

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan pengujian potensi tanaman biduri (*Calotropis gigantea* Willd) sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat kadmium (Cd), maka dapat disimpulkan hasil penelitian sebagai berikut:

1. Tanaman biduri memiliki potensi sebagai fitoremediator tanah tercemar logam berat kadmium (Cd) dengan mekanisme *phytoextraction* yang ditunjukkan dengan nilai faktor transfer > 1 , meskipun pada konsentrasi yang rendah.
2. Pertumbuhan tanaman biduri tidak terhambat oleh adanya logam berat kadmium (Cd) karena tanaman biduri memiliki sifat toleran tanaman terhadap logam berat pada konsentrasi tertentu.

B. Saran

1. Perlu dilakukan uji pendahuluan untuk mendapatkan medium tanam yang sesuai untuk pertumbuhan biduri.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui akumulasi logam berat Cd pada masing-masing organ tanaman biduri.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed M. K. K., Rana A. C., Dixit V. K. 2005. *Calotropis* Species (Asclepiadaceae) - A Compherensif Review. *Pharmacognosy Magazine*. 148-227.
- Alkorta I., Hernandez-Allica J., Becerril J. M., Amezaga I., Albizu I., Garbisu C. 2004. Recent Findings on The Phytoremediation of Soils Contaminated with Environmentally Toxic Heavy Metals and Metalloids Such as Zinc, Cadmium, Lead, and Arsenic. *Environmental Science and Biotechnology*. (3) 1: 71- 90
- Alloway B. J., dan Ayres D. C. 1997. *Chemical Principles of Environmental Pollution, 2nd Edition: Blackie Academic and Professional*. Penerbit Chapman & Hall, London.
- American Geological Institute.1976. *Dictionary Of Geological Term Resived Edition*. Penerbit Anchor Books, New York.
- Anderson C.W. N., Brooks R. R., Chiaricci A., LaCosta C. L., LeBlance M., Robinson B. H., Simcock R., dan Stewart R. B. 1999. Phytomining for Nickel, Thallium, Gold. *Journal of Geochemical Exploration*. 67; 407–415.
- Asmiri. 2010. *Penyerapan Merkuri dalam Limbah Simulasi Menggunakan Zeolit Klinoptilolit*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Brachia M. F. 2009. *Agroekosistem Tanah Mineral Masam*. Penerbit UGM Press, Yogyakarta.
- Basset J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Penerbit EGC, Jakarta.
- Bryan G. W. 1976. Heavy Metal Contaminations in the Sea. *Marine Pollutian*. Penerbit Academic, London. 387-390.
- Cahaya I. 2012. *Studi Pelepasan Kadmium (Cd) dan Nikel (Ni) pada Sedimen secara Metode Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) dan Uji Sifat Bioakumulasinya melalui Simulasi pada Cyprinus carpio*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

- Chaney R. L., Brown S. L., dan Angle J. S. 1998. Soil-Root interface: Food Chain Contamination and Ecosystem Health. Huang M, *et al* (ed). Madison WI: *Soil Science Society American*. 39-11.
- Chen H., Cutright T. J. 2002. The Interactive Effects of Chelator, Fertilizer, and Rhizobacteria for Enhancing Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soil. *Journal of Soils and Sediments*. 4 (2): 203-210.
- Chobchuenchum W., Moungrnoi S., dan Inthorn D. 2004. Preliminary Screening of Some Thai Indigenous Plants for Molluscicidal Activity Againsts *Pomacea canaliculata* (Lamark). *Asian Journal of Microbial Biotech and Enviroment*. 6: 1-6.
- Chojnacka K., Chojnacki A., Gorecka H., Gorecki H. 2005. Bioavailability of Heavy Metals from Polluted Soils to Plants. *Science of The Total environment*. 337: 175-182.
- Clemens S., Palmgren M. G., dan Krämer U. 2002. A Long Way Ahead: Understanding and Engineering Plant Metal Accumulation. *Trends Plant Science*. 7: 309-315.
- Collins C. D. 1999. Strategies for Minimizing Environmental Contaminants. *Trends Plant Science*. 4: 45.
- Darmono. 1995. *Logam dalam sistem mahluk hidup*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Das A. K., Cohen P. W., dan Barford D. 1998. The Structure of The Tetratricopeptide Repeats of Protein Phosphatase 5: Implications for TPR-Mediated Protein-Protein Interactions. *EMBO Journal*. 17 (5): 1192-1199.
- Deng H., Ye Z. H., Wong M. H. 2006. Lead and Zinc Accumulation and Tolerance in Populations of Six Wetland Plants. *Environmental Pollution*. 141: 69-80.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2013. Tanaman Biduri dan Gandarusa. <http://ditjenbun.deptan.go.id/tanregar/berita-214-tanaman-biduri-gandarusa.html>. 6 Februari 2014.
- Ellya, K. 2009. Adsorpsi Logam Berat. *Oceana*. 34 (4): 1-7.
- Fischerova Z., Tlustos P., Szakova J., Sichorova K. 2006. A Comparison of Phytoremediation Capability of Selected Plant Species for Given Trace Elements. *Environmental Pollution*. 144: 93-100.

- Fisher T. R., Peele E. R., Ammerman J. W., dan Harding L. W Jr. 1992. Nutrient Limitation of Phytoplankton in Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*. 82: 51-63.
- Fontes R.L.F., dan Cox F.R. 1995. Effects of Sulfur Supply on Soybean Plants Exposed To Zinc Toxicity. *Journal of Plant Nutrition*. 18: 1893-1906.
- Gallego S. M., Benavides M. P., dan Tomaro M. L. 2005. Cadmium Toxicity in Plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 17(1): 21-34.
- Garate A., Ramos I., Manzanares M., dan Lucena J. J. 1993. Cadmium Uptake and Distribution in Three Cultivars of *Latuca spp.* *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 50: 209-216.
- Gasperz, V. 1994. *Metode Perancangan Percobaan*. Penerbit Armico, Jakarta.
- Gosh M., S. dan Singh P. 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metal and Utilization of Its By Product. *Applied Ecology and Environmental Research*. 3 (2) : 1-18.
- Guerinot M. L., dan Salt D. E. 2001. Fortified Foods and Phytoremediation: Two Sides of The Same Coin. *Plant Physiol*. 125: 164-167.
- Gupta D. K., Tohoyama H., Joho M., Inouhe M. 2004. Changes in The Levels of Phytochelatins and Related Metal-Binding Peptides in Chickpea Seedlings Exposed to Arsenic and Different Heavy Metal Ions. *Journal of Plant Research*. (117) 3: 253-256.
- Guritno dan Sitompul S. M. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Penerbit UGM Press, Yogyakarta.
- Gussarsson. 1994. Cadmium-Induced Alterations in Nutrient Composition and Growth of *Betula pendula*: The Significance of Fine Roots as a Primary Target for Cadmium Toxicity. *Journal of Plant Nutrition*. 17: 2151 – 2163.
- Harborne J.B. 1996. *Metode fitokimia*. Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hernandez P., Dorado G., Laurie D. A., Martin A., dan Snape J. W. 1996. Microsatellites and RFLP Probes from Maize are Efficient Sources of Molecular Markers for The Biomass Energy. *Miscanthus Theoretical and Applied Genetics*. 102: 616-622.

- Hertstein U., dan Jeger H. J. 1986. Tolerances of Different Populations of Three Grass Species to Cadmium and Other Metals. *Enviromental and Experimental Botany*. 26: 309-319.
- Jayashankar M., Anumugasami S., Saraswathy H., Vijayalakshmi K. 2002. *Plants In Pest Control*. Penerbit Chennai: Centre for Indian Knowledge System, India.
- Kabata-Pendias A., dan Pendias H. 1989. *Trace Elements in Soils and Plants*. 3rd Edition. CRC Press. Boca Raton. Halaman 413.
- Kayser M., Roewer L., Hedman M., Henke L., Henke J., Brauer S., Kruger C., Krawczak M., Nagy M., Dobosz T., Szibor R., Knijff P., Stoneking M., dan Sajantila A. 2000. Characteristics and Frequency of Germline Mutations at Microsatellite Loci from the Human Y Chromosome, as Revealed by Direct Observation in Father/Son Pairs. *The American Journal of Human Genetics*. 66: 1580-1588.
- Kholidiyah N. 2010. Respon Biologis Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Solms) sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada Sungai Pembuangan Lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN), Malang.
- Khopkar S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press, Jakarta. Halaman 194-196.
- Kiran Y., dan Sahin A. 2006. The Effect of Cadmium and Seed Germination, Root Development and Mitotic of Root Tip Cells of Lentil (*Lens culinaris* Medik). *World Journal of Agricultural Sciences*. 2 (2): 196-200.
- Knox A. S., Seaman J., Andriano D. C., dan Pierzynski G. 2000. Chemostabilization of Metals in Contaminated Soils. Wise, D. L., Trantolo, D. J., Cichon, E. J., Inyang, H. I., dan Stottmeister, U. 2000. *Bioremediation of Contaminated Soils*. Penerbit Marcell Dekker Inc, New York. Halaman 811-836.
- Kok T. 2013. Fitoremediasi Ion Kadmium dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Akumulasinya dalam Biomassa Kultur Tunas *Musa paradisiaca*. *Seminar Nasional Sains & Teknologi V*, Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Kongkow. 2007. Daftar Tanaman Obat. <http://.info/index.php.htm>. 3 Maret 2014.

- Kozlowski T. T., Kramer P. J., dan Pallardy S. G. 1991. *The Physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press Inc, London.
- Kramer W., Fartmann B., Ringbeck E. C. 1996. Transcription of mutS and mutL-Homologous Genes in *Saccharomyces cerevisiae* during The Cell Cycle. *Molecular Genetics and Genomic*. 252 (3): 275-83.
- Krolak E. 2003. Dandelion as A Heavy Metal Bioindicator in Eastern Poland. *Ekologija*. 2: 33-37.
- Kumar P.B.A. N., Dushenkov V., Motto H., dan Raskin I. 1995. Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Soils. *Environment Science Technology* 29: 1232-1238.
- Lahudin. 2007. Aspek Unsur Mikro dalam Kesuburan Tanah. *Disampaikan pada Pidato Pengukuhan Guru Besar Universitas Sumatera Utara*, Medan.
- Lamensdorf I., Nechustan A., Smith C. L. 1991. Bax and Bak Coalesce Into Novel Mitochondria Associated Clusters during Apoptosis. *Journal Cell Biology*. 153: 1265-1276.
- Lasat M. M., Baker A. J. M., dan Kochian L. V. 1996. Physiological Characterization of Root Zn^{2+} Absorption and Translocation to Shoot in Zn Hyperaccumulator and Non Accumulator Species of *Thlaspi*. *Plant Physiol*. 112: 1715-1722.
- Lasat M. M. 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of Biological Mechanism. *Journal of Environmental Quality*. 31: 109-120.
- Lasut M. T. 2002. Dampak Negatif Limbah Tambang terhadap Kualitas Lingkungan: Suatu Pertimbangan Penting dalam Menentukan Kebijakan Sektor Pertambangan di Sulawesi Utara. *Ekoton Edisi Khusus*. 1: 67-71.
- Lu F. 1995. *Toksikologi Dasar*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Mangkoedihardjo, S. 2010. *Fitoteknologi Terapan*. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Matsumoto S. 2001. Soil Degradation and Desertification in The World, and The Challenge for Vegetative Rehabilitation. *Prosiding Workshop Vegetation Recovery in Degraded Land Areas*. Kalgoorlie, Australia, 27 Oktober – 3 November 2001. Halaman 1-10.
- McGrath S. P., Shen Z. G., dan Zhao F. J. 1997. Heavy Metal Uptake and Chemical Changes in Rhizosphere of *Thlaspi Caerulescens* and

- Thlaspi Ochroleucum Grown in Contaminated Soils. *Plant Soil*. 188: 153-159.
- McGrath S. P., dan Zhao F. J. 2003. Phytoextraction of Metals and Metalloids from Contaminated Soils. *Curr Opin Biotechnology*. Halaman 277-282.
- Mengel K., dan Kirby A. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. 4th ed. Int. potash Inst., Worblaufen-Bern, Switzerland.
- Misra J. V., Pandey V., dan Singh N. 1994. Effect of Some Heavy Metal on Root Growth of Germinating See of *Vicia faba*. *Journal of Environmental Science and Health*. 29 (10): 2229-2234.
- Mohamad E. 2011. *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium(Cd) Pada Tanah Dengan Menggunakan Bayam Duri (Amaranthus spinosus L)*. Penerbit Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.
- Novotny M., dan Sudor J. 1995. *Analytical Chemistry*. 67: 4205-4209.
- Nriagu, J.O. 1979. Global Inventory of Natural and Anthropogenic Emissions of Trace Metals to The Atmosphere. *Nature*. 279: 409-411.
- Ouzounidou G., Moustabas M., dan Eleftheriou E. P. 1997. Physiological and Ultrastructural Effect of Cadmium on wheat (*Tritium aestivum*) Leaves. *Archives of Environmental Contamination and Toccicology*. 32: 1154-1160.
- Palar H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineke Cipta, Jakarta.
- Pivetz B. E. 2001. Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites. *ManTech Environmental Resources Services Corporation*. 1-36.
- Pratiwi H. 2012. Studi Bioavailabilitas Logam Berat (Cd dan Pb) dalam Tanah dan Penyerapannya pada *Brassica juncea* L. (Sawi Hijau) dengan Teknik Diffusive Gradient in Thin Film (DGT). *Skripsi*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Priyanto, B., dan Prayitno, J. 2007. Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran khususnya logam Berat. <http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.htm>. 28 Maret 2015.

- Purwani J. 2013. Remediasi Tanah dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L.). *Balai Penelitian Tanah*.
- Rahardjo M., Rosita S. M. D., Darwati I. 2001. Status Logam Berat Kadmium (Cd) dan Hasil Rimpang Temu Ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) pada Pemupukan Fosfat. *Warta Tumbuhan Obat Indonesia*.
- Rao. 1994. *Mekanisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. UI Press, Jakarta.
- Rismawati S. I. 2012. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Zn Menggunakan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*). *Skripsi-S1*. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Rochman F. 2001. *Service & Maintenance Instrumental Kimia*. Penerbit FMIPA Universitas Airlangga, Surabaya.
- Rusmendo dan Hasmar. 2003. *Seri Diktat Kuliah Ekologi Tumbuhan*. Unas Press, Jakarta.
- Salisbury F. B., Ross C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 3*. Penerbit ITB, Bandung.
- Salt D. E., Blaylock M., Kumar N. P. B. A., Dushenkov V., Ensley D., Chet I., dan Raskin I. 1995. Phytoremediation: A Novel Strategy for The Removal of Toxic Metals from The Environment using Plants. *Biotechnology*. 13: 468-474.
- Salt D. E., Smith R. D., dan Raskin I. 1998. Phytoremediation. *Annual Reviews*. Halaman 501-662, USA.
- Schanoor J. L., dan Mc Cutcheon S. C. 2003. *Phytoremediation Transformation and Control of Contaminants*. Wiley-Interscience Inc, USA.
- Singh S. K. A. A. J., Kumar S., Meshram J., Fan M. 2007. Effect of Amendment on Phytoextraction of Arsenic by *Vetiveria zizanioides* from Soil. *Int. Environmental Science and Technology*. 4(3): 339-344.
- Skoog D.A., West D. M., dan Holler F. J. 1998. *Analytical Chemistry*. Penerbit Saunders College Publishing, Philadelphia.
- Soepardi G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Jurusan Ilmu Tanah Faperta IPB, Bogor.

- Squires V. R. 2001. Soil Pollution and Remediation: Issues, Progress, and Prospects. Dalam: *Prosiding Workshop Vegetation Recovery in Degraded Land Areas*. Kalgoorlie, Australia, 27 Oktober – 3 November 2001. Halaman 11-20.
- Steenis T. 1992. *Flora*. Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sudirja R., dan Supriatna D. 2000. Remediasi Logam Berat Pb, Cd, dan Cr pada Tanah Tercemar Industri Tekstil Menggunakan Bahan Organik dan Belerang dengan Indikator Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* Linn). *SoilRens* vol. 1 No. 1 Halaman 29-36.
- Suhendrayatna. 2001. Heavy Metal Bioremoval by Microorganism: a Literature Study. http://www.istecs.org/publication/japan/010211_suhendrayatna.pdf. 4 Januari 2014.
- Surahmaida, Mangkoedihardjo S., Margareth C., dan Ludang Y. 2008. Sistem Loop Pemulihan Tanah Tercemar Timbal Menggunakan Proses Bioaugmentasi Kompos dan Fitoremediasi Tanaman Jarak Pagar. *Seminar Masyarakat Peneliti Kaju di Universitas Palangka Raya*. Tanggal 8-10 Agustus 2008.
- Susana dan Suswati. 2011. Ketersediaan Cd, Gejala Toksisitas dan Pertumbuhan 3 Spesies Brassicaceae Pada Media Gambut yang Dikontaminasi Kadmium (Cd). *Teknik Perkebunan dan PSDL*. 1(1): 9-16.
- Susilo Y. E. B. 2003. *Menuju Keselarasan Lingkungan*. Penerbit Averroes Press, Malang. Halaman 156.
- Sutanto R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah, Konsep dan Kenyataan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Titi Juhaeti, Hidayati N., Syarif F., Hidayat S. 2009. Uji Potensi Tumbuhan Akumulator Merkuri untuk Fitoremediasi Lingkungan Tercemar Akibat Kegiatan Penambangan Emas Tanpa Izin di Kampung Leuwi Bolang, Desa Bantar Karet, Kecamatan Nanggung, Bogor. *Jurnal Biologi Indonesia*. 6 (1): 1-11.
- Tommy M., dan Palapa. 2009. Bioremediasi Merkuri (Hg) dengan Tumbuhan Air Sebagai Salah Satu Alternatif Penanggulangan Limbah Tambang Emas Rakyat. *Agriteknologi*. 17 (15).
- USDA. 2011. *Germplasm Resources Information Network (GRIN)*. United State Department of Agriculture. Agriculture Research Service. Bellsville Area.

- Widowati W, Sastiono A, dan Jusuf R. 2008. *Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Wilde E. W., Brigmon R. L., Dunn D. L., Heitkamp M. A., Dagnan D. C. 2005. Phytoextraction of Lead from Firing Range Soil by Vetiver Grass. *Chemosphere*. Halaman 1451-1457.
- Wise D. L., Trantolo D. J., Cichon E. J., Inyang H. I., dan Stottmeister U. 2000. *Bioremediation of Contaminated Soils*. Penerbit Marcell Dekker Inc, New York. Halaman 903.
- World Health Organization (WHO). 2008. World Health Organization Avenue Appia. Geneva 27, Switzerland.
- Yang X., Feng Y., Zhenli H., Stoffella P. J. 2005. Molecular Mechanisms of Heavy Metal Hyperaccumulation and Phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. (18) 4: 339-353.
- Zhu Y. L., Pilon-Smits E. A. H., Jouanin L., dan Terry N. 1999. Overexpression of Glutathione Synthetase In Indian Mustard Enhances Cadmium Accumulation And Tolerance. *Plant Physiology*. 119: 73-79.