

POTENSI TANAMAN *Eleusine indica* L. SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI LAHAN PERTANIAN YANG TERCEMAR KADMIUM (Cd)

Amir Hamzah¹⁾, Rosyda Priyadarshini²⁾ dan Astuti¹⁾

¹⁾ Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Malang
Email: ahz.tabalema@gmail.com

²⁾ Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi tanaman lulan (*Eleusine indica* L.) sebagai agen fitoremediasi Cd. Penelitian dilaksanakan di Desa Sumber Brantas Kota Batu. Sebelum penanaman tanaman remediator, tanah terlebih dulu dianalisis untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah dan kandungan logam berat Cd. Analisis kimia tanah meliputi: pH (H₂O), C-organik (Walkley dan Black), N-total (Kjeldahl), (Walkey & Black), N (Kjedahl), P total (olsen), K total, KTK (Amonium Acetat pH 7,0). Logam berat yang dianalisa adalah Cd dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*). Percobaan menggunakan lulan. Pengamatan pertumbuhan tanaman dilakukan setiap minggu sampai tanaman berumur tiga bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian memiliki tingkat kesuburan yang rendah, yaitu N (0,11 %), P (0,64 mgkg⁻¹) dan K (0,09 me/100g). Cemar logam berat Cd yang terdeteksi sebesar 2,39 mg kg⁻¹. Lulan yang ditanam sebagai agen fitoremediasi mampu tumbuh baik pada tanah yang tercemar Cd. Hasil analisis jaringan tanaman menunjukkan bahwa akumulasi Cd tertinggi terdapat pada akar, dibandingkan pada bagian atas tanaman. Lulan mengakumulasi Cd serta mampu mereduksi Cd di tanah sebesar 57,11%.

Kata kunci: Remediasi, logam berat Cd, *Eleusine indica*, lulan

Abstract

The aim of this study was to determine the potential of lulan plant (Eleusine indica L.) as a phytoremediation agent of Cd. This research was carried out in Sumber Brantas village, Batu City. Before planting, the soil is first analyzed to determine the level of soil fertility and heavy metal content of Cd. Soil chemical analysis includes: pH (H₂O), C-organic (Walkley and Black), N-total (Kjeldahl), N (Kjedahl), P total, K total, CEC. The heavy metal element, i.e Cd, was analyzed using AAS (Atomic Absorption Spectrometry). This experiment uses wild plants: lulan. Plant growth was observed every week for three months. After harvesting, the roots, stems, and leaves are collected separately, then analyzed the Cd content. Then, the data were analyzed descriptively to see the plant growth and their capability in uptake of heavy metals. The results showed that the soil at the study site had a low fertility rate which were N (0.11%), P (0.64 mgkg⁻¹) and K (0.09 me/100g). Heavy metal contamination by Cd was around 2.39 mg kg⁻¹. The lulan plants which is planted as phytoremediation agents are able to grow well on soil contaminated with Cd. Plant tissue analysis showed that the highest Cd accumulation was found in the roots, compared to the upper part of the plant. Lulan can absorb and accumulates Cd on their plant parts, and reduces the soil Cd content about 57.11%.

Keywords: Phytoremediation, *Eleusine indica*, Cd heavy metals

PENDAHULUAN

Intensitas penggunaan lahan dalam jangka waktu panjang berdampak pada produktivitas tanah dan tanaman. Di beberapa sentra produksi hortikultura di Jawa dilaporkan telah tercemar. Sumber pencemarannya dipicu oleh penggunaan bahan agrokimia (pupuk dan pestisida) yang tinggi. Tahun 2002 luas lahan pertanian intensif di Jawa dilaporkan telah tercemar Pb, Cd, Cu, dan Zn cukup tinggi. Di wilayah Brebes dan Tegal, kandungan Pb di tanah telah melewati nilai ambang batas (12,75 mg kg⁻¹). Hamzah *et al.*, (2016), kandungan Cd yang terdeteksi di Kota Batu sebesar 2,26 mg kg⁻¹.

Pencemaran logam berat Cd menimbulkan tekanan pada ekosistem terutama tanah dan kesehatan manusia. Logam berat dihasilkan melalui kegiatan antropogenik terutama Cd, serta beberapa logam berat lain dianggap paling berbahaya bagi kesehatan manusia jika terakumulasi di tanah. Saat ini para ahli lingkungan telah memberikan prioritas utama untuk mengurangi bioavailabilitas logam beracun di lahan pertanian untuk memastikan ketahanan dan kesehatan pangan (Bian *et al.*, 2014). Akumulasi Cd, Pb, dan Hg pada produk pertanian telah menimbulkan kekhawatiran. Di beberapa negara Asia seperti Cina, Jepang, Korea, Thailand dan, termasuk Indonesia telah mengalami kekuatiran yang sama. Sebagian besar produk yang terkontaminasi merupakan komoditas unggulan yang dikonsumsi. Kadar Pb di Cina bagian selatan yang terdeteksi di dalam beras dilaporkan telah melewati nilai ambang batas yaitu di atas 0,2 mg kg⁻¹ (Bian *et al.*, 2014). Kandungan Pb di dalam tanah yang terdeteksi di Brebes dan Tegal telah melewati ambang batas (> 2 mg kg⁻¹). Sentra produksi bawang merah di Nganjuk Jawa Timur juga dilaporkan telah terindikasi tercemar. Khusus untuk kandungan Cd yang terdeteksi di sentra hortikultura di Batu juga dilaporkan cukup tinggi yaitu 2,26 mg kg⁻¹ (Hamzah, *et al.*, 2016).

Logam berat seperti Pb, Hg, dan Cd tidak bisa terdegradasi dengan sendirinya. Teknologi yang mampu menurunkan kadar logam berat termasuk Cd di dalam tanah adalah tanaman. Di dunia ada sekitar 400 jenis tanaman yang berpotensi sebagai tanaman akumulator. Hasil identifikasi Hamzah, *et al.* (2016), khususnya di kota Batu diperoleh kurang lebih 24 jenis yang dominan tumbuh. Salah satu yang memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi adalah *Eleusina indica* L. Salah satu indikator tanaman yang memiliki potensi sebagai tanaman remediator adalah memiliki system perakaran yang masif. Teknologi fitoremediasi merupakan

teknologi pembersihan tanah dan air yang paling murah dibandingkan dengan teknologi lain (McMohan, 2000; Moosavi and Mohamd, 2013). Teknologi fitoremediasi dianggap teknologi yang paling murah, dan mampu mereduksi kontaminan dalam jumlah besar (Kimenyu, *et al*, 2009; Hamzah, *et al*, 2012; Sabeen *et al*, 2013). Keuntungan lain dari teknologi remediasi yang menggunakan tanaman adalah adalah kemampuan rizosfer untuk mencegah pelepasan polutan (Aremu, *et al*, 2013). Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan *Eleusine indica* meremediasi lahan pertanian yang tercemar Cd.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Bumiaji Kota Batu dalam dua tahap. Tahap pertama, pengambilan sampel tanah dan analisis logam berat. Sampel tanah diambil pada kedalaman 10-20 cm selanjutnya komposit. Tanah yang telah diambil dianalisis kandungan hara dan cemaran logam berat. Analisis kimia tanah meliputi: pH (H₂O), C-organik (Walkley dan Black), N-total (Kjeldahl), P total (olsen), K total, KTK (Amonium Acetat pH 7,0). Logam berat yang dianalisa adalah Cd dengan menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrometry). Tahap kedua dilakukan penanaman tanaman *E. indica* L., pada petak percobaan yang telah disiapkan selama 4 bulan.

Pengamatan tanaman dilakukan setiap minggu sampai tanaman berumur empat bulan. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan tanaman dan konsentrasi Cd di akar, batang dan daun. Setelah tanaman dipanen, akar, batang, dan daun dikumpulkan secara terpisah. Sampel tanaman kemudian dicuci dengan air suling untuk menghilangkan tanah dan dioven pada suhu 60 °C selama 72 jam. Sampel tanaman kering kemudian dianalisis Cd untuk mengetahui kandungan logam berat dengan menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Konsentrasi Cd total dalam sampel tanah dan tanaman dianalisis sesuai dengan metode yang dikembangkan oleh AOAC (1990).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tanah dan Logam Berat

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian memiliki kesuburan yang rendah. Sedangkan kandungan total pH 6,22, C-organik (1,73%), N- (0,13%), P (0,64 mg kg⁻¹), K (0,03 mg/100g) dan KTK (6,00 mg/100g). Sedangkan

logam berat Cd yang dianalisis tergolong tinggi yaitu $2,39 \text{ mg kg}^{-1}$. Dilihat dari kondisi geografis, kedua hal ini dimungkinkan terjadi. Kondisi topografi yang berbukit mengakibatkan pencucian tinggi terutama pada musim hujan. Di sisi lain daerah yang merupakan sentra hortikultura dimungkinkan panen yang dilakukan setiap saat sehingga semakin banyak hara yang hilang melalui panen. Faktor lain yang turut mempengaruhi kehilangan hara adalah erosi karena lahan yang digunakan agak berbukit sehingga mudah terjadi kehilangan hara. Fuady *et al.*, (2014), Erosi membawa lapisan tanah permukaan yang umumnya lebih subur, kaya bahan organik dan unsur hara sehingga menyebabkan hilangnya unsur hara bagi tanaman.

Hal sebaliknya terjadi pada tingginya kandungan logam berat Cd di tanah yaitu sebesar $2,39 \text{ mg kg}^{-1}$. Tingginya kandungan logam berat di dalam tanah bersumber dari residu pupuk dan pestisida. Tingginya penggunaan pupuk terutama fosfat di lokasi penelitian berkontribusi besar terhadap pencemaran Cd. Tresnawati, *et al.*, (2014), tanaman yang sering dipupuk dengan fosfat (SP-36 dan NPK) dalam jangka waktu lama dapat memicu akumulasi Cd di dalam tanah. Hasil pengukuran kandungan logam berat Cd yang pernah dilakukan mencapai $4,22 \text{ mg kg}^{-1}$, yang berarti telah melebihi ambang batas. Nilai ambang batas Cd dalam tanah di bawah 2 mg kg^{-1} (Abdurachman, 2003), sedangkan menurut Alloway (1995) batas kritis Cd dalam tanah sebesar 3 mg kg^{-1} .

Jumlah normal Cd di tanah harus di bawah 1 mg kg^{-1} (Nopriani, 2011). Selain fosfat, penggunaan pestisida terutama fungisida juga dapat meningkatkan logam Cd di tanah. Lahuddin (2007), pestisida yang digunakan rata-rata mengandung $0,018 \text{ ppm}$ logam Cd, batuan fosforit dapat mengandung $0-500 \text{ mg kg}^{-1}$ Cd. Hal ini menguatkan dugaan bahwa pencemaran logam berat Cd pada sentra hortikultura berasal dari pupuk dan pestisida. Akumulasi Cd di tanah tinggi akan memasuki rantai makanan yang selanjutnya sampai pada konsumen tingkat tinggi yaitu manusia dan hewan. Cd sangat berbahaya untuk kesehatan manusia karena pengaruh racun akut dan sangat buruk untuk kesehatan. Kadmium akan mengalami transformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup, seperti tumbuhan, hewan dan manusia. Jika Cd yang masuk tersebut melebihi ambang batas akan mengalami kematian dan bahkan kemusnahan (Nowrouzi, *et al.*, 2012).

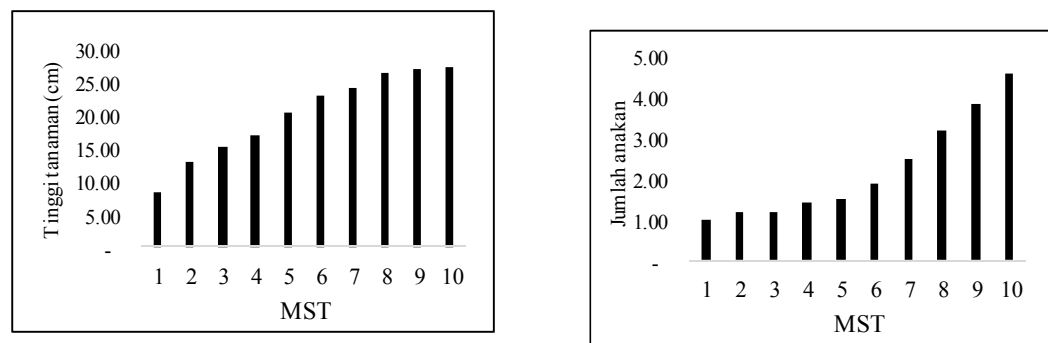
Logam berat Cd lebih mudah diserap oleh tanaman dibandingkan dengan logam berat lain seperti timbal. Kandungan logam berat Cd di tanah yang pernah

dilaporkan di wilayah Sargodha Pakistan juga telah mencapai $6,74 \text{ mg kg}^{-1}$ (Muhammad, 2011). Logam berat ini bergabung bersama timbal dan merkuri sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tinggi pada kesehatan manusia (Widaningrum, *et al.*, 2007).

Lokasi tempat penelitian merupakan sentra produksi hortikultura terutama sayuran dengan intensitas pemupukan tinggi. Tingginya penggunaan pupuk terutama fosfat berkontribusi besar terhadap pencemaran Cd. Tresnawati, *et al.* (2014), tanaman yang sering dipupuk dengan fosfat (SP-36 dan NPK) dalam jangka waktu lama dapat memicu akumulasi Cd di dalam tanah. Hasil pengukuran kandungan logam berat Cd yang pernah dilakukan mencapai $4,22 \text{ mg kg}^{-1}$, yang berarti telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Nilai ambang batas Cd dalam tanah di bawah 2 mg kg^{-1} (Abdurachman, 2003), sedangkan menurut Alloway (1995) batas kritis Cd dalam tanah sebesar 3 mg kg^{-1} .

Pertumbuhan Tanaman Remediator

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *E. indica* L., yang ditanam pada tanah tercemar Cd menunjukkan performa pertumbuhan yang baik (Gambar 1).



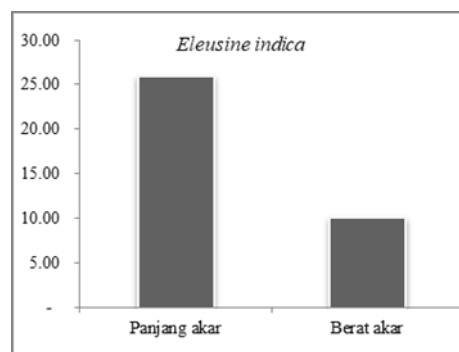
Gambar 1. Pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah anakan

Dari performa pertumbuhan ini menunjukkan bahwa tanaman *E. indica* L., dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang tercemar Cd. Performa ini terlihat dari pertambahan tinggi tanaman dan jumlah anakan yang selalu meningkat seiring dengan periode waktu tanam. *E. indica* L, merupakan salah satu jenis tumbuhan liar yang memiliki daya adaptasi tinggi. Hal ini terlihat dari kemampuan adaptasinya pada tanah yang tercemar, dan tidak menunjukkan gejala keracunan.

Pertumbuhan tanaman dicerminkan adanya pertambahan biomassa tanaman termasuk panjang akar dan berat tajuk. Panjang akar yang terukur pada

penelitian ini 25-60 cm, dengan berat sekitar 13 g/tanaman. Panjang akar yang sampai mencapai 60 cm dimungkinkan mampu menyerap logam berat yang tercuci sampai pada kedalaman > 50 cm. Konsentrasi logam berat Cd di dalam tanah tinggi dan telah melebihi ambang batas umumnya akan menghambat pertumbuhan tanaman. Namun pada penelitian ini tanaman yang ditanam mampu tumbuh dengan baik. Hal ini mengindikasikan tanaman *E. indica* L, dapat dijadikan sebagai tanaman remediator logam berat Cd. Tumbuhan yang digolongkan sebagai tumbuhan akumulator mengembangkan beberapa mekanisme efektif untuk toleran terhadap kadar logam yang tinggi dalam tanah.

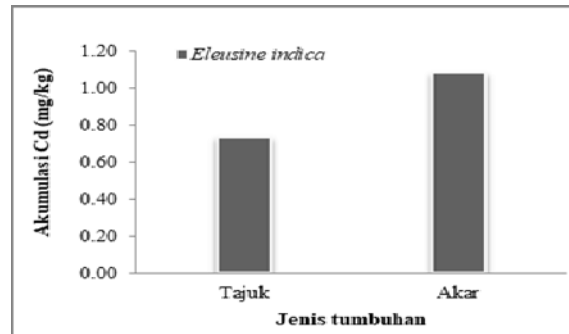
Hal ini karena morfologi *E. indica* sebagai golongan graminea mampu memproduksi akar untuk adaptasi dan pertumbuhan. Kemampuan adaptasi akan mempengaruhi daya serap logam berat dalam tanah. Logam berat yang diserap dalam selanjutnya ditranslokasikan ke akar, batang dan daun. Secara umum teknologi fitoremediasi dikatakan berhasil jika dipengaruhi oleh dua faktor. Faktor pertama, tanaman harus menghasilkan biomassa dan menyerap logam berat tinggi. Faktor kedua, responsive terhadap akumulasi logam berat pada jaringan tanaman (Alberto dan Sigua, 2013). Biomassa tinggi akan menurunkan konsentrasi logam dalam jaringan tanaman. Tanaman yang memiliki kapasitas genetik baik akan mampu tumbuh dan mengakumulasi logam berat. Pada percobaan ini, dilihat dari performa pertumbuhannya, *Eleusine indica* dapat dikatakan memiliki kemampuan untuk dijadikan sebagai tanaman remediator. Hal ini ditunjukkan dari kemampuan toleran pada tanah yang tercemar. Kemampuan toleran tinggi akan mempengaruhi kemampuan dalam menyerap logam berat termasuk Cd.



Gambar 2. Panjang akar dan berat akar tanaman remediator

Akumulasi dan Reduksi Logam Berat Cd

Hasil analisis Cd pada tajuk dan akar tanaman *E. indica* L. setelah panen disajikan pada Gambar 3. Kadar Cd yang diperoleh pada tajuk sebesar 0,6 mg kg⁻¹, sedangkan pada akar sebesar 11,9 mg kg⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan *E. indica* merupakan tumbuhan yang memiliki kemampuan toleransi hidup tinggi sehingga mampu mengakumulasi logam berat Cd lebih tinggi.



Gambar 4. Akumulasi Cd pada tajuk dan akar

Tumbuhan yang mengakumulasi logam berat tinggi termasuk Cd dikategorikan sebagai tanaman fitoremediasi. Gabbrielli, *et al.*, (1991), sistem translokasi unsur dari akar ke tajuk dapat dilihat dari rasio konsentrasi logam berat di tajuk dan akar harus lebih dari satu. Namun pada penelitian ini rasio tajuk akar pada lebih kecil dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa *E. indica* L., yang ditanam bukan merupakan tumbuhan hiperakumulator tetapi dikategorikan sebagai akumulator. Perbedaan rasio tajuk akar pada jenis tumbuhan menunjukkan perbedaan mekanisme dalam mentranslokasikan logam berat Cd dari akar ke tajuk. Alloway (1995), faktor pengendali akumulasi Cd di tanaman adalah konsentrasi dan jenis logam berat yang larut di dalam tanah. Selain itu, pergerakan logam dari tanah ke permukaan akar, transport logam dari permukaan akar ke dalam akar, serta translokasinya dari akar ke tajuk tanaman.

Tumbuhan akumulator tidak mencegah logam masuk ke akar, tetapi mengembangkan mekanisme spesifik untuk melakukan detoksifikasi logam berat yang berkadar tinggi di tanah dengan mengakumulasikannya ke dalam sel. Mekanisme ini memungkinkan terjadinya bioakumulasi logam dalam konsentrasi tinggi. Akumulasi yang tinggi pada jenis tumbuhan ini mencerminkan tingginya konsentrasi logam dalam rizosfer. Akar tumbuhan memiliki daya selektivitas yang tinggi terhadap unsur logam berat. Penyerapan logam berat Cd oleh akar ditentukan oleh permeabilitas, transpirasi dan tekanan akar serta kehadiran dari sistem

pemacu penyerap logam (enhanced metal uptake system). Peningkatan kadar Cd yang terjadi diduga akibat adanya eksudat akar yang menyebabkan terlepasnya Cd yang diikat tanah. Eksudat akar yang keluar dapat menyebabkan ion-ion Cd yang masih terikat di dalam tanah akan menjadi mobil sehingga kadar Cd dalam tanah meningkat.

Pada penelitian ini terlihat bahwa *E. indica* L. lebih banyak mengakumulasi Cd di akar jika dibandingkan dengan bagian atas tanaman (tajuk). *Eleusine indica* selain memiliki sistem perakaran yang massif juga memiliki kemampuan untuk fitoekstraksi. Dalam proses fitoekstraksi, logam berat yang terdapat di tanah selanjutnya diserap akar dan ditranslokasikan ke bagian atas tanaman seperti tajuk. Tingginya kandungan logam berat Cd pada penelitian ini perlu dicermati, karena Cd, Ni dan Zn merupakan logam berat yang diadsorpsi paling akhir, sehingga Cd lebih mudah tersedia bagi tanaman dibandingkan dengan logam berat lain, seperti Cu, Pb dan Cr (Gomes, *et al.*, 2001). Kemampuan adaptasi dan akumulasi logam berat Cd pada penelitian ini menjadikan sebagai salah satu pilihan sebagai agen fitoremediasi. Kemampuan ini ditunjukkan dari kemampuan reduksi logam berat Cd sampai mencapai 57,11 % karena memiliki sistem perakaran yang massif. Alberto dan Sigua (2013), tumbuhan yang memiliki sistem perakaran massif mampu mereduksi logam berat dalam jumlah yang tinggi.

KESIMPULAN

Logam berat Cd yang terdeteksi telah melewati nilai ambang batas yaitu sebesar 2,39 mg kg⁻¹. Tanaman *Eleusine indica* L. yang ditanam sebagai agen fitoremediasi memiliki kemampuan adaptasi tumbuh yang tinggi pada tanah yang tercemar Cd. Akumulasi logam berat Cd lebih banyak terserap di akar dibandingkan di tajuk tanaman, serta memiliki kemampuan mereduksi logam berat sampai 57,11%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi. Penelitian ini didanai dari skema Penelitian Strategi Nasional (PSN) tahun 2018 serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Tribhuwana Tunggaladewi yang memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman. A. (2003). *Degradasi Tanah Pertanian Indonesia Tanggung Jawab Siapa*. Puslitbangtanak. <http://litbang.deptan.go.id>. diakses tgl 28 Maret 2014.
- Alberto, A.M.P., dan Sigua, G.C. (2013). *Phytoremediation: A Green Technology to Remove Environmental Pollutants*. *American Journal of Climate Change*, 2, 71- 86. <http://www.scirp.org/journal/ajcc>.
- Alloway, B.J. (1995). *Heavy Metal in Soils*. 2nd Edition. New York: Blackie Academic and Professional-Chapman and Hall.
- Aremu, M.O., Abike, F.O., and Oyebamiji, T.E. (2013). Phytoextraction potential of *vetiveria zizanioides* on heavy metals. *European Scientific Journal*, (9), 1857-7881.
- AOAC. (1990). AOAC official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia. 84–85.
- Bian, R., Stephen J., Liqiang C., Genxing P., Lianqing L., Xiaoyu L., Afeng Z., Helen R., Singwei W., Chee C., Chris M., Bin G., Paul M., and Scott D., 2014. *A three-year experiment confirms continuous immobilization of cadmium and lead in contaminated paddy field with biochar amendment*. *Journal of Hazardous Materials*, 272, 121–128. www.elsevier.com/locate/jhazmat
- Fuady, Z., Satriawan, H., dan Mayani, N. (2014). Aliran permukaan, erosi dan hara sedimen akibat tindakan konservasi tanah vegetatif pada kelapa sawit. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Agroklimatologi*, 11(2).
- Gabbrielli, R., Mattioni, C., and Vergnano, O. (1991). Accumulation Mechanism And Heavy Metal Tolerance Of A Nickel Hyperaccumulator. *J Plant Nui*4, 14, 1067-1080.
- Gomes, P.C., Fontes, M.P.F., da Silva, A.G., Mendonca, E. de S., and Netto, A.R. (2001). Selectivity sequences and competitive adsorption of heavy metals by Brazilian Soil. *Soil Sc. Soc. Am. J*, 65, 1115-6842.
- Hamzah, A., Kusuma, Z., Utomo, W.H., and Guritno, B. (2012). Siam weed (*Chromolaena odorata* L.) for phytoremediation of artisanal gold mine tailings. *Journal Tropical of Agriculture*, 50 (1-2), June-December 2012.
- Hamzah, A., Hapsari, H.I., and Winubroto, E.I. (2016). Phytoremediation of Cadmium-contaminated agricultural land using indigenous plants. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*, 2(1), 8-14.
- Kimenyu, P.N., Oyaro, N., Chacha, J.S. and Tsanuo, M.K. (2009). The potential of *Commelina bengalensis*, *Amaranthus hybridus*, *Zea mays* for phytoremediation of heavy metals from contaminated soils. *Journal Sains Malaysiana*, 38(1), 61 – 68.
- Lahuddin. (2007). Aspects of micro elements in soil fertility, Faculty of Agriculture. University of North Sumatra. Medan.
- McMahon, G., Subdibjo, E.R., Aden, J., Bouzaher, A., Dore, G. and Kunanayagam, R. (2000). Mining and the environment in Indonesia: Long-term trends and repercussions of the Asian economic crisis. EASES Discussion Paper Series, 21438 November 2000. the Environment and Social Development Unit (EASES), East Asia and Pacific Region of the World Bank.

- Muhammad, S., Shah, M. T., and Khan, S. (2011). "Heavy metal concentrations in soil and wild plants growing around Pb-Zn sulfide terrain in the Kohistan region, northern Pakistan," *Microchemical Journal*, 99(1), 67-75.
- Moosavi, S.G., dan Mohamd, J.S. (2013). Phytoremediation: A review. *Journal Advance in Agriculture and Biology*, 1 (1), 5-11.
- Nopriani, L.S. (2011). Quick test technique to identify soil heavy metals contamination in apple land in Batu. Faculty of Agriculture. Brawijaya University. Malang. Indonesia.
- Nowrouzi, N., Nabizadeh S., Mansouri B., Pourkhabbaz A. (2012). Analysis of heavy metals concentration in water and sediment in the Hara biosphere reserve. *Journal Toxicology and Industrial Health*, 30(1).
- Sabeen, M., Qaisar, M., Muhammad, I., Iftikhar, F., Afsar, K., Farid, U., Jamshaid, H., Yousaf, H., and Sobia, T. (2013). *Cadmium Phytoremediation by Arundo donax L. from Contaminated Soil and Water*. BioMed Research International, Volume 2013 (2013), Article ID 324830, 9 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/324830>
- Tresnawati, A., Kusdianti, R. dan Solihat, R. (2014). Chlorophyll content and biomass of plant potato (*solanum tuberosum* l) in accumulates of heavy metal cd soil. *Formica Online*, 1 (1).
- Waseem, A., Jahanzaib, A., Farhat I., Ashif S., Zahid M., and Ghulam M. (2014). Pollution Status of Pakistan: *A Retrospective Review on Heavy Metal Contamination of Water, Soil, and Vegetables*. BioMed Research International Volume 2014 (2014), Article ID 813206, 29 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/813206>.
- Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. (2007). Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran Dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Jurnal Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, Vol. 3 2007.