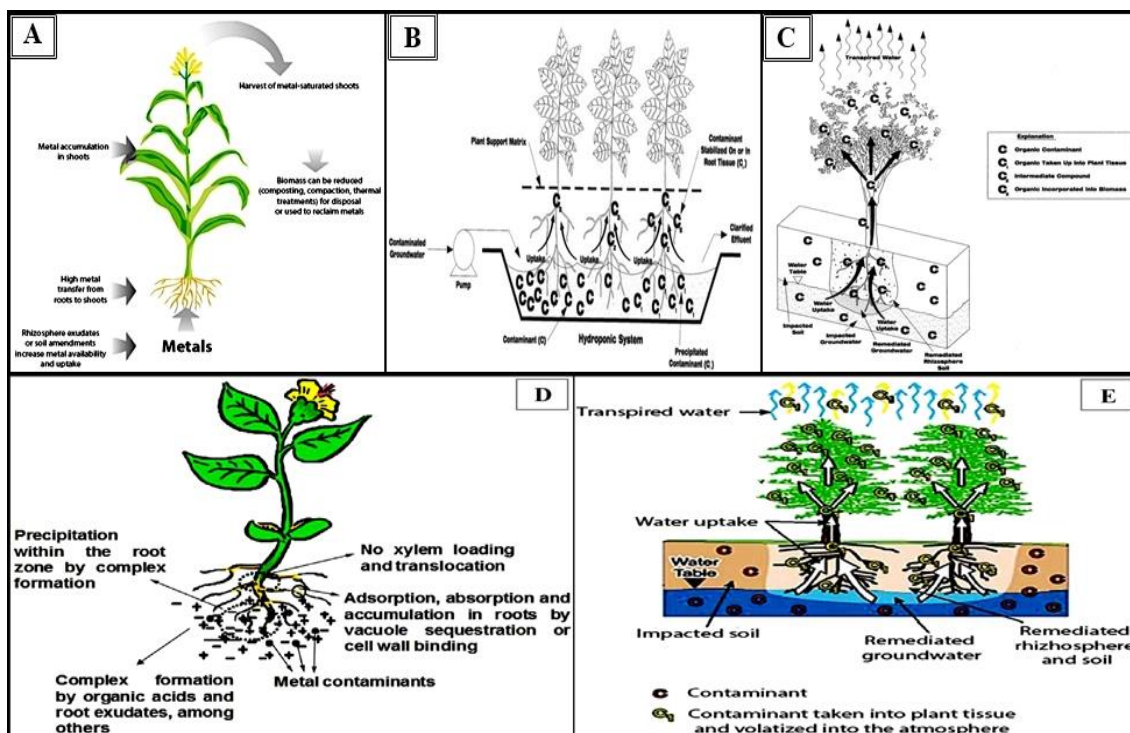
Beberapa strategi fitoremediasi telah diterapkan secara umum maupun skala penelitian antara lain: berpotensi akumulasi kontaminan (*phytoextraction*) atau berpotensi menyerap dan mentranspirasi air dari dalam tanah (*creation of hydraulic barriers*). Potensi akar menyerap polutan dari air tanah (*rhizofiltration*) dan potensi tumbuhan dalam menyerap polutan dan diuraikan melalui metabolisme dalam jaringan tumbuhan (*phytotransformation*). Kemampuan tumbuhan dalam mendorong aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berkaitan dengan akar (*phytostimulation*) dan imobilisasi polutan oleh eksudat dari akar (*phytostabilization*) serta potensi tumbuhan mengakumulasi logam dalam jumlah besar dan ekonomis digunakan dalam remediasi tanah yang bermasalah (*phytomining*) (Chaney et al., 1996).



Gambar 1. Skema penyerapan logam berat pada tanaman herba/rumputan (a) dan pada kayu (b) serta proses akumulasi logam berat melalui akar dan tajuk tanaman (c). (Sumber: Lou et al., 2016).

Mekanisme fitoremediasi terdiri dari: fitovolatilisasi, rizofiltrasi, fitoekstraksi, fitostabilisasi, fitodegradasi, dan interaksi dengan mikroba degradasi polutan (Kelly, 1997). Menurut Tsao, (2003) ruang lingkup mekanisme fitoremediasi terbagi menjadi (Gambar 2):

1. *Fitoekstraksi* merupakan mekanisme penyerapan kontaminan oleh akar tumbuhan dan mentranslokasikan atau mengakumulasi ke bagian tumbuhan lainnya, seperti akar, daun atau batang.
2. *Rizofiltrasi* merupakan mekanisme kapabilitas akar tumbuhan dalam menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam berat dari aliran limbah.
3. *Fitodegradasi* merupakan penyerapan logam berat dari tanah kemudian polutan mengalami metabolisme didalam jaringan tumbuhan, misalnya menggunakan enzim oksigenase dan dehalogenase.
4. *Fitostabilisasi* merupakan mekanisme dengan memproduksi senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rizosfer.
5. *Fitovolatilisasi* merupakan mekanisme penyerapan polutan dan membebaskannya ke udara melalui daun dan polutan mengalami degradasi sebelum dibebaskan melalui daun.



Gambar 2. Mekanisme fitoremediasi logam berat. A= fitoekstraksi (Nascimento & Xing, 2006); B= rizofiltrasi (Banerji et al., 2008); C= fitodegradasi (Banerji et al., 2008); D= fitostabilisasi (Padmavathiamma & Li, 2007); dan E= fitovolatilisasi (Cheung, 2013).

### Potensi Gulma *Eleusine indica* sebagai Fitoremediasi

Peluang/potensi gulma *Eleusine indica* dalam meremediasi beberapa logam berat berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Potensi gulma *Eleusine indica* sebagai fitoremediasi beberapa logam berat.

Jenis logam berat	Organ penyerap logam berat		Faktor Translokasi	Peneliti
	Akar	Tajuk		
	$\mu\text{g/g}$			
Tembaga (Cu)	164,20	11,50	0,68	Garba et al., 2012
Kadmium (Cd)	4,30	2,90	0,67	
Kromium (Cr)	153,90	51,20	0,33	
Kobalt (Co)	11,50	11,10	0,97	
Timbal (Pb)	24,70	60,70	2,46	
	Perlakuan 1,5 g + EDTA ( $\mu\text{g/g}$ )			
Kadmium (Cd)	114,30	42,80	0,37	Garba et al., 2013
Seng (Zn)	3551,00	922,10	0,26	
	$\text{mg/kg}$			
Tembaga (Cu)	46	75	1,63	Lum et al., 2014
Timbal (Pb)	20	21	1,05	
Seng (Zn)	105	87	0,83	
Nikel (Ni)	79	34	0,43	
Kobalt (Co)	21	10	0,48	
Mangan (Mn)	79	21	0,27	
Besi (Fe)	0,81	0,10	0,12	
	$\text{mg/kg}$			
Arsenik (As)	728	574	0,79	Bui, 2016
Kadmium (Cd)	14,5	23,7	1,63	
Timbal (Pb)	3215	671	0,21	
Seng (Zn)	2352	723	0,31	
	$\text{mg/kg}$			
Kadmium (Cd)	0,60	0,30	0,50	Hamzah et al., 2016
	$\text{mg/kg}$			
Kadmium (Cd)	1,08	0,73	0,68	Hamzah et al., 2017
	$\text{mg/kg}$			
Kadmium (Cd)	11,90	0,60	0,05	Hamzah et al., 2018

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa gulma *Eleusine indica* dapat meremediasi beberapa logam berat (Cd, Pb, Zn, As, Fe, Mn, Co, Ni, Cu, dan Cr). Namun faktor translokasi setiap logam berat berbeda-beda. Kemampuan gulma *Eleusine indica* dalam mentranslokasi logam berat Zn, As, Cr, Co, Ni, Mn, dan Fe dari akar ke tajuk lebih kecil dari 1, artinya logam berat tersebut mengalami immobilisasi di akar dan sedikit ditranslokasi ke daerah tajuk atau memiliki mekanisme fitostabilisasi. Sedangkan kemampuan gulma *Eleusine indica* dalam mentranslokasi logam berat Cd, Pb, dan Cu dari akar dan tajuk memiliki 2 penilaian yang berbeda yaitu  $< 1$  dan  $> 1$  atau memiliki mekanisme fitoekstraksi. Hal ini dapat disebabkan faktor-faktor dalam memengaruhi tingkat penyerapan logam berat tersebut antara lain pH tanah, sifat *mobile* atau keberadaan suatu logam berat, dan faktor lainnya. Menurut Kaya et al., (2010) menyatakan bahwa kadmium (Cd) termasuk logam transisi dan bersifat *mobile* didalam tanah dikarenakan terdapat proses asidifikasi dari rhizosfer dan sekresi khelat oleh akar.

Logam berat Cd diabsorpsi melalui jalur simplas di akar dari sel menuju ke lapisan endodermal melalui protein transport di membran plasma sel-sel akar. Lin & Aarts, (2012) menyatakan bahwa penyerapan Cd dari tanah oleh tanaman disebabkan faktor total pemasukan Cd dalam tanah, pH tanah, keberadaan logam Zn, jenis tanaman dan kultivar. Penyerapan Cd semakin tinggi apabila pH tanah rendah (masam) dan semakin menurun apabila pH tanah tinggi (basa). Keberadaan logam seng (Zn) yang tinggi dapat mengurangi tingkat penyerapan logam berat Cd.

## KESIMPULAN

Gulma *Eleusine indica* sangat potensial digunakan dalam fitoremediasi beberapa logam berat dan tergolong tumbuhan hiperakumulator dikarenakan mampu menyerap beberapa logam berat seperti Cd, Pb, Zn, As, Fe, Mn, Co, Ni, Cu, dan Cr. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bahwa gulma *Eleusine indica* dalam menyerap beberapa logam berat memiliki mekanisme fitostabilisasi dan fitoekstraksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Banerji, S. K., Surampalli, R. Y., Champagne, P., Tyagi, R. D., Subramanian, B., & Yan, S. (2008). Phytoprocesses. In *Natural Processes and Systems for Hazardous Waste Treatment* (pp. 161-188).
- Bui, T. K. A. (2016). Phytoremediation potential of *Pteris vittata* L. and *Eleusine indica* L. through field study and greenhouse experiments. *Journal of Vietnamese Environment*, 8(3), 156-160. <https://doi.org/10.13141/jve.vol8.no3.pp156-160>.
- Chaney, R., Li, Y. M., & Green, C. (1996). *Potential use of metal hyperaccumulators* (No. CONF-960592-). International Business Communications, Southborough, MA (United States).
- Cheung, K. H. (2013). Bioremediation of toxic metals. *Dissertation*. The University of Hong Kong Pokfulam, Hong Kong.
- Clemens, S., Palmgren, M. G., & Krämer, U. (2002). A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. *Trends in Plant Science*, 7(7), 309-315. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(02\)02295-1](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(02)02295-1).
- Garba, S. T., Kolo, B. G., Samali, A., & Nkafamina, I. I. (2013). Phytoremediation: enhanced phytoextraction ability of *E. indica* at different level of applied EDTA. *International Journal of Science and Nature*, 4(1), 72-78.
- Garba, S. T., Osemeahon, A. S., Maina, H. M., & Barminas, J. T. (2012). Ethylenediaminetetraacetate (EDTA)-assisted phytoremediation of heavy metal contaminated soil by *Eleusine indica* L. Gearth. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 4(5), 103-109. <https://doi.org/10.5897/JECE11.078>.
- Ghosh, M., Paul, J., Jana, A., De, A., & Mukherjee, A. (2015). Use of the grass, *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash for detoxification and phytoremediation of soils contaminated with fly ash from thermal power plants. *Ecological Engineering*, 74, 258-265. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.10.011>.
- Hamzah, A., Hapsari, R. I., & Priyadarshini, R. (2017). The potential of wild vegetation species of *Eleusine indica* L., and *Sonchus arvensis* L. for phytoremediation of Cd-contaminated soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 4(3), 797. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2017.043.797>.

- Hamzah, A., Hapsari, R. I., & Wisnubroto, E. I. (2016). Phytoremediation of cadmium-contaminated agricultural land using indigenous plants. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 2(1), 8-14.
- Hamzah, A., Priyadarshini, R., & Astuti. (2018). Potensi tanaman *Eleusine indica* L. sebagai agen fitoremediasi lahan pertanian yang tercemar kadmium (Cd). In *Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, 1(1), 427-436.
- Hardyanti, N., & Rahayu, S. S. (2007). Fitoremediasi fosfat dengan pemanfaatan enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) (studi kasus pada limbah cair industri kecil laundry). *Jurnal Presipitasi*, 2(1), 28-33.
- Juhaeti, T., Syarif, F., & Hidayati, N. (2005). Inventarisasi tumbuhan potensial untuk fitoremediasi lahan dan air terdegradasi penambangan emas. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 6(1), 31-33. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d060106>.
- Kaya, G., Ozcan, C., & Yaman, M. (2010). Flame atomic absorption spectrometric determination of Pb, Cd, and Cu in *Pinus nigra* L. and *Eriobotrya japonica* leaves used as biomonitors in environmental pollution. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84(2), 191-196. <https://doi.org/10.1007/s00128-009-9865-7>.
- Kelly, E. B. (1997). Ground water pollution: *phytoremediation*. Download [http://www.cee.vt.edu/program\\_areas/enviromental/teach/gwprimer/phyto/phyto/html](http://www.cee.vt.edu/program_areas/enviromental/teach/gwprimer/phyto/phyto/html).
- Kilkoda, A. K., Nurmala, T., & Widayat, D. (2015). Pengaruh keberadaan gulma (*Ageratum conyzoides* dan *Boreria alata*) terhadap pertumbuhan dan hasil tiga ukuran varietas kedelai (*Glycine max* L. Merr) pada percobaan pot bertingkat. *Kultivasi*, 14(2), 1-9. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v14i2.12072>.
- Lin, Y. F., & Aarts, M. G. (2012). The molecular mechanism of zinc and cadmium stress response in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 69(19), 3187-3206. <https://doi.org/10.1007/s00018-012-1089-z>.
- Lum, A. F., Ngwa, E. S. A., Chikoye, D., & Suh, C. E. (2014). Phytoremediation potential of weeds in heavy metal contaminated soils of the Bassa Industrial Zone of Douala, Cameroon. *International Journal of Phytoremediation*, 16(3), 302-319. <https://doi.org/10.1080/15226514.2013.773282>.
- Luo, Z. B., He, J., Polle, A., & Rennenberg, H. (2016). Heavy metal accumulation and signal transduction in herbaceous and woody plants: paving the way for enhancing phytoremediation efficiency. *Biotechnology Advances*, 34(6), 1131-1148. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.07.003>.
- Madkar, O. R., Kuntohartono, T., & Mangoensoekardjo, S. (1986). Masalah gulma dan cara pengendalian. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia, 132.
- Nascimento, C. W. A. D., & Xing, B. (2006). Phytoextraction: a review on enhanced metal availability and plant accumulation. *Scientia Agricola*, 63(3), 299-311. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000300014>.
- Nopriani, L. S. (2011). Teknik uji cepat untuk identifikasi pencemaran logam berat tanah di lahan apel batu. *Disertasi*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Padmavathiamma, P. K., & Li, L. Y. (2007). Phytoremediation technology: hyper-accumulation metals in plants. *Water, Air, and Soil Pollution*, 184(1-4), 105-126. <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9401-5>.



- Salt, D. E. (2000). Phytoextraction: present applications and future promise. Didalam: Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Contaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 729-743.
- Salt, D. E., Smith, R. D., & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 49(1), 643-668. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.643>.
- Siahaan, B. C., Utami, S. R., & Handayanto, E. (2014). Fitoremediasi tanah tercemar merkuri menggunakan *Lindernia crustacea*, *Digitaria radicosaa*, dan *Cyperus rotundus* serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 1(2), 35-51.
- Tampubolon, K., Purba, E., Basyuni, M., & Hanafiah, D. S. (2019). Glyphosate resistance of *Eleusine indica* populations from North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(7), 1910-1916. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200717>.
- Tosepu, R. (2012). Laju penurunan logam berat plumbum (Pb) dan cadmium (Cd) oleh *Eichornia crassipes* dan *Cyperus papyrus*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 19(1), 37-45. <https://doi.org/10.22146/jml.18450>.
- Triastuti, Y. (2010). Fitoremediasi tanah tercemar merkuri (Hg<sup>2+</sup>) menggunakan tanaman akar wangi (*Vetiver zizanioides*) pada lahan eks-TPA Keputih, Surabaya. *Skripsi*. Institut Teknologi Surabaya
- Tsao, D. T. (2003). Phytoremediation. *Advance in biochemical engineering biotechnology*. vol. 78. Berlin Heidelberg: Springer.
- Zhang, X., Gao, B., & Xia, H. (2014). Effect of cadmium on growth, photosynthesis, mineral nutrition and metal accumulation of bana grass and vetiver grass. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 106, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.04.025>.