



TRANSLOKASI MERKURI (HG) PADA DAUN TANAMAN BAYAM DURI (*AMARANTHUS SPINOSUS* L) DARI TANAH TERCEMAR

Muhammad Irsyad^{1*)}, Rismawaty Sikanna²⁾, Musafira³⁾

^{1*)} Jurusan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Tadulako

²⁾ Lab. Kimia Analitik, Fakultas MIPA Universitas Tadulako

³⁾ Lab Kimia Fisik dan Anorganik, Fakultas MIPA Universitas Tadulako

ABSTRACT

Research about mercury translocation (Hg) into the leaf of *Amaranthus Spinousus* L from polluted soil has been carried out. The research aim was to know influences of remediation time on the ability of mercury absorptions, knowing the concentration of mercury distribution in the leaf of *A. spinosus* L and ability of *A. spinosus* L as hyperaccumulator plant to the mercury. Remediation times used 14 days, 21 days and 42 days. The concentration of Mercury on the growth medium were 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, and 100 ppm. The result showed that the time of maximum absorptions were at remediation times of 14 days by mercury accumulation of 70.6901 mg/kg DM (Dry Measure). This value indicated that *A. spinosus* L. is hyperaccumulator to the mercury and it have a potential as phytoremediator on the area that contaminated by mercury.

Keywords : *Phytoremediation, mercury, leaf of Amaranthus spinosus L*

ABSTRAK

Penelitian tentang translokasi merkuri (Hg) pada daun tanaman bayam duri (*Amaranthus spinosus* L) dari tanah tercemar telah dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh waktu remediasi terhadap kemampuan daun bayam duri dalam menyerap merkuri, mengetahui konsentrasi merkuri yang terdistribusi pada daun tanaman bayam duri dan mengetahui kemampuan tanaman bayam duri sebagai tanaman hiperakumulator terhadap merkuri. Waktu remediasi yang digunakan adalah 14 hari, 21 hari dan 42 hari. Konsentrasi media tanam yang digunakan adalah 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, dan 100 ppm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penyerapan maksimum terjadi pada waktu remediasi 14 hari dengan konsentrasi penyerapan sebesar 70,6901 mg/kg BK (Berat Kering). Konsentrasi yang diperoleh tersebut mengindikasikan bahwa tanaman bayam duri merupakan tanaman hiperakumulator terhadap merkuri, dan berpotensi sebagai fitoremediator pada area yang terkontaminasi logam merkuri.

Kata kunci : *Fitoremediasi, merkuri, daun bayam duri*

Corresponding Author : muhammadirsyad_36@yahoo.co.id

I. PENDAHULUAN

Merkuri merupakan logam berat bahan pencemar yang paling berbahaya. Salah satu sumber pencemaran logam merkuri dalam tanah dapat berasal dari proses pelapukan batuan termineralisasi atau akibat penggarangan pada penambangan atau pengolahan emas dalam tahap penggilingan, pencucian maupun penggarangan. Penggilingan menyebabkan merkuri terpecah menjadi butiran halus yang sifatnya sukar dipisahkan, sehingga dapat lepas dari tromol atau gelendung. Pencemaran tersebut terjadi ketika sebagian merkuri yang digunakan sebagai bahan pengikat unsur emas, terbuang bersama air limbah pencucian ke lokasi pembuangan, baik di tanah maupun di air sungai (Juliawan dkk, 2005).

Ketika suatu zat berbahaya atau beracun seperti merkuri telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan akan masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian mengendap (terendapkan) sebagai zat kimia yang beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung pada manusia ketika bersentuhan langsung atau dapat mencemari air tanah dan udara (Anonim, 2010).

Penanganan atau pembersihan logam berat berbahaya dari lingkungan tanah yang tercemar diperlukan suatu metode yang efektif. Banyak metode konvensional yang dapat digunakan misalnya metode pembilasan, diilusi dan stabilisasi kimia. Namun, metode-metode tersebut tidak efisien karena akan menimbulkan masalah baru dengan berjalannya waktu. Oleh karena itu, metode alternatif yang dapat digunakan yaitu tindakan metode remediasi yang mudah, murah dan efisien agar lingkungan tanah yang tercemar logam berat dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan dengan aman. Salah satu metode remediasi yang dapat digunakan adalah fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan bantuan tumbuhan atau tanaman untuk membersihkan lingkungan yang tercemar atau polutan berbahaya (logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun dalam tanah atau air) karena biayanya murah. (Ludang dkk, 2008). Beberapa jenis tanaman tingkat tinggi memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat dalam kisaran yang tinggi sehingga disebut sebagai tanaman yang toleran terhadap logam berat. Lokasi akumulasi logam berat pada tanaman terdistribusi hampir di seluruh bagian tanaman, yaitu akar, daun, dan bunga (Krause dkk dalam Azidi dkk, 2008).

Menurut Mohamad (2011) tanaman bayam duri dapat meremediasi kadmium, namun penelitian tentang remediasi merkuri dalam tanah pernah dilakukan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan penggunaan jenis tanaman bayam duri sebagai fitoremediator merkuri dalam tanah.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan dan Alat

Bahan : Tanah sebagai media penanaman, Bibit Tanaman Bayam Duri (*Amaranthus spinosus* L), HgCl₂, Pupuk (TSP, KCl dan urea), HNO₃ 65%, H₂SO₄ 95%, KMnO₄ 5%, K₂S₂O₈ 5%, NH₂OH.HCl 10%, SnCl₂, H₂SO₄ 10 N, Parfilem, Kertas Saring Whatman No. 42, Larutan baku merkuri 1000 ppm, dan Akuades.

Alat : Pot berdiameter 24 cm, Ayakan tanah, timbangan, Neraca analitik 4 digit (Adventure), Sendok zat, Baskom, Oven, Lemari asam, Freezer, Pipet Volum, Botol BOD Bottle dan beberapa alat gelas yang umum digunakan dalam laboratorium kimia serta seperangkat alat Spektrofotometri Serapan Atom (Type AA-6200) yang dilengkapi *Mercury Vaporizer Unit* (MVU-1A).

2.2. Pembuatan Media Tanam

Menimbang sebanyak 33.845; 67.697; 101.546; dan 135.395 mg HgCl₂/kg

Berat kering tanah dalam media tanam (mg/Kg tanah). Masing – masing media tanam dibuat dengan konsentrasi berturut-turut 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm dan 100 ppm. Garam-garam tersebut dilarutkan dalam 100 ml air dan dikocok hingga larut. Selanjutnya dalam pot-pot perlakuan larutan merkuri ditumpahkkan ke atas permukaan tanah. Setelah tanah tampak kering (\pm 24 jam), tanah sebanyak 2 Kg tersebut diaduk secara merata dan dibiarkan selama 2 minggu hingga menghasilkan tanah yang tercemar merkuri. Setelah proses penghomogenan selesai, tanah-tanah tersebut ditaburi Pupuk (Urea 1 g, TSP 0,5 g dan KCl 0,5 g) dan dibiarkan selama 2 hari sebelum penanaman

2.3. Pembuatan Bibit Tanaman Bayam Duri

Benih tanaman bayam duri direndam terlebih dahulu dengan air selama 4 jam kemudian ditanam dalam wadah pembibitan sedikit dibawah permukaan tanah. Kemudian benih ditutup dengan tanah, selanjutnya disiram setiap hari hingga tumbuh bibit tanaman bayam duri. Bibit tanaman bayam duri siap dipindah ke media tanam (pot).

2.4. Pemanenan dan Pengeringan Daun Tanaman Bayam Duri (*Amaranthus spinosus* L)

Pemanenan dilakukan pada waktu remediasi 14 hari, 21 hari dan 42 hari. Tanaman yang sudah dipanen kemudian di cuci dengan menggunakan air dan dibersihkan kembali dengan akuades hingga bersih. Dipisahkan daun, dari tanaman *Amaranthus spinosus* L, diangin-anginkan, dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 60°C, kemudian didinginkan dalam desikator. Sampel terlebih dahulu di destruksi sebelum melakukan analisis kadar merkuri yang terkandung di dalam daun tanaman tersebut. Analisis kandungan merkuri pada sampel dilakukan dengan menggunakan SSA.

2.5. Analisis Hg pada Daun Tanaman Bayam Duri (*Amaranthus spinosus* L)

Penentuan merkuri dalam sampel dilakukan dengan SSA menggunakan metode *Cold Vapor* secara kurva kalibrasi dengan mengukur absorban dari larutan standar dan larutan sampel hasil destruksi. Sebanyak 100 ml dari masing-masing larutan standar (0; 10; 20; 30; 40; 50, 75, 100 ppb) ditambahkan 10 ml asam sulfat 10 N dan 5 ml larutan SnCl₂ kemudian diukur dengan spektrofotometer serapan atom pada

panjang gelombang 253,7 nm tanpa nyala (*flameless*) menggunakan *hybrid vapor generator*, hal ini dikarenakan merkuri mudah menguap. Sampel yang telah siap diuji diperlakukan serupa dengan perlakuan larutan standar yakni ditambahkan 10 ml H₂SO₄ 10 N dan 5 ml SnCl₂ kemudian diukur dengan alat SSA. Kadar merkuri dalam sampel ditentukan menggunakan kurva kalibrasi yang telah dibuat sebelumnya.

2.6. Penentuan konsentrasi

- a. Konsentrasi merkuri yang terukur dari alat SSA

$$\text{Kons. Hg terukur (ppm)} = \text{Kons. terbaca (ppb)} \times \text{FP} \times \frac{1 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppb}}$$

- b. Berat merkuri yang terserap dalam 100 mL larutan

$$\begin{aligned} \text{W Hg (mg)} &= \text{Kons. Hg terukur (ppm)} \times \text{V (mL)} \\ &= \text{Kons. Hg terukur} \frac{\text{mg}}{1000 \text{ mL}} \times \text{V (mL)} \end{aligned}$$

- c. Kemampuan daun dalam menyerap merkuri dalam setiap gram BK sampel

$$\text{Kemampuan daun (mg/g)} = \frac{\text{W Hg (mg)}}{\text{W BK daun (g)}}$$

Keterangan :

Kons. Hg terbaca	:	Konsentrasi hasil pembacaan AAS (ppb)
Kons. Hg terukur	:	Konsentrasi hasil terukur (ppm)
FP	:	Faktor pengenceran
V	:	Volume (mL)
W (Hg)	:	Berat merkuri yang terserap (mg)

W (BK daun) : Berat kering sampel
(g)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Pendahuluan

Analisis pendahuluan dilakukan untuk mengetahui konsentrasi logam merkuri yang ada dalam tanah sebelum digunakan sebagai media tanam. Secara alami merkuri merupakan salah satu unsur yang terdistribusi pada lapisan kerak bumi dengan kelimpahan rata – rata 0,08 mg/Kg (Larkin dalam Khalifah, 2007). Selain pengaruh alam, keberadaan Hg di lingkungan dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia yang menghasilkan limbah Hg di lingkungan dapat meningkat seiring dengan kemajuan teknologi dan pertambahan jumlah penduduk (Ruslan dalam Sutriyono 2012).

Mengingat peranan tanah sebagai media tanam atau pertumbuhan dan sekaligus sebagai tempat berlangsungnya siklus logam berat maka sangat perlu untuk diketahui jenis dan karakter suatu tanah. Sifat tanah sangat penting untuk diketahui, sehingga dilakukan penentuan sifat fisika dan kimia pada tanah sebelum digunakan. Beberapa parameter tersebut antara lain tekstur tanah, kandungan bahan organik, kadar N, P, dan K yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Parameter dan komposisi sifat tanah

No	Parameter	Satuan	Nilai	Keterangan
1.	Pasir	%	32,95	
2.	Debu	%	50,70	Silt loam
3.	Liat	%	16,35	
4.	N-total	%	0,25	Sedang
5.	pH H ₂ O (1:2,5)		6,8	Normal
6.	pH KCl (1 : 2,5)		5,9	
7.	p ₂ O ₅ (bray 1)	ppm	35,33	Sedang
8.	K	me/100g	24,71	Sedang
9.	KTK	me/100g	23,89	Sedang

Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah tersebut merupakan tanah dengan tekstur yang sesuai dengan pertumbuhan *A. spinosus* L.

Tekstur tanah sangat penting untuk penentuan karakteristik tanah, air yang tersimpan, ukuran pori dan perkembangan akar tanaman akan mempengaruhi kecepatan penarikan air, aerasi dan kesuburan tanah (Hayati, 2010). Sedangkan pH tanah yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman bayam yaitu pH berkisar 6 – 7 (Ecko, 2006). Hasil analisis pH tanah untuk penelitian ini adalah 6,8. Jadi sesuai digunakan untuk penanaman. Berdasarkan data uji tingkat kesuburan tanah yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tanah yang telah diuji layak dijadikan sebagai media tumbuh tanaman bayam duri (*A. spinosus* L), Suriadi dkk dalam Sutriyono (2012) mengemukakan bahwa umumnya pupuk

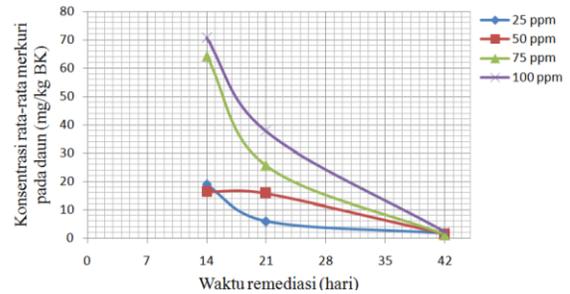
anorganik yang dihasilkan dari bahan galian tambang mengandung berbagai macam unsur ikutan seperti logam Cd, Cr, Hg Pb dan U dengan kadar yang cukup tinggi, sehingga analisis kuantitatif perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi merkuri. Kandungan merkuri yang terdapat dalam tanah dan pupuk anorganik, dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2. Komposisi tekstur tanah

Sampel	Konsentrasi merkuri (mg/kg)
Tanah	0.2302
TSP	0.0084
KCl	0.0307
Urea	0.0003

B. Pengaruh Waktu Remediasi terhadap Konsentrasi Merkuri pada Daun Bayam duri

Pengaruh waktu remediasi terhadap konsentrasi merkuri pada daun bayam duri dalam penelitian ini diperoleh konsentrasi merkuri yang terdistribusi pada daun bayam duri meningkat dan mencapai waktu maksimum pada waktu remediasi 14 hari dan mengalami penurunan pada waktu remediasi selanjutnya yaitu 21 hari dan 42 hari. Data perhitungan konsentrasi rata-rata merkuri pada daun bayam duri untuk waktu remediasi dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1 : Hubungan waktu remediasi terhadap konsentrasi rata-rata merkuri pada daun tanaman bayam duri

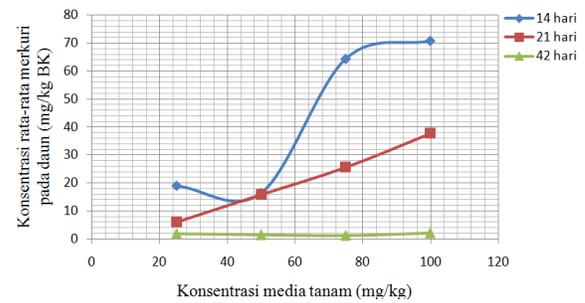
Peningkatan konsentrasi tersebut disebabkan tanaman bayam duri berada dalam proses pertumbuhan sehingga proses penyerapan dan akumulasi merkuri masih berlangsung hingga tercapai kondisi optimum (jenuh) (Chussetijowati dkk, 2012). Penurunan konsentrasi pada waktu remediasi selanjutnya, terjadi disebabkan oleh akar tanaman yang mengalami stres atau jenuh sehingga penyerapan merkuri berkurang yang akibatnya transfer ke bagian daun tanaman pada minggu tersebut sangat kecil dan juga diakibatkan karena tanaman telah mengalami dampak toksisitas dari konsentrasi logam berat yang tinggi sehingga mengganggu penyerapan pada tanaman tersebut (Munawar, 2010).

Berdasarkan pengolahan data SPSS 11,5 dalam uji lanjut Duncan. Perbedaan tiap kelompok dapat dilihat dalam kolom subset yang sama atau berbeda. Perlakuan yang terdapat pada kolom yang berbeda mengidentifikasi perbedaan yang

signifikan dan perlakuan yang terdapat pada kolom yang sama mengidentifikasi perbedaan yang tidak signifikan atau berbeda tidak nyata. Berdasarkan hasil uji Duncan menunjukkan bahwa waktu remediasi tanaman terhadap peningkatan distribusi merkuri pada daun tanaman bayam duri berada pada kolom subset yang berbeda. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa waktu remediasi 14 hari, 21 hari dan 42 hari berbeda nyata.

C. Pengaruh Konsentrasi Media Tanam terhadap Konsentrasi Merkuri pada Daun Bayam duri

Jumlah merkuri yang terakumulasi pada daun tanaman bayam duri sebagai fungsi konsentrasi yang ditambahkan dalam media tanam ditunjukkan pada gambar 2. Variasi konsentrasi yang digunakan adalah 25, 50, 75 dan 100 ppm dan waktu remediasi dilakukan mulai 14 hari, 21 hari dan 42 hari. Dari hasil penelitian diperoleh konsentrasi rata-rata tertinggi merkuri pada daun bayam duri pada waktu remediasi 14 hari sehingga waktu remediasi dilakukan mulai 14 hari sesuai dengan konsentrasi maksimum merkuri yang dapat diakumulasi oleh daun bayam duri pada variasi waktu.



Gambar 2 : Hubungan konsentrasi rata-rata merkuri pada daun tanaman bayam duri terhadap konsentrasi media tanam

Hubungan antara konsentrasi merkuri pada daun bayam duri terhadap konsentrasi media tanam menunjukkan bahwa jumlah konsentrasi merkuri yang terakumulasi oleh tanaman dan ditranslokasikan ke bagian daun meningkat dengan naiknya konsentrasi merkuri yang ditambahkan. Hal ini dapat disebabkan pula karena pada media tanam dengan konsentrasi 100 ppm kepadatan populasi logam lebih besar dibandingkan pada konsentrasi 25 ppm, 50 ppm dan 75 ppm. Pada grafik di atas, hasil yang diperoleh dalam penelitian sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sukamto (1995) menyatakan bahwa konsentrasi logam yang ditambahkan dalam media penanaman mempengaruhi penyerapan tanaman, dimana jumlah konsentrasi logam yang ditambahkan dalam media tanam berbanding lurus dengan akumulasi logam pada tanamannya. Syahputra (2005)

menyatakan akumulasi logam merkuri ke dalam tanaman tergantung pada konsentrasi logam tersedia, semakin tinggi jumlah merkuri dalam media tanam akan semakin besar konsentrasi yang diserap oleh tanaman.

Berdasarkan hasil uji Duncan menunjukkan bahwa konsentrasi media tanam dalam meningkatkan serapan merkuri yang terdistribusi ke bagian daun tanaman bayam duri berada pada kolom subset yang berbeda. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi media tanam 75 ppm dan 100 ppm berbeda nyata sedangkan 25 ppm dan 50 ppm tidak berbeda nyata.

D. Penentuan Tanaman Bayam duri (*Amaranthus spinosus L*) sebagai Hiperakumulator

Sifat hipertoleran terhadap logam berat adalah kunci karakteristik yang mengindikasikan sifat hiperakumulator suatu tumbuhan. Suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator apabila memiliki karakter-karakter sebagai berikut: (i) Tumbuhan memiliki tingkat laju penyerapan unsur dari tanah yang lebih tinggi dibanding tanaman lainnya, (ii) Tumbuhan dapat mentoleransi unsur dalam tingkat yang tinggi pada jaringan akar dan tajuknya dan (iii) Tumbuhan memiliki laju translokasi

logam berat dari akar ke tajuk yang tinggi sehingga akumulasinya pada tajuk lebih tinggi dari pada akar (Brown dalam Juhaeti dkk, 2005).

Semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tumbuhan dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan daunnya sehingga bersifat hiperakumulator (Hardiani, 2009). Beberapa karakteristik tanaman hiperakumulator yaitu pertumbuhannya cepat, biomassa besar, termasuk hasil panen, dan mampu mengakumulasi logam ke bagian daun tanaman (Reeves dalam Hidayati, 2004).

Dari hasil Penelitian menunjukkan bahwa nilai penarikan merkuri (Hg) atau kemampuan merkuri yang terdistribusi ke daun tanaman bayam duri baik pengaruh waktu remediasi maupun konsentrasi memberikan nilai lebih besar dari 10 mg/Kg, dengan konsentrasi merkuri (Hg) yang ditarik untuk pengaruh waktu remediasi yaitu waktu remediasi pertama (14 hari) pada kontaminasi merkuri (Hg) 100 ppm sebesar 70.6901 mg/kg BK. Dari data tersebut, bahwa tanaman bayam duri dikategorikan sebagai tanaman hiperakumulator merkuri. Menurut Lasat

dkk dalam Sabaruddin (2011), tanaman hiperakumulator merkuri adalah tanaman yang dapat menarik logam merkuri dalam jumlah konsentrasi yang sangat tinggi yaitu 10 ppm Hg.

Hasil Penelitian yang telah dilakukan terhadap translokasi merkuri ke bagian tanaman bayam duri dapat disimpulkan bahwa kemampuan penyerapan maksimum merkuri (Hg) pada daun bayam duri terjadi pada remediasi 14 hari dengan jumlah konsentrasi daun rata-rata 70.6901 mg/kg BK, konsentrasi merkuri (Hg) yang terdistribusi pada daun bayam duri berbanding lurus dengan konsentrasi media tanam, dan tanaman bayam duri berpotensi sebagai tanaman hiperakumulator terhadap merkuri (Hg).

IV. DAFTAR PUSTAKA

- Arifin. 2008. *Merkuri (Hg). Logam cair Toksik Mematikan.* (<http://smk3ae.wordpress.com> diakses 08 Oktober 2012).
- Azidi, I., Noer, K., dan E. N. Yenny. 2008. *Kajian penyerapan logam Cd, Ni, dan Pb dengan Varietas Konsentrasi Pada Akar, Batang dan Daun tanaman Bayam (Amaranthus tricolor L).* Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Kalimantan Selatan.
- Chussetijowati, J., Tjahaya, P. I., dan P. Sukmabuana, 2012. *Fitoremediasi Radionuklida ¹³⁴Cs dalam Tanah Menggunakan Tanaman Bayam (Amaranthus sp).* Hasil Seminar Nasional ke – 16 Teknologi dan Kesehatan PLTN serta Fasilitas Nuklir : 282 – 289.
- Echo, W. 2006. *Budidaya Sayur Mayur (Bayam).* (<http://a1kios.hexat.com> diakses 08 Oktober 2012).
- Hardiani, H. 2008. *Pemulihanm Lahan Terkontaminasi Limbah B3 dari Proses Deinking Industri Kertas Secara Fitoremediasi.* Jurnal Riset Industri 2 (2) : 64-75
- Hayati, F. 2010. *Karakterisasi Abu Terbang (FLY ASH) dan Eksplorasi Vegetasi Fitiremediator di Area Langfill Abu Terbang untuk Pengelolaan Ramah Lingkungan.* Tesis Program Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Institut Pertanian Bogor. Bandung.
- Hidayati, N., Yulintina, D, R., Nuzula, S., Nurjanah, S., Dan P. S. Dewi. 2012. *Makalah toksikologi Lingkungan Logam Berat Merkuri* (<http://tralalaikrima.blogspot.com>, diakses 08 Oktober 2012).
- Juhaeti, T., Hidayati, N., dan F. Syarif. 2005. *Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas.* Biodiversitas 6 (1) : 31-33.
- Juliawan, N., Widiyatna, D., dan J. Jatim. 2005. *Pendataan Penyebaran Unsur Merkuri Pada Wilayah Pertambangan Cibaliung, Kabupaten Pandegelan, Provinsi Banten.* Hasil Kegiatan Subdit Konservasi TA.

- Khalifah, S, N. 2007. *Studi Keseimbangan adsorpsi Merkuri (II) pada Biomassa Daun Enceng Gondok (Eichornia crasipes) yang Diimmobilisasi pada Matriks Polisiklat*. Skripsi Sarjana Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang. Malang.
- Ludang, Mangkoedihardjo, Margareth, dan Surahmaida. 2008. *Sistem Loop Pemulihan Tanah Tercemar Timbal Menggunakan Proses Bioaugmentasi Kompos dan Fitoremediasi Tanaman Jarak Pagar*. (<http://personal.its.ac.id> diakses 08 Maret 2012).
- Mohamad, E. 2011. *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) dalam Tanah dengan Menggunakan Bayam Duri (Amaranthus spinosus L)*. Tesis Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Malang.
- Munawar., dan A. Rina. 2010. *Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb)*. J. ilmu Teknik Lingkungan 2 (2)
- Sabaruddin. 2011. *Kajian kemampuan Akar Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea reptans poir) dalam Menyerap Logam Merkuri pada Tanah Tercemar*. Skripsi sarjana FMIPA UNTAD. Palu.
- Sukamto. 1995. *Pengaruh Konsentrasi dan Lama Penanaman Terhadap Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb oleh Kangkung Air (Ipomoea aquatica)*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Sutriono, D. 2012. *Translokasi Merkuri (Hg) Pada Daun Tanaman Kangkung Darat (Ipomoea reptans Poir) Dari Tanah Tercemar*. Skripsi sarjana FMIPA UNTAD. Palu.
- Syahputra, R. 2005. *Fitoremediasi Logam Cu dan Zn dengan Tanaman Enceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms)*. Fakultas MIPA Jurusan Kimia. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.