

PENGARUH PEMANGKASAN AKAR JATI DAN INOKULASI JAMUR MIKORIZA ARBUSKULA TERHADAP FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MERKURI DI KOKAP KULONPROGO YOGYAKARTA

(Effect of Underground Root Pruning on Tectona grandis and Mycorrhiza arbuscula Inoculation to Contaminated Soil in Kokap Kulonprogo Yogyakarta)

Akhsin Zulkoni*, Dewi Rahyuni dan Nasirudin

Institut Teknologi Yogyakarta (STTL 'YLH'), Yayasan Lingkungan Hidup,
Jl. Janti km 4 Gedongkuning Yogyakarta, 55198.

*Penulis korespondensi. Tel: 08122771432. Email: akhsinzul@yahoo.com.

Diterima: 23 November 2016

Disetujui: 10 Januari 2017

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemangkasan akar (underground root pruning/URP) terhadap fitoremediasi tanah yang tercemar merkuri di Kokap Kulon Progo Yogyakarta. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah URP, yaitu dengan dan tanpa URP. Faktor kedua ialah takaran Jamur Mikoriza Arbuskula (JMA), meliputi 0; 50; 100, dan 150 g/pot. Hasil penelitian telah membuktikan bahwa pemangkasan akar serta inokulasi JMA ke dalam tanah sisa olahan penambangan emas telah berhasil memacu proses fitoremediasi melalui perluasan rizosfer. Serapan merkuri oleh tanaman Jati yang menjalani pemangkasan akar serta inokulasi JMA sebanyak 100% paling tinggi dibanding perlakuan lain maupun kontrol. Pada perlakuan ini, efisiensi penurunan merkuri di dalam tanah oleh tanaman jati sebesar 88,61%, sedangkan kontrol hanya mencapai 64,11%.

Kata kunci: fitoremediasi, jati, merkuri, pemangkasan akar, pencemaran, tanah.

Abstract

This study aims to determine the effect of underground root pruning (URP) of the mercury-contaminated soil phytoremediation in Kokap Kulon Progo, Yogyakarta. This study was conducted using complete randomized block design with three replications. The first factor is the URP, that divided as with and without URP (root pruning). The second factor is the dose of JMA, are 0; 50; 100, and 150 g/pot. Results of studies have proven that the root pruning and inoculation of JMA into the residual gold mining soil has successfully accelerated the process of phytoremediation through the expansion of the rhizosphere. Mercury uptake by Tectona grandis, Linn F that is with root pruning and 100% JMA inoculation are highest other treatment and control. In this treatment, the removal efficiency of mercury in the soil by plants amounted to 88.61% identity, meanwhile control only reached 64.11%.

Keywords: phytoremediation, Tectona grandis, mercury, under ground root pruning, contamination, soil.

PENDAHULUAN

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik senyawa organik maupun anorganik (Purakayastha dan Chonkar, 2010). Keuntungan fitoremediasi adalah prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, teknologi yang ramah lingkungan dan bersifat estetik bagi lingkungan, serta dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar. Namun fitoremediasi juga memiliki kerugian berupa waktu proses yang relative lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomasa tumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Caroline dan Moa, 2015).

Tidak semua tanaman dapat digunakan untuk fitoremediasi dikarenakan tidak semua tanaman dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Pemilihan tanaman yang dapat digunakan sebagai fitoremediator dipilih tanaman yang mempunyai sifat: cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat, mampu meremediasi lebih dari satu polutan, dan toleransi yang tinggi terhadap polutan (Morel dkk., 2006).

Indonesia memiliki modal penting berupa keragaman hayati sehingga sangat memungkinkan untuk mendapatkan sumber tanaman hiperakumulator. Hasil penelitian melaporkan bahwa tanaman eceng gondok dapat menyerap hingga 180 ppm Pb dan telah digunakan di antaranya untuk membersihkan silver salt dari air limbah prosesing foto (Pane dan Hasanudin, 2001). Tanaman akar

wangi yang dapat tumbuh pada media dengan kadar Pb hingga 300 ppm bisa digunakan untuk rehabilitasi lahan tercemar logam berat (Emmyzar dan Hermanto, 2004). Tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) mampu menyerap logam timbal (Pb) dalam reaktor limbah sebesar 55,97% sedangkan dalam reaktor kontrol sebesar 0% (Caroline dan Moa, 2015).

Beberapa studi telah menunjukkan bahwa tanaman dapat mengakumulasi Cd dalam tubuh *Eichornia crassipes*, *Brassica napus*, *Avicenna marina*, *Lycopersicon esculentum*, *Wolffia globosa*, *Phytolacca Americana*, *Solanum nigrum*, *Typha domingensis*, *Sedum plumbizincicola*, *Thlaspi caerulescens*, *Helianthus annuus*, *Lolium perenne*, *Tagetes erecta*, *Chara australis*, *Jatropha curcas*, *Sedum alfredii*, *Atriplex halimus*, *Phragmites cummunis*, *Nitella opaca*, *Phragmites australis*, *Typhaangus tifolia*, *Cyperus esculentus*, *Chara aculeolata*, *Ricinus communis*, *Hibiscus cannabinus*, *Zea mays*, *Arabidopsis halleri*, *Arundo donax*, dan *Vetiveria zizanioides* (Nur, 2013; Susana dan Suswati, 2013).

Mekanisme kerja fitoremediasi mencakup proses fitoekstraksi, rhizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi. Fitoekstraksi adalah penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengakumulasi logam berat tersebut ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun. Rhizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan, mengakumulasi logam berat dari aliran limbah. Fitodegradasi adalah metabolisme logam berat di dalam jaringan tanaman oleh enzim seperti dehalogenase dan oksigenase. Fitostabilisasi adalah kemampuan tanaman dalam mengekskresikan (mengeluarkan) suatu senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah rizosfer (perakaran). Fitovolatilisasi terjadi ketika tanaman menyerap logam berat dan melepaskannya ke udara lewat daun dan ada kalanya logam berat mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum dilepas lewat daun (Ghosh dan Singh, 2005).

Tanaman Jati diklasifikasikan ke dalam famili *Verbenaceae*, genus *Tectona*, dan spesies *Tectona grandis*, Linn F. secara morfologis, tanaman Jati memiliki tinggi yang dapat mencapai 30-45 m. Diameter batang dapat mencapai 220 cm. Kulit Jati berwarna kecoklatan dan sifatnya mudah terkelupas. Daun Jati berbentuk jantung membulat dengan ujung meruncing, berukuran panjang 20-50 cm dan lebar 15-40 cm, permukaan daunnya berbulu. Daun muda Jati berwarna hijau kecoklatan, sedangkan daun tua hijau tua keabu-abuan (Siregar, 2005).

Syarat lokasi untuk budi daya jati di antaranya ketinggian lahan maksimum 700 meter dpl, suhu

udara 13–43 °C, pH tanah 6, dan kelembapan lingkungan 60–80%, Tanah yang cocok untuk pertumbuhan jati adalah tanah lempung, lempung berpasir, dan liat berpasir. Unsur kimia pokok yang diperlukan untuk pertumbuhan jati yakni kalsium, fosfor, kalium, dan nitrogen (Mulyana dan Asmarahman, 2010).

Merkuri (Hg) merupakan logam dengan nomor atom 80, berbentuk cair pada suhu kamar, berwarna putih-keperakan, dan mudah menguap. Berat jenis merkuri lebih dari 59 g/cm³, dan berat molekul sebesar 200,59. Sifat penting merkuri lainnya adalah kemampuannya untuk melarutkan logam lain dan membentuk logam paduan (alloy) yang dikenal sebagai amalgam. Kemampuan tersebut yang diambil dari merkuri untuk memisahkan emas dari ikatan logam yang lain. Sebagian besar logam bersifat *immobile* (termasuk merkuri), sehingga lebih banyak yang terakumulasi pada bagian akar (Nuryani dan Sutanto, 2002).

Perakaran merupakan landasan yang sangat penting pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pemotongan akar cenderung memperlambat pertumbuhan pucuk dan merangsang perkembangan sistem akar yang berserabut lebih hebat, sehingga rizosfer diperluas sampai mencapai 12 kali lipat (Marsono dan Soeseno, 1992). Pemotongan akar dapat merangsang percabangan akar (Kartika, 1997).

Mikoriza adalah bentuk asosiasi antara jamur dan sistem perakaran tanaman tingkat tinggi dan tanah (Sieverding, 1991). Pada simbiosis ini, Jamur Mikoriza Arbuskula (JMA) menghubungkan tanaman dengan tanah, dan mengangkut hara mineral dari tanah ke tanaman serta senyawa karbon dari tanaman ke dalam tanah. Sehubungan hal tersebut, maka JMA merupakan agensia nutrisi tanaman dan nutrisi tanah (Kabirun, 2004). JMA terkonsentrasi pada horizon tanah bagian atas yang banyak mengandung pupuk organik dan akar (Sieverding, 1991). JMA adalah jasad aerobik, oleh karenanya kondisi aerasi dan kadar lengas tanah berperan dalam distribusi dan efektivitasnya. Sieverding (1991) menerangkan bahwa miselium eksternal JMA bisa tumbuh luas di dalam tanah (menempuh jarak 8 cm atau lebih dari akar). Bila rambut akar mampu menjangkau 1-2 cm² volume tanah, maka miselium eksternal ini meningkatkan volume tanah yang terjangkau secara cepat hingga 5-200 kali dengan asumsi radial hifa jamur di sekitar akar; atau 200 cm² per cm akar yang terinfeksi jamur. Keadaan ini menyebabkan tanaman yang bermikoriza mengalami kontak dengan tanah lebih lama, sehingga unsur hara di dalam tanah tekurus, dan pupuk yang ditambahkan dapat diserap lebih efisien. Peneliti sendiri telah melakukan fitoremediasi merkuri dan berhasil baik

dengan menggunakan tanaman dan sistem reactor (Rondonuwu, 2014).

Mengingat merkuri sangat berpotensi mencemari lingkungan di daerah Kokap kabupaten Kulonprogo, maka patut mendapat perhatian serius, agar tidak berdampak negatif kepada penduduk sekitar. Pada paper ini dipilih penggunaan satu metoda remediasi merkuri yang mudah, berbahan baku lokal, yaitu fitoremediasi menggunakan tanaman Jati. Pengelolaan medium pertumbuhan dan perlakuan fisiologis tumbuhan adalah peluang yang dapat ditangani untuk tujuan tersebut. Proses fisiologis tanaman ditingkatkan dengan pemotongan akar atau *underground root pruning* (URP) yang akan menghambat pembentukan akar pucuk serta merangsang pembentukan serabut dan bulu-bulu akar. Inokulasi JMA akan memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah serta mamacu pertumbuhan tanaman.

Berdasar penjelasan tersebut, maka tujuan penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemangkasan akar Jati dan inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula terhadap fitoremediasi tanah tercemar merkuri di daerah Kokap kabupaten Kulonprogo daerah Istimewa Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

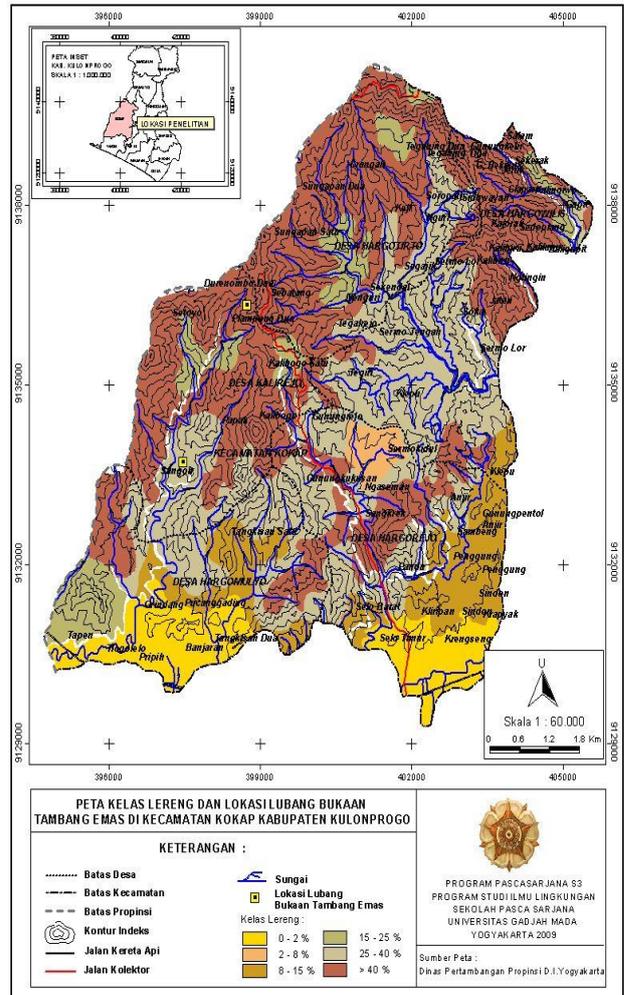
Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan Nopember 2016 di dusun Berbah, Sendangtirto, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1).

Prosedur

Percobaan dilakukan pada skala laboratorium, menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah URP, yaitu dengan dan tanpa URP (pemangkasan akar). Faktor kedua ialah takaran JMA, meliputi 0; 50; 100, dan 150 g/pot.

Tanah diambil dari sisa pengolahan penambangan emas di Kokap, kabupaten Kulonprogo kemudian dibawa ke lokasi penelitian. Tanaman Jati yang ditanam berumur tiga bulan. Akar dibersihkan dari tanah, lalu dilakukan pemangkasan dua per tiga dari leher akar. JMA dimasukkan ke dalam lubang tanam sesuai dengan takaran yang telah ditentukan. Penelitian berlangsung selama delapan bulan. Setiap dua hari dilakukan penyiraman air berdasar pada kapasitas lapangan. Parameter yang dianalisis meliputi pertumbuhan tanaman, kadar Hg (metode AAS) di dakam akar dan tanah, serapan Hg dan efisiensi penurunan Hg dalam tanah. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan Anova α 1 dan α 5%. Bila



Gambar 1. Lokasi pengambilan tanah sisa olahan penambangan emas di Kokap Kabupaten Kulonprogo Daerah istimewa Yogyakarta.

ada beda nyata, dilanjutkan uji BNT α 5% (Gomez and Gomez, 1994).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah yang diteliti adalah sisa olahan penambangan emas yang dikerjakan secara tradisional oleh masyarakat dusun Sangon kecamatan Kokap kabupaten Kulon Progo Yogyakarta. Pada analisis awal, tanah tersebut mengandung merkuri sebesar 18 ppm. Nilai ini telah melebihi batas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 82 (Anonim, 2001), yaitu kurang dari 0,01 ppm. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 tahun 2004 menjelaskan bahwa kadar merkuri dalam sedimen tidak boleh melebihi 0,005 ppm (Anonim, 2004).

Serapan Hg oleh akar

Pada penelitian ini, merkuri hanya ditemukan di dalam akar, sedangkan di dalam trubus tidak terdeteksi. Hal ini sesuai dengan pernyataan

Nuryani dan Sutanto (2002) bahwa sebagian besar logam bersifat immobile (termasuk merkuri), sehingga lebih banyak yang terakumulasi pada bagian akar. Hal ini kemungkinan disebabkan waktu penanaman yang berlangsung selama delapan bulan. Berdasar hal tersebut, maka dilakukan penelitian serupa dengan waktu yang lebih lama untuk mengetahui lama merkuri ditranslokasikan ke dalam jaringan trubus tanaman Jati. Kadar Hg yang ada di dalam akar merupakan ukuran kemampuan tanaman uji melakukan fitoremediasi terhadap tanah sisa olahan penambangan emas yang mengandung merkuri.

Tabel 1 mencerminkan bahwa penyerapan merkuri oleh tanaman Jati terbanyak terjadi pada tanaman yang menjalani pemangkasan akar serta diikuti dengan inokulasi JMA sebanyak 100 g/pot. Pada perlakuan ini kadar merkuri yang terkandung di dalam akar sebanyak 14,64 ppb dengan serapan sebesar 3,221 µg. Bila dibandingkan dengan kontrol terdapat selisih kadar merkuri sejumlah 9,26 ppb dan beda serapan sebesar 2,90 µg.

Penyerapan adalah suatu proses fisiologi yang menentukan keberhasilan fitoremediasi merkuri. Bagian tanaman yang berperan dalam proses ini yaitu akar. Tanaman yang mengalami pemangkasan akar bisa terjadi perangsangan perkembangan akar lateral atau percabangan akar (Kartika, 1997). Rambut-rambut akar merupakan bagian akar yang melakukan penyerapan secara aktif terhadap air beserta unsur hara, termasuk merkuri.

Disamping pemangkasan akar, inokulasi JMA ke dalam tanah sisa olahan penambangan emas juga memperluas daerah penyerapan air dan unsur hara, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih terpacu. Sieverding (1991) melukiskan bahwa miselium eksternal JMA bisa tumbuh luas di dalam tanah (menempuh jarak 8 cm atau lebih dari akar). Bila rambut akar mampu menjangkau 1-2 cm² volume tanah, maka miselium eksternal ini meningkatkan volume tanah yang terjangkau secara cepat hingga 5-200 kali dengan asumsi radial hifa jamur di sekitar akar; atau 200 cm² per cm akar yang terinfeksi jamur.

Berdasar keberadaan merkuri yang terakumulasi di akar, maka proses yang berlangsung pada fitoremediasi ini adalah fitoakumulasi atau fitoekstraksi yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media

Tabel 1. Rerata kadar Hg (ppb) dan serapan Hg (µg) oleh Jati pada berbagai perlakuan.

Takaran JMA (g/pot)	Kadar Hg dalam akar (ppb)		Serapan Hg oleh akar (µg)	
	Tanpa URP	URP	Tanpa URP	URP
0	5,34 ^a	10,23 ^c	0,320 ^a	0,818 ^c
50	5,56 ^a	13,26 ^d	0,334 ^a	0,928 ^d
100	6,12 ^{ab}	14,64 ^f	0,734 ^b	3,221 ^f
150	5,78 ^{ab}	13,75 ^e	0,347 ^a	1,375 ^e

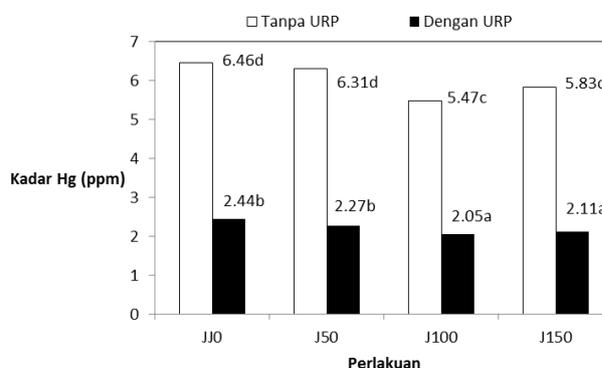
Keterangan: huruf kecil yang sama di belakang angka menunjukkan tidak ada beda antara satu dengan yang lain berdasar Uji BNT α 5%. Sumber: Data primer, 2016.

sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan. Akar tanaman menyerap limbah logam dari tanah dan mentranslokasikannya ke bagian tanaman yang berada di atas tanah. Rizofiltrasi merupakan proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan. Fitostabilisasi merupakan penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media (Ghosh dan Singh, 2005).

Efisiensi penurunan kadar merkuri di alam tanah

Merkuri yang terkandung di dalam tanah akan mengalami perpindahan tempat, yaitu dari dalam tanah masuk ke dalam jaringan tumbuhan lewat penyerapan oleh bulu-bulu akar. Kadar Hg di dalam tanah setelah proses fitoremediasi disajikan dalam Gambar 2.

Tanah sisa olahan penambangan emas yang ditumbuhi tanaman uji selama delapan bulan mengalami penyerapan Hg oleh akar secara terus menerus. Hg akan berpindah tempat dari dalam tanah masuk ke dalam jaringan tanaman, sehingga Hg dalam tanah menjadi berkurang. Berdasar uji keragaman, ternyata tanaman tanpa pemangkasan akar maupun tanpa inokulasi JMA menurunkan merkuri di dalam tanah lebih sedikit dibanding



Gambar 2. Rerata kadar Hg (ppm) dalam tanah setelah berlangsung proses fitoremediasi oleh tanaman Jati selama delapan bulan pada berbagai perlakuan. Keterangan: huruf kecil yang sama di belakang angka menunjukkan tidak ada beda antara satu dengan yang lain berdasar Uji BNT α 5%.

tanaman yang dilakukan pemangkasan akar serta inokulasi JMA.

Kemampuan penyerapan akar terhadap merkuri berpengaruh kepada kadar Hg dalam tanah. Pada awal proses remediasi, merkuri yang terkandung di dalam tanah rata-rata sebesar 18 ppm. Uji BNT α 5% menunjukkan bahwa tanah yang mengalami penurunan merkuri terbanyak adalah tanah yang difitoremiasi oleh tanaman Jati dengan pemangkasan akar disertai inokulasi JMA sebanyak 100 g/pot. Di akhir percobaan, Hg yang terdeteksi di dalam tanah pada perlakuan ini yaitu sebanyak 2,05 ppm, sehingga mengalami penurunan sebesar 88,61 %. Sementara itu, kadar merkuri dalam tanah pada kontrol masih relatif banyak, yakni hanya turun 64,11 %. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada percepatan pertumbuhan akar lateral maupun perluasan rizosfer oleh hifa-hifa JMA.

Kemampuan tanaman Jati untuk meremediasi merkuri dalam tanah ternyata mendekati kemampuan beberapa jenis tanaman lain mereduksi merkuri di reaktor lahan basah buatan selama tiga hari. Randonuwu (2014) mendapatkan hasil bahwa efisiensi penurunan merkuri dalam reaktor lahan basah *Typha sp.* sebesar 84,18%; *Eichhornia crassipes* sebesar 81,19%; *Nelumbo nelumbo* sebesar 80,78%; *Ipomoea aquatic* sebesar 83,84%; dan *Hydrilla verticillata* sebesar 83,96%.

Mengingat tanaman Jati mampu melakukan remediasi merkuri di dalam tanah dan mengakumulasi merkuri di dalam akar, maka perlu dirancang teknologi tepat guna untuk mengekstrak merkuri yang terserap jaringan tanaman, agar bisa dimanfaatkan lagi (daur ulang). Langkah ini akan membebaskan jaringan tanaman dari merkuri, sehingga menjadi aman saat dibuang ke lingkungan, serta dapat mencegah pencemaran tanah oleh merkuri kembali.

KESIMPULAN

Pemangkasan akar pada tanaman Jati dan inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula sebanyak 100 g/pot ke dalam tanah sisa olahan penambangan emas di daerah Kokap kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta terbukti berpengaruh secara nyata terhadap fitoremiasi merkuri yang berlangsung selama delapan bulan, dengan penurunan sebesar 88,61 %. Hal ini menunjukkan bahwa sistem fitoremiasi dapat digunakan untuk mengurangi limbah merkuri, sehingga menjadi salah satu acuan untuk mengurangi pencemaran akibat kegiatan penambangan emas secara tradisional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Presiden Republik Indonesia, Jakarta.
- Anonim. 2004. Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202, Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Emas dan atau Tembaga, Deputi MENLH Bidang kebijakan dan Kelembagaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Caroline, J., dan Moa, G.A., 2015. *Fitoremiasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (Echinodorus palaefolius) Pada Limbah Industry Peleburan Tembaga dan Kuningan*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015. Institut Teknologi Adhi Atma Surabaya.
- Emmyzar, dan Hermanto, 2004. Rehabilitasi Tanah Tercemar Pb Menggunakan Tanaman Akar Wangi. *Gakuryoku* 10:37-40.
- Ghosh, M., dan Singh, S.P., 2005, A Review on Phytoremediation of Heavy Metal and Utilization of Its By Product, *Applied Ecology and Environmental Research*, 3(2):1-18.
- Gomez, K.A., dan Gomez, A.A., 1984. *Statistical Procedures for Agriculture Research*. John Willey and Sons, New York.
- Kabirun, S., 2004. *Peranan Mikoriza Arbuskula Pada Pertanian Berkelanjutan*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Kartika, N.H., 1997. *Pengaruh Pemotongan Akar Terhadap Pertumbuhan Setek Panili (Vanilla planifolia Andrews)*. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Marsono, D., dan Soeseno, O.H., 1992, *Prinsip-prinsip Silvikultur*, Universitas Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Morel, J.L, Echevarria, G. dan Goncharova, N., 2006. *Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*. Springer, Amsterdam.
- Mulyana, D., dan Asmarahman, C., 2010. *7 Jenis Kayu Penghasil Rupiah*. AgroMedia Pustaka, Jakarta
- Nur, F., 2013. Fitoremiasi Logam Berat Cadmium (Cd). Biogenesis. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(1):74-83.
- Nuryani, S., dan Sutanto, R., 2002, Pengaruh Sampah Kota Terhadap Hasil dan Ketahanan Hara Lombok, *Jurnal Ilmu Tanah & Lingkungan*, 3(1):24-28.
- Pane, H., dan Hasanudin, A., 2001. Gulma Invasive Jajagoan (*Echinochloa crusgalli* L.) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms)

- di Lahan Sawah Irigasi. Seminar Peringatan Hari Keanekaragaman Hayati. Bogor, 22 Mei 2001.
- Purakayastha, T.J., dan Chonkar, P.K., 2010. *Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils*. Springer, Berlin.
- Rondonuwu, S.B., 2014. Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*, 14(1):52-60
- Sieverding, E., 1991. *Vesicular Arbuscular mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem*. Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit (GTZ). Dag Hammavskjola.
- Siregar, E.B.M., 2005. *Potensi Budidaya Jati*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Susana, R., dan Suswati, D., 2013, Bioakumulasi dan Distribusi Cd Pada Akar dan Pucuk 3 Jenis Tanaman Famili Brassicaceae: Implementasinya untuk Fitoremediasi, *J. Manusia & Lingkungan*, 20(2):221-228.