

**PENGARUH PEMANGKASAN AKAR DAN INOKULASI JMA
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SERAPAN MERKURI OLEH
TANAMAN SENGON (*Albizia chinensis*) DI KOKAP KULONPROGO
YOGYAKARTA**

Dewi Rahyuni

Institut Teknologi Yogyakarta
Email: dewirahyuni@gmail.com

ABSTRAK

Beberapa penambang emas di Kokap Kulonprogo masih menggunakan merkuri karena dianggap lebih aman dan efektif dalam pengelolaan hasil tambang. Namun merkuri yang tersisa dan mencemari lingkungan akan berdampak dalam jangka panjang membahayakan kesehatan manusia. Fitoremediasi menggunakan tanaman menjadi satu alternatif perbaikan tanah tercemar merkuri. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pemangkasan akar (*underground root pruning*/URP) dan inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula (JMA) terhadap pertumbuhan dan serapan merkuri oleh tanaman sengon (*Albizia chinensis*) di Kokap Kulon Progo Yogyakarta.

Percobaan dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga (3) ulangan. Faktor yang diuji adalah pemangkasan akar yaitu ya dan tidak; serta takaran propagul JMA yang terdiri dari 0, 50, 100 dan 150 g/pot. Parameter yang diukur ialah pertumbuhan tanaman, serapan Hg, dan efisiensi penurunan Hg dalam tanah. Data dianalisis menggunakan Anova α 5% dan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) α 5%. Waktu penanaman tanaman uji dalam media tanah tercemar merkuri selama delapan bulan.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa teknik URP dan inokulasi JMA berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan, kadar dan serapan Hg oleh tanaman uji, serta efisiensi penurunan Hg dalam tanah. Propagul sebanyak 50 g/pot merupakan takaran terbaik untuk mendukung proses fitoremediasi yang dilakukan oleh tanaman sengon. Penurunan Hg dalam tanah setelah proses fitoremediasi selama delapan bulan lebih efisien pada tanaman yang dipangkas akarnya dan bermikoriza, yaitu rerata sebesar 74.78%, sedangkan pada kontrol hanya berkisar 45.33%. Dengan demikian URP dan inokulasi JMA dapat digunakan sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan tanaman sengon yang berperan sebagai fitoremediator tanah tercemar merkuri.

Kata kunci: serapan Hg, efisiensi penurunan Hg, inokulasi JMA, propagule

**EFFECT OF ROOT PRUNING AND INOCULATION OF ARBUSCULATED
MYCORRHIZAL FUNGI ON THE GROWTH AND ABSORPTION OF
MERCURY BY SENGON PLANT (*Albazzia falcataria*) IN KOKAP
KULONPROGO YOGYAKARTA**

ABSTRACT

A number of gold miners in Kokap Kulonprogo still use mercury because it is considered safer and more effective in managing mining products. However, the mercury that remains and pollutes the environment will have an impact in the long term, endangering human health. Phytoremediation using plants is an alternative to improving mercury-contaminated soils. This study aims to examine the effect of underground root pruning (URP) and inoculation of Mycorrhizal Arbuskula Mushroom (JMA) on the growth and absorption of mercury by sengon plants (*Albizia chinensis*) in Kokap Kulon Progo, Yogyakarta.

The experiment was conducted on a laboratory scale using a random design complete with three (3) replicas. The factors tested were root pruning, i.e. yes and no; and JMA propagule measurements consisting of 0, 50, 100 and 150 g/pot. The parameters measured were crop growth,

Hg uptake, and Hg depletion efficiency in the soil. The data was analyzed using Anova α 5% and the Smallest Real Difference (BNT) test α 5%. The time to plant test plants in soil medium contaminated with mercury is eight months.

The results of the diversity analysis showed that the URP technique and JMA inoculation and their interactions had a very significant effect on the growth, levels and absorption of Hg by the test plants, as well as the efficiency of reducing Hg in the soil. A propagule of 50 g/pot is the best dose to support the phytoremediation process carried out by sengon plants. The reduction in Hg in the soil after the phytoremediation process for eight months was more efficient in plants with root pruning and mycorrhiza, which was an average of 74.78%, while in control it was only around 45.33%. Thus, URP and JMA inoculation can be used as an effort to improve the ability of sengon plants to act as phytoremediators of mercury-contaminated soils.

Keywords: sengon, Hg uptake, JMA inoculation, propagule

PENDAHULUAN

Penambangan emas merupakan suatu kegiatan eksploitasi sumber daya alam yang dilakukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Kegiatan ini berpotensi merusak lingkungan, baik lingkungan fisik maupun sosial, karena pada umumnya industri pertambangan menghasilkan limbah yang cukup besar (Tindaon, 2012). Hal ini terjadi pada beberapa masyarakat di Kokap Kulon Progo Yogyakarta.

Lokasi penelitian secara administratif berada di Dusun Sangon, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi DIY. Kabupaten Kulon Progo merupakan dataran pantai pada bagian selatan, perbukitan bergelombang di bagian tengah dan timur, serta perbukitan terjal dan pegunungan di bagian barat dan utara (dikenal sebagai Perbukitan Menoreh). Di wilayah ini terdapat dua Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Progo dan DAS Serang. Sungai Serang dengan anak-anak sungainya memiliki daerah aliran sungai seluas \pm 3636 hektar dengan debit air minimum 0,03m³/detik dan maksimum 153,6 m³/detik (Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo, 2008).

Berdasar hasil pemetaan Mikro Bahan Galian Golongan C di Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo yang dilakukan oleh Dinas Pertambangan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2001 bekerjasama dengan Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN Yogyakarta, dijumpai adanya bahan galian emas (Golongan B) di Dusun Sangon II, Plampang I, Plampang II, Plampang III, Kalibuka I, Sengir, Desa Kalirejo. Bahan galian tersebut berbentuk alur-alur kuarsa dalam batuan andesit alterasi yang terdapat di bawah permukaan bumi (bawah tanah), mempunyai lebar antara 10 – 140 cm dengan kemiringan 30° – 70° (Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN, 2001).

Menurut jaringan advokasi tambang dalam Martaningtyas (2006), biasanya logam atau mineral yang dihasilkan hanya 2 – 5 persen dari total batuan yang dihancurkan. Sisanya sebesar 95 – 98 persen adalah lumpur batuan yang pada akhirnya menjadi limbah, yang mengandung merkuri. Hasil penelitian Rahayu (2004) ditemukan adanya kandungan merkuri dalam air limbah pencucian emas sebesar 0,0536 ppm. Setiabudi (2005) dalam penelitiannya menemukan bahwa sampel tanah sisa penambangan emas mempunyai kadar merkuri > 50 ppm, sedangkan di dalam *tailing* menunjukkan nilai konsentrasi Hg yang sangat tinggi yaitu 800 – 6.900 ppm. Nilai ini telah melebihi ambang batas zat pencemar dalam limbah yang diperbolehkan berdasar Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 yakni 0,01 ppm (Presiden Republik Indonesia, 2001), dan berdasar Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 202 tahun 2004, bahwa kadar merkuri dalam sedimen tidak boleh melebihi 0,005 ppm. Menurut standar baku mutu untuk penggunaan pertanian batas aman merkuri yang diperbolehkan adalah 0,5 ppm (KLH-Dalhousie University Canada, 1992). Sementara Ghosh dan Singh (2005) menuliskan bahwa toksisitas merkuri dalam tanah untuk tanaman sebesar 0,05 ppm.

Mengingat merkuri sangat berpotensi mencemari lingkungan di daerah ini, maka sudah seyogyanya mendapat perhatian serius, agar tidak berdampak negatif kepada penduduk sekitar. Pada kesempatan ini telah dipilih satu metoda remediasi merkuri yang mudah, berbahan baku lokal, yaitu fitoremediasi menggunakan tanaman sengon (*Albazzia falcataria*). Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk memperbaiki kontaminan dari tanah yang tercemar. Makin berkembangnya teknologi fitoremediasi maka tumbuhan hiperakumulator logam menjadi sangat penting. Hidayati (2013)

menjelaskan bahwa tanaman hiperakumulator mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi lebih dari 100 kali melebihi tanaman normal karena terdapat perbedaan serangkaian proses fisiologis dan biokimiawi serta ekspresi gen-gen yang mengendalikan penyerapan, akumulasi dan toleransi tanaman terhadap logam.

Sengon adalah sejenis pohon anggota Fabaceae yang banyak digunakan sebagai penebar dan penghasil kayu. Pohon sengon mempunyai kemampuan beradaptasi yang baik. Tumbuhan ini dapat tumbuh di berbagai kondisi tanah, dan cepat tumbuh. Tekstur tanah yang cocok untuk medium tanaman sengon adalah berlempung dan berpasir, serta tingkat keasaman sekitar 7 dengan suhu antara 18-27°C (Prabowo, 2022). Berdasar kondisi itulah maka sengon dipilih menjadi fitoremediator tanah tercemar merkuri di daerah penelitian.

Metode pemangkasan akar terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan akar-akar lateral baru (Wulandari & Pamujianto, 2014) sehingga dapat meningkatkan infeksi fungi ektomikoriza. Wulandari dkk. (2013) dalam penelitiannya telah memperoleh fakta bahwa pemangkasan akar yang dikombinasikan dengan inokulasi fungi ektomikoriza pada bibit melinjo berumur 7 bulan berpengaruh nyata terhadap persentase tanaman terinfeksi, persentase kolonisasi akar, jumlah akar yang bercabang selama 4 bulan pengamatan.

Mikoriza merupakan salah satu bentuk simbiosis mutualisme antara jamur dan sistem akar tanaman tingkat tinggi. Jamur mikoriza arbuskular (JMA) sendiri merupakan salah satu kelompok jamur tanah biotrof obligat yang tidak dapat tumbuh bila terpisah dari tanaman inang (Simanungkalit, 2006). JMA menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, membentuk jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang bermikoriza tersebut mampu meningkatkan kapasitas dalam penyerapan hara dan air (Rungkat, 2009 dalam Muis *et al.*, 2013).

Percobaan yang dilakukan oleh Huang *et al.* (1995) menunjukkan bahwa hifa eksternal JMA dapat mengambil air tanah yang berada di bawah aras potensial air tanah yang dapat diperoleh tanaman yang tidak bermikoriza. Sistem perakaran yang lebih menyebar dan lebih mendalam pada tanaman yang bermikoriza, meningkatkan efisiensi pengambilan dan penggunaan air (Kabirun, 2004).

Peningkatan proses fitoremediasi pada tanaman sengon melalui pemangkasan akar dan inokulasi JMA adalah peluang yang dapat dipilih dalam penelitian ini. Kedua teknologi ini diharapkan mampu mempercepat pertumbuhan, dan absorpsi logam, sehingga perbaikan tanah yang tercemar merkuri menjadi lebih cepat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada skala laboratorium menggunakan pot. Percobaan fitoremediasi tanah tercemar merkuri dirancang menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Faktor yang diuji adalah perlakuan URP yang terdiri dari ya dan tidak, serta inokulasi JMA (propagul) pada takaran 0. 50. 100 dan 150 g/pot. Parameter yang diukur meliputi pertumbuhan vegetatif tanaman, kadar Hg dan serapan Hg oleh tanaman, serta efisiensi penurunan Hg dalam tanah.

Langkah awal yang dilakukan adalah mencampur secara homogen sampel tanah yang tercemar merkuri dengan kompos sebanyak 10 ton/ha selama 14 hari (Rahyuni, 2004) agar diperoleh medium pertumbuhan yang subur. Kondisi sampel tanah dipertahankan pada kondisi kapasitas lapangan. Selanjutnya, pada sampel tanah dikerjakan inokulasi JMA dengan cara pemberian propagul ke dalam lubang tanam (Sieverding, 1991) sesuai variasi takaran yang telah ditentukan. Kondisi tanah awal sebelum dilakukan fitoremediasi mengandung Hg sebesar 18 ppm.

Setiap pot ditanam satu bibit tanaman. Sebelumnya, tanaman dibersihkan dari tanah media hingga akar telanjang. Pada perlakuan dengan URP, sebelum ditanam, akar tanaman dipotong terlebih dahulu dengan jarak dua per tiga bagian dari leher akar, sedangkan untuk perlakuan tanpa URP, bibit tanaman langsung ditanam dalam medium yang telah disiapkan. Bibit tanaman ditumbuhkan selama 8 bulan. Selama percobaan kadar lengas dipertahankan pada kapasitas lapangan dengan cara penimbangan

Data yang diperoleh dari penelitian dituangkan dalam bentuk tabel dan gambar/grafik. Untuk mengetahui perlakuan yang terbaik sebagai rancangan fitoremediasi, dipilih berdasar hasil analisis statistik menggunakan analisis keragaman dengan α 5 % dan 1 %, dilanjutkan uji BNT (α 5 %) bila terdapat perbedaan yang nyata (Gomez & Gomez, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pertumbuhan Tanaman Sengon

Perlakuan pemangkasan akar dan inokulasi JMA berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan tanaman sengon yang digunakan untuk meremediasi tanah tercemar merkuri di Kokap Kulon Progo Yogyakarta. Perlakuan ini berpengaruh secara mandiri maupun saling berinteraksi diantara keduanya.

Tabel 1. Pertumbuhan tanaman sengon dengan perlakuan URP dan inokulasi JMA setelah delapan bulan masa tanam

URP	Takaran propagul (g/pot)			
	0	50	100	150
Rerata tinggi tanaman (cm)				
Ya	162.7bc	184.7e	173.0de	176.0de
Tidak	123.7a	162.0bc	168.7cd	155.7b
Rerata berat kering trubus (g)				
Ya	85.5d	118.9f	84.0d	76.0c
Tidak	68.0b	90.8e	68.4b	62.4a
Rerata berat kering akar (g)				
Ya	46.3c	105.8e	61.4d	106.2e
Tidak	19.9a	20.2a	26.6b	51.3c

Keterangan: Huruf kecil yang sama di belakang rerata pada setiap parameter tidak ada beda nyata antara satu dengan yang lain berdasar uji BNT α 5%.

Salah satu bagian tanaman yang berpengaruh terhadap proses fitoremediasi tanah tercemar merkuri adalah kemampuan tanaman memproduksi akar. Pemangkasan akar merupakan cara untuk memacu pertumbuhan akar lateral dan menghambat pertumbuhan akar pucuk. Pertumbuhan akar secara lateral akan menambah serabut atau bulu-bulu akar yang berfungsi menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah. Kapasitas penyerapan air dan unsur hara menjadi meningkat yang berkontribusi langsung pada proses fotosintesis. Hasil-hasil fotosintesis akan menyusun biomassa tanaman yang diwujudkan sebagai ukuran tinggi dan berat tanaman.

Tabel 1 menunjukkan bahwa teknik pemangkasan akar memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap tinggi tanaman maupun berat kering trubus dan akar. Perlakuan perenggutan akar-akar baru bisa menghentikan pertumbuhan pucuk yang nyata dan merangsang perkembangan akar-akar berserabut lebat. Semai yang direnggut akarnya mengembangkan rasio pucuk/akar lebih seimbang yang menaikkan keberhasilan penanaman di lapangan. Pemangkasan akar cenderung memperlambat pertumbuhan pucuk dan merangsang perkembangan sistem akar yang berserabut lebih hebat (Marsono dan Soeseno, 1992), sehingga rizosfer diperluas sampai mencapai 12 kali lipat. Pemangkasan akar akan merangsang pertumbuhan perakaran yang lebih banyak, kompak, lebat dan juga akan merangsang pengerasan ujung semai (Ahmad, 1988).

Wulandari, dkk (2015) melalui penelitiannya telah memperoleh hasil bahwa pemangkasan akar pada bibit melinjo umur 7 bulan mampu meningkatkan pertumbuhan bibit melinjo. Lebih lanjut dijelaskan bahwa pemangkasan akar memberikan pengaruh nyata terhadap berat basah dan berat kering akar serta berat basah dan berat kering pucuk bibit melinjo. Hal ini didukung oleh penambahan jumlah akar yang bercabang dan banyaknya cabang baru yang terbentuk akibat kegiatan pangkas akar berpengaruh pada biomassa akar.

Inokulasi JMA juga berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan tanaman sengon. Inokulasi mikoriza ke dalam medium pertumbuhan tanaman sengon menambah perluasan daerah penyerapan akar. Bulu-bulu akar dan hifa-hifa JMA tumbuh menyebar secara bersinergi di dalam tanah. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Kabirun (2004) yang menerangkan bahwa sistem perakaran tanaman bermikoriza lebih menyebar dan lebih mendalam, sehingga mampu meningkatkan efisiensi pengambilan dan penggunaan air. Pada Tabel 1 tampak bahwa takaran propagul sebanyak 50 g/pot sebagai inokulan terbaik untuk tinggi dan biomassa tanaman. Penambahan propagul tidak beda nyata terhadap hasil.

Berdasar analisis keragaman, ternyata pemangkasan akar berinteraksi secara nyata dengan inokulasi JMA dalam pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman, baik tinggi dan biomassa tanaman. Izumi & Finlay (2011) menjelaskan akar lateral baru akibat pangkas akar akan mengundang aktivitas

mikroba, oleh karenanya memperluas akar yang kontak langsung dengan fungi ektomikoriza (Hadi, 2000) dan meningkatkan peluang fungi ektomikoriza untuk menginfeksi jaringan akar (Balasubramanian, *et al.*, 2002). Wulandari, dkk. (2015) menyimpulkan bahwa pemangkasan akar dengan intensitas 30% yang dikombinasikan dengan inokulasi fungi ektomikoriza dalam bentuk inokulum tanah dapat meningkatkan pertumbuhan bibit melinjo dan meningkatkan kolonisasi ektomikoriza.

2. Serapan Merkuri

Fitoremediasi merupakan salah satu metode remediasi dengan mengendalikan peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi, dan mengimobilisasi bahan pencemar logam berat. Pada penelitian ini, tanaman sengon dibiarkan tumbuh dalam tanah tercemar merkuri selama delapan bulan. Dalam rentang waktu tersebut, diperkirakan tanaman sengon telah tumbuh dengan baik dan telah beradaptasi dengan tanah tercemar merkuri, sehingga proses penyerapan merkuri bisa berlangsung dengan baik. Pada waktu tanaman dalam proses pertumbuhan, maka proses penyerapan dan akumulasi merkuri masih berlangsung hingga tercapai kondisi optimum (jenuh) (Chussetijowati, dkk., 2012). Widyati (2011) menulis bahwa umur tanaman dan lamanya waktu tanaman berada pada tanah tercemar sangat menentukan banyaknya serapan logam oleh tanaman tersebut. Arisusanti & Purwani (2013) menyatakan bahwa pada saat menyerap logam berat, tanaman yang adaptif akan membentuk suatu enzim reduktase pada akar. Enzim tersebut berfungsi untuk mereduksi logam yang kemudian diangkut di dalam membran akar.

Kemampuan penyerapan akar terwakili dari kadar Hg di dalam akar. Respirasi yang dilakukan oleh akar akan mendukung proses penyerapan, karena respirasi menghasilkan energi (Marsono dan Soeseno, 1992) yang digunakan oleh akar untuk menyerap unsur-unsur dalam tanah. Respirasi pada prinsipnya adalah penggunaan karbohidrat dan produk fotosintesis untuk membangun dan memelihara seluruh jaringan tumbuhan dan memproduksi energi yang digunakan dalam metabolisme dan penyerapan hara.

Tabel 2. Kadar dan serapan Hg dalam akar sengon dengan perlakuan URP dan inokulasi JMA setelah delapan bulan masa tanam

URP	Takaran propagul (g/pot)			
	0	50	100	150
Rerata kadar Hg (ppb) dalam akar				
Ya	7.91bc	8.24c	9.84d	8.54c
Tidak	3.51a	3.65a	4.01a	3.92a
Rerata serapan Hg (μ g)				
Ya	0.237cd	0.787f	0.577d	0.641e
Tidak	0.070a	0.073a	0.080bc	0.098c

Keterangan: huruf kecil yang sama di belakang rerata pada setiap perlakuan tidak ada beda nyata antara satu dengan yang lain berdasar uji BNT α 5%.

Tabel 2 memperlihatkan bahwa teknik pemangkasan akar berpengaruh sangat nyata terhadap kadar dan serapan merkuri oleh akar tanaman sengon. Kadar dan serapan merkuri dalam akar yang bermikoriza lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hal ini membuktikan bahwa perluasan rizosfer oleh hifa-hifa JMA menambah kapasitas akar untuk menyerap air dan unsur hara, termasuk merkuri yang ada di dalam tanah. Propagul sebanyak 50 g/ha menjadi takaran yang terbaik dalam mendukung proses fitoremediasi Hg dalam tanah. Pada perlakuan ini serapan Hg oleh tanaman sengon rata-rata sebesar 0.787 μ g. Bila inokulasi JMA tidak disertai dengan pemangkasan akar maka serapan Hg nya sangat kecil. Pada takaran propagul yang sama hanya menyerap sebanyak 0.073 μ g.

Takaran propagul yang lebih banyak tidak memberikan hasil yang signifikan. Penjelasan yang dapat disampaikan dalam hal ini ialah, diduga bahwa propagul dalam jumlah yang lebih banyak akan menimbulkan persaingan dalam pengambilan nutrisi untuk perkecambahan dan pertumbuhan spora, sehingga dampaknya tidak nyata terhadap serapan merkuri. Keadaan ini sejalan dengan pernyataan Wulandari, dkk. (2015), ialah penggunaan bibit melinjo yang bermikoriza ternyata memiliki tingkat

kolonisasi ektomikoriza lebih kecil, karena kemungkinan adanya persaingan nutrisi dalam polybag yang berukuran kecil.

3. Efisiensi Penurunan Merkuri Dalam Tanah

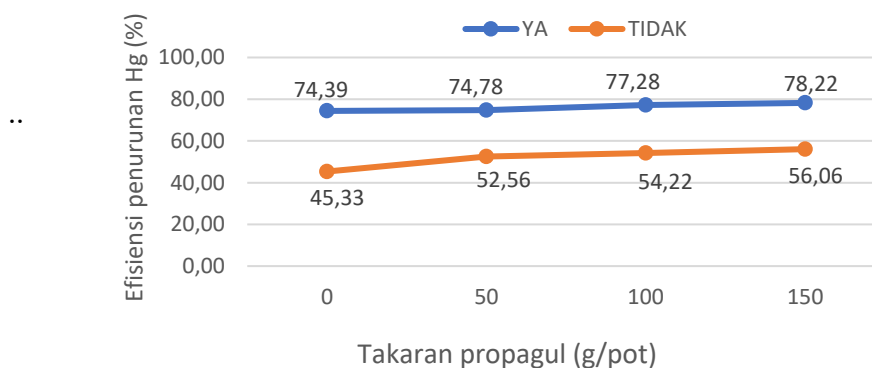
Keberhasilan fitoremediasi akan diikuti dengan penurunan merkuri di dalam tanah yang menjadi media pertumbuhan tanaman sengon selama delapan bulan. Proses absorpsi dari kegiatan bulu-bulu akar menyebabkan logam-logam yang berada di rizosfer akan terserap masuk ke dalam sel-sel akar, sehingga terjadi perpindahan logam dari lingkungan (tanah) masuk ke dalam tubuh tanaman.

Tabel 3. Kadar Hg (ppb) dalam tanah setelah mengalami fitoremediasi selama delapan bulan

Takaran (g/pot)	propagul	URP	
		Ya	Tidak
0		4,61a	9,84c
50		4,54a	8,54b
100		4,09a	8,24b
150		3,92a	7,91b

Keterangan: Huruf kecil yang sama di belakang rerata tidak ada beda nyata antara satu dengan yang lain berdasar uji BNT α 5%.

Pengaruh pemangkasan akar dan inokulasi JMA sangat nyata terhadap kadar Hg dalam tanah paska fitoremediasi, baik secara mandiri maupun interaksi antara keduanya. Kadar Hg yang tersisa dalam tanah oleh tanaman sengon yang bermikoriza lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang tidak bermikoriza. 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.



Gambar 1. Efisiensi penurunan Hg (%) dalam tanah setelah paska fitoremediasi oleh tanaman sengon selama delapan bulan

Pada percobaan ini, merkuri yang terserap ke dalam tanaman hanya diakumulasi di dalam jaringan akar, dan tidak ditranslokasikan ke trubus, karena analisis Hg dalam trubus untuk seluruh perlakuan tidak terdeteksi. Beberapa alasan yang mendasari kejadian ini yaitu berat jenis Hg lebih dari 59 g/cm³ dengan berat molekul 200,59, menyebabkan Hg sulit naik ke bagian trubus. Nuryani & Sutanto (2002) menambahkan bahwa sebagian besar logam bersifat *immobile* (termasuk Hg), maka lebih banyak yang terakumulasi pada bagian akar.

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 sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan. Akar tanaman menyerap limbah logam dari tanah dan mentranslokasinya 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 (Raty, 2014).

Tanah sisa olahan penambangan emas yang ditumbuhi tanaman sengon selama delapan bulan akan 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. Dwidjoseputro (1992) menjelaskan berkurangnya unsur dalam tanah mengikuti teori benang air. Digambarkan bahwa molekul-molekul air berderet-deret mulai dari dalam tanah terus bersambung-sambung di bulu akar dan selanjutnya sampai di daun. Jika suatu molekul air yang berada di daun meloncat di udara (yaitu peristiwa transpirasi), maka molekul air yang meninggalkan daun itu tempatnya segera diduduki oleh molekul air yang semula ada di bawahnya (bergerak karena osmosis). Demikian seterusnya sehingga suatu molekul air yang semula tepat berada di luar bulu akar akhirnya mendapat kesempatan untuk masuk ke dalam sel akar.

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. Berdasarkan kadar Hg yang masih tertinggal di tanah dapat menggambarkan efisiensi penurunan Hg yang dilakukan oleh tanaman sengon. Penurunan Hg lebih banyak terjadi pada tanah yang ditumbuhi tanaman dengan URP dan bermikoriza. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi percepatan pertumbuhan akar lateral maupun perluasan rizosfer oleh hifa-hifa JMA, sehingga tanaman sengon dapat berlaku sebagai fitoremediator tanah tercemar merkuri yang baik. Takaran propagul pada taraf 50 g/pot menyebabkan kadar merkuri dalam tanah turun sebesar 74.78% untuk tanaman dengan URP, sedangkan tanaman tanpa URP dapat menurunkan merkuri dalam tanah sebesar 52.56%. Lebih kecil lagi pada kontrol (tanpa URP dan tanpa mikoriza) hanya turun sejumlah 45,33% (Gambar 1).

Sementara itu, Samar, dkk. (2019) telah melakukan penelitian tentang fitoremediasi merkuri menggunakan kacang kalopo menemukan bahwa kandungan merkuri (Hg) dalam tanah tercemar mengalami penurunan dari 1,4200 mg/kg (kandungan Hg sebelum fitoremediasi) menjadi 0,1188 mg/kg (kandungan Hg setelah fitoremediasi), artinya terjadi penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg) sebesar 91,6338%. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman kacang kalopo telah menyerap sebagian merkuri (Hg) dalam tanah, disamping itu sebagian merkuri (Hg) juga terlepas ke udara melalui penguapan mengingat merkuri (Hg) merupakan salah satu jenis logam berat yang mampu menguap ke atmosfer (Pivetz, 2001 dalam U.S EPA, 2007).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisis statistik dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa teknik pemangkasan akar/URP dan inokulasi JMA berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan dan serapan merkuri oleh tanaman sengon. Propagul sebanyak 50 g/pot yang menyertai teknik URP merupakan takaran terbaik untuk mendukung proses fitoremediasi, dengan efisiensi penurunan merkuri di dalam tanah selama delapan bulan senilai 74.78%, sedangkan kontrol hanya turun 45.33%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad, A. 1988. Pengaruh dan pemotongan akar (*underground root pruning*) terhadap pertumbuhan semai Maranti Merah (*Shorea parvifolia* Dyer) di Kalimantan Selatan. *Disertasi: Program Pascasarjana UGM*.
2. Arisusanti, R. J., dan Purwati, K. I. 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap akumulasi pada tanaman *Dahlia pinnata*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol. 2(2). Hal: 2337-3520
3. Badan Pusat Statistik Kabupaten Kulon Progo. 2008. *Kecamatan Kokap dalam angka*, Mandiri-Jaya, Wates.
4. Balasubramanian, S., Kim, S. J., dan Podila, G. K. 2002. Differential expression of a malate synthase gene during the preinfection stage of symbiosis in the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor*. *New Phytologist*. Vol. 154(2). Hal: 517-527
5. Chussetijowati, J., Tjahaya, P. I., dan Sukmabuana, P. 2012. Fitoremediasi Radionuklida ¹³⁴Cs dalam tanah menggunakan tanaman bayam (*Amaranthus* sp). *Hasil Seminar Nasional ke-16 Teknologi dan Kesehatan PLTN serta Fasilitas Nuklir*. Hal: 282-289

6. Dwidjoseputro, 1992, *Pengantar fisiologi tumbuhan*, PT. Gramedia Pustaka Utama jakarta.
7. Ghosh, M. dan S.P. Singh. 2005. A review on phytoremediation of heavy metal and utilization of its by product. *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol. 3 (2). Hal: 1-18.
8. Gomez, K.A dan A.A. Gomez. 1984. *Statistical procedures for agriculture research*. John Willey and Sons, Inc. 27 – 100; 214 – 222
9. Hadi, S. 2000. Status ektomikoriza pada tanaman hutan di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I*. 1999 November 15-16. Bogor. Indonesia. Bogor (ID): Asosiasi Mikoriza Indonesia.
10. Hidayati, N. 2013. Heavy metal hyperaccumulator plant physiologi. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol. 14(2). Hal: 73-82
11. Huang, J. W; D. I. Grunes & L. V. Kochian. 1995. *Aluminium and calcium transport interactions in intact root and root plasmalemma vesicles from aluminium – sensitive and tolerant Wheat Cultivars*, dalam Date, R. A; N. J. Grundon; G. E. Rayment & M. E. Probert (Eds). *Plant Soil Interactions at low pH: Principles and Management*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, the Netherlands. 297-308
12. Izumi, H. dan Finiay, R. D. 2011. Ectomycorrhizal roots select distinctive bacterial and ascomycete communities in Swedish subarctic forests. *Environmental Microbiology*. Vol. 13(3). Hal: 819-830
13. Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral UPN. 2001. *Laporan Akhir. Pekerjaan Penyusunan Buku Perencanaan Tambang Emas Bawah Tanah di Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo*.
14. Kabirun, S. 2004. *Peranan mikoriza arbuscula pada pertanian berkelanjutan*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
15. KLUH-Dalhousie University Canada. 1992. Environmental Management Development in Indonesia, 5-8 p, In *Indonesian Environmental*. Soil Quality Criteria for Contaminated Sites. Project of the Ministry of State for Population and Environment Republic of Indonesia and Dalhousie University Canada. With support from the Canadian International Development Agency.
16. Marsono, D. & Soeseno, O.H. 1992. *Prinsip-prinsip silvikultur*. Universitas Gadjah Mada University Press.
17. Martaningtyas, D. 2006. *Penambangan logam*. Pikiran Rakyat Bandung.
18. Muis, A., Indradewa, D., dan Widada, J. 2013. Pengaruh inokulasi mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max*, L. Merrill) pada berbagai interval penyiraman. *Vegetalika*. Vol. 2(2). Hal: 7-20
19. Nuryani, S. & Sutanto, R. 2002. Pengaruh sampah kota terhadap hasil dan tahanan hara lompok, *Jurnal Ilmu Tanah & Lingkungan*. Vol. 3 (1). Hal: 24 – 28.
20. Prabowo, M. P. 2022. *Pohon Sengon: klasifikasi, ciri-ciri, jenis dan manfaatnya*. Hutanpedia. <https://lindungihutan.com/blog/pohon-sengon/>. (diunduh tanggal 28 April 2025)
21. Presiden Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*. Jakarta.
22. Rahayu. 2004. *Pendataan penyebaran unsur merkuri pada wilayah Pertambangan emas daerah Gunung Gede, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat*, <http://www.google.co.id>, (diakses tanggal 8 Mei 2010).
23. Rahyuni, D. 2004. Pengaruh bahan organik, jamur mikoriza arbuskula dan cekaman suhu terhadap pertumbuhan dan serapan P serta Al pada tanaman jagung di Alfisol. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
24. Raty, M., *Fitoremediasi upaya mengolah air limbah dengan media tanaman*, <http://ratymusfa.blogspot.com/p/fitoremediasi-upaya-air-limbah-dengan.html> (diakses 25 Desember 2014).
25. Samar, Y. S., Mariwy, A., dan Manuhutu, J. B. 2019. Fitoremediasi merkuri (Hg) menggunakan tanaman kacang kalopo (*Calopogonium mucunoides*). *Scie Map J*. Vol. 2/Nopember 2019. Hal: 93-98
26. Setiabudi, B.T., 2005, *Penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas Kulonprogo*, www.dim.esdm.go.id (diakses 12 Januari 2013).

27. Sieverding, E. 1991. *Vesicular arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystem*. Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit (GTZ) G mb N. Dag Hammavskjola – Veg 1 - 2.
 28. Simanungkalit, R. D. M., Suriardikarta, D. A., Saraswati, R. D., Setyorini, dan Hartatik, W. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati. *Organic Fertilizer and Biofertilizer*. Bogor: Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian.
 29. Tindaon, F. 2012. Fitoremediasi logam berat menggunakan berbagai jenis tanaman sayuran pada tanah mengandung lumpur kering limbah domestik kota Medan. *Fullpapaer Seminar Nasional Universitas HKBP Nommensen*. Hal: 1-8
 30. U.S EPA. 2007. *Treatment technologies for Mercury in soil, waste and water*. Office of superfund Remediation and Technology Inovation, Washington DC. 20460
 31. Widayati, E. 2011. Potensi tumbuhan bawah sebagai akumulator logam berat untuk membantu rehabilitasi lahan bekas tambang. *Jurnal Mitra Hutan Tanaman*. Vol. 6(2). Hal: 46-56
 32. Wulandari, A. S dan Pamujianto, R. 2014. Aplikasi pangkas akar untuk meningkatkan kolonisasi ektomikoriza pada akar melinjo (*Gnetum gnemon*) umur 2 bulan. *Disampaikan pada Seminar Nasional Silvikultur II*. Yogyakarta. 2014 Agustus 28-29. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada
 33. Wulandari, A. S, Supriyanto, dan Febrianingrum, H. W. 2013. Pruning akar teknik untuk meningkatkan kolonisasi ektomikoriza pada akar melinjo. Mikoriza untuk membangun kemanirian pertanian dan pelestarian lingkungan hidup. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza III*. 2013. Nivember 25-26. Bogor. Indonesia. Bogor (ID): Seameo Biotrop. Hal: 21-22
 34. Wulandari, A. S., Supriyanto., dan Febrianingrum, H. M. 2015. Pengaruh pemangkasan akar dan sumber inokulan ektomikoriza terhadap pertumbuhan bibit melinjo (*Gnetum gnemon*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. Vol. 20(3). Hal: 236-241
- =====