

Pengaruh Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Terhadap Kandungan Logam Timbal (Pb) pada Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*)

*(The Effect of the Addition of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for Plumbum (Pb) Metal Content on Sengon (*Paraserianthes falcataria*))*

Juneith O S Nadeak^a, Delvian^b, Deni Elfiati^b

^aMahasiswa Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Jl. Tri Dharma Ujung No.1 Kampus USU Medan 20155 (Penulis Korespondensi: E-mail: juneith.os@gmail.com)

^bStaff Pengajar Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

Abstract

Plumbum (Pb) is an environmental contaminant that risk for human's health, reducing soil function and productivity and damage for plants. Therefore, remediation is need to do such as bioremediation using AMF and sengon as a host. A research was conducted to knowing the effect of the addition of AMF for Pb content on Sengon in green house of Agriculture USU. Analyze of Pb metal was done at Research Laboratory of Pharmacy USU on October 2014- February 2015 using faktorial completely randomize design with two factors, i.e Pb addition (0 and 400 ppm) and doses of mycorrhiza inoculation (0, 25 and 50 g). Parameters measured were root colonization, plant height, stem diameter, root drying weight, crown drying weight, crown root ratio, root Pb content, crown Pb content and soil Pb content after harvest. The results showed that Pb addition affected significantly on plant height, Pb content on root, crown and soil after harvesting parameter. Inoculation of mycorrhiza affected significantly on plant height, stem diameter, drying weight of root and crown. Inoculation of mycorrhiza did not significant on Pb content but capable to increasing Pb content on root, crown and soil. The interaction of the two factors did not affected significantly on all parameters.

Key words: Sengon, Pb, AMF

PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu penyebab pencemaran lingkungan yang utama. Timbal atau Pb adalah logam berat yang umum dijumpai sebagai pencemar. Di kota-kota besar, Pb dikenal sebagai pencemar udara yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Secara alami Pb berasal dari kerak bumi tetapi kebanyakan berasal dari aktivitas manusia seperti pertambangan, perindustrian, dan penggunaan bahan bakar.

Selain dapat mengganggu kesehatan manusia, keberadaan Pb ini juga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan menurunkan fungsi dan produktivitas tanah jika telah melampaui ambang batas. Oleh karena itu, lahan yang telah tercemar logam berat seperti Pb perlu diperbaiki untuk meningkatkan kualitas tanah. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu bioremediasi menggunakan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*) sebagai tanaman inangnya.

Sengon telah terbukti dapat berasosiasi baik dengan mikoriza. Penelitian Setiadi (2001) menunjukkan pertumbuhan sengon bermikoriza 2-3 kali lebih baik dibandingkan sengon tanpa mikoriza. Sengon dikenal sebagai tanaman yang cepat tumbuh dan dapat membantu dalam rehabilitasi lahan. Dengan inokulasi mikoriza diharapkan sengon mampu menurunkan kadar logam Pb dalam tanah melalui penyerapannya ke akar atau tajuk. Menurut Puspitawati (2000) adanya simbiosis antara FMA dengan tanaman inang diharapkan dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam penyerapan unsur hara dan air, selain itu diharapkan pula dapat menyerap dan menjerap zat pencemar seperti Pb yang berada disekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian fungi mikoriza

arbuskula terhadap kandungan Pb pada tanaman *Paraserianthes falcataria*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada Oktober 2014 sampai dengan Februari 2015. Kegiatan penelitian terdiri dari analisis tanah yang dilakukan di Laboratorium Riset dan Teknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Penyiapan media tanam dan tanaman yang dilakukan di rumah kaca, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Pengukuran berat kering tanaman dan kolonisasi akar dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara. Analisis logam Pb dilakukan di Laboratorium Penelitian, Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara.

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan pola 2x3 dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah penambahan Pb dengan 2 taraf, yaitu :

T₀ : Tanpa penambahan Pb

T₁ : Penambahan Pb

Faktor kedua adalah Inokulasi mikoriza (M) dengan 3 taraf, yaitu:

M₀ : tanpa inokulasi mikoriza

M₁ : inokulasi mikoriza dosis 25 gr

M₂ : inokulasi mikoriza dosis 50 gr

Data yang diperoleh akan dianalisis dengan analisis sidik ragam menggunakan SPSS. Apabila terdapat pengaruh yang nyata maka dilakukan uji lanjut berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT) dengan taraf nyata 5%.

Prosedur Penelitian

Tanah yang digunakan adalah Ultisol dari Arboretum USU. Contoh tanah diambil secara komposit

pada kedalaman 0-20 cm, kemudian tanah dicampur hingga rata lalu dikeringudarkan. Tanah yang telah kering udara tersebut diayak dengan ayakan ukuran 2 mm. Analisa awal terhadap kondisi tanah meliputi kandungan Pb, pH tanah, C-organik, dan P-tersedia untuk mengetahui sifat tanah.

Sebelum penanaman, tanaman terlebih dahulu diinokulasi dengan mikoriza. Inokulum mikoriza yang digunakan berasal dari Laboratorium Bioteknologi, IPB. Inokulum yang digunakan merupakan campuran antara *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora* sp dan *Acaulospora* sp.

Contoh tanah dimasukkan ke dalam polybag kecil kemudian dibuat lubang tanam. Inokulum dimasukkan ke dalam lubang tanam diikuti dengan semai *Paraserianthes falcataria* yang telah berumur 2 minggu. Lubang tanam ditutup dan tanaman ditumbuhkan selama 2 minggu untuk kemudian dipindahkan ke tanah tercemar logam berat. Tanaman disiram setiap hari pada sore hari.

Pembuatan media tercemar dilakukan dengan mencampur contoh tanah yang sudah disaring dan pasir dengan perbandingan 2:1 dimasukkan ke dalam polybag dengan berat 3 kg. Timbal nitrat sebagai sumber logam Pb dengan konsentrasi 400 ppm dimasukkan ke dalam polybag yang sudah berisi tanah. Pencampuran dilakukan dengan cara mengaduk tanah kemudian dimasukkan pupuk NPK sebanyak 3 gr.

Setelah semai yang diinokulasi berumur 2 minggu, kemudian dipindah tanamkan ke dalam polybag yang sudah berisi tanah tercemar dengan membuat lubang terlebih dahulu. Tanaman ditumbuhkan di rumah kaca selama 3 bulan dan dilakukan penyiraman setiap hari yaitu pada pagi atau sore hari. Pemeliharaan meliputi pengendalian hama dan mencabut gulma yang tumbuh di sekitar tanaman.

Pemanenan dilakukan setelah tanaman berumur 3 bulan setelah tanam. *Paraserianthes falcataria* dipanen dengan cara memotong pangkal batang tanaman untuk memisahkan bagian tajuk dan akar. Akar dicuci dan dikeringkan kemudian dimasukkan ke dalam kantong kertas. Tanah media tumbuh *Paraserianthes falcataria* yang berada dalam polybag dikeluarkan, diremas-remas dan diaduk hingga merata, kemudian diovenkan. Setelah diovenkan, dilakukan pengukuran terhadap kadar total logam Pb di dalam tanah.

Parameter Pengamatan

a. Persentase kolonisasi akar

Pengamatan kolonisasi FMA pada contoh akar tanaman dilakukan melalui teknik pewarnaan akar (*staining*). Metoda yang digunakan untuk pembersihan dan pewarnaan akar sampel adalah metoda dari Kormanik dan McGraw.

Derajat/persentase kolonisasi akar dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{Kolonisasi akar} = \frac{\sum \text{Bidang pandang bertanda} +}{\sum \text{Bidang pandang keseluruhan}} \times 100\%$$

Penggolongan tingkat infeksi akar adalah berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA dalam Setiadi, dkk (1992), yaitu :

- Kelas 1: infeksi 0- 5% (sangat rendah, +)
- Kelas 2 : infeksi 6 - 26% (rendah, ++).
- Kelas 3 : infeksi 27 - 50% (sedang, +++).
- Keals 4 : infeksi 51 – 75% (tinggi, ++++).
- Kelas 5 : infeksi 76 – 100% (sangat tinggi, +++++).

b. Diameter dan tinggi tanaman

Pengukuran diameter dilakukan dengan menggunakan kalifer pada pangkal batang. Sedangkan pengukuran tinggi dilakukan dengan menggunakan penggaris dari bagian pangkal batang sampai titik tertinggi batang. Pengukuran dilakukan setiap minggu sampai pemanenan. Pada awal pengukuran, pangkal batang diberi tanda menggunakan spidol sebagai acuan untuk pengukuran selanjutnya.

c. Bobot kering tanaman

Setelah pemanenan, tanaman yang sudah dipisahkan bagian tajuk dan akarnya diovenkan selama 2 x 24 jam dengan suhu 80°C sampai beratnya konstan. Kemudian tanaman ditimbang sehingga diperoleh bobot kering akar dan tajuk. Rasio tajuk akar merupakan perbandingan bobot kering tajuk dan bobot kering akar.

d. Kandungan Pb

Pengukuran kandungan Pb pada tanah dan tanaman dilakukan dengan metode destruksi menggunakan HNO₃ dan HClO₄ pekat. (BPT, 2005).

Untuk mendapatkan konsentrasi logam berat sebenarnya maka digunakan rumus:

$$K. \text{Sebenarnya} = \frac{K. \text{AAS} \times \text{volume pelarut}}{\text{Berat specimen}}$$

Keterangan :

K.AAS : Konsentrasi yang didapat melalui pembacaan alat AAS

K. Sebenarnya : Konsentrasi sebenarnya

Vol Pelarut : Volume pelarut

Berat Specimen : Berat specimen yang akan diuji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Analisis Sifat Kimia Tanah

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, tanah yang digunakan sebagai media tanam merupakan tanah yang tidak subur. Tanah memiliki pH masam yaitu 4,93 sedangkan C-organik dan KTK tergolong rendah yaitu 1,02 % dan 12,60 me/100 g. Tanah memiliki P-tersedia yang sangat rendah yaitu 5,80 namun kandungan logam Pb masih berada di bawah ambang batas yaitu 27,93 ppm. Hasil analisis sifat kimia tanah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis sifat kimia tanah

Parameter	Nilai	Kriteria
pH	4,93	Masam
C-organik (%)	1,02	Rendah
KTK (me/100 g me/100 g)	12,60	Rendah
P-tersedia	5,80	Sangat rendah
Logam Pb (ppm)	27,93	Di bawah batas toleransi pencemaran

2. Persentase Kolonisasi Akar

Hasil pengamatan persentase kolonisasi akar dapat dilihat pada Tabel 2.

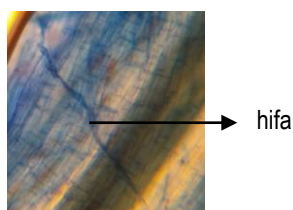
Tabel 2. Persentase kolonisasi akar *Paraserianthes falcataria* umur 3 bulan setelah tanam

Perlakuan	Persentase Kolonisasi (%)	Kriteria
T ₀ M ₀	13	Rendah
T ₀ M ₁	47,5	Sedang
T ₀ M ₂	40,5	Sedang
T ₁ M ₀	19	Rendah
T ₁ M ₁	65,5	Tinggi
T ₁ M ₂	50,5	Tinggi

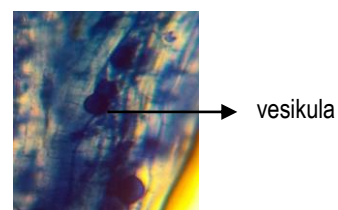
Dari Tabel 2 dapat dilihat persentase kolonisasi akar tertinggi terdapat pada perlakuan T₁M₁ yaitu 65,5 %, sedangkan persentase kolonisasi yang paling rendah terdapat pada T₀M₀ yaitu 13%. Struktur FMA dengan mengkolonisasi akar sengon yang diamati adalah struktur hifa dan vesikula. Struktur FMA yang ditemukan dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Akar tanpa kolonisasi FMA



Gambar 2. Hifa FMA pada akar



Gambar 3. Vesikula FMA pada akar

Gambar 1 menunjukkan penampang akar yang tidak terinfeksi mikoriza dengan tidak ditemukannya struktur hifa, vesikula maupun arbuskula. Pada Gambar 2 dapat dilihat hifa yang terdapat pada sel akar tanaman dan Gambar 3 menunjukkan struktur vesikula dari mikoriza. Vesikula merupakan struktur berbentuk lonjong atau bulat, mengandung cairan lemak, yang berfungsi sebagai organ penyimpanan makanan atau berkembang menjadi klamidospora, yang berfungsi sebagai organ reproduksi dan struktur tahan.

3. Parameter Pertumbuhan

Rekapitulasi analisis sidik ragam diameter, tinggi, berat kering dan rasio tajuk akar tanaman sengon dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi analisis sidik ragam diameter, tinggi, berat kering tanaman dan rasio tajuk akar *Paraserianthes falcataria* berumur 3 bulan setelah tanam

Parameter	Perlakuan		
	Pb (T)	Inokulasi Mikoriza (M)	Interaksi (TxM)
Diameter Tanaman	tn	*	tn
Tinggi Tanaman	*	*	tn
Berat Kering Tajuk	tn	*	tn
Berat Kering Akar	tn	*	tn
Rasio Tajuk Akar	tn	tn	tn

Ket. : * = berpengaruh nyata pada taraf uji F_{0,05}
tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji F_{0,05}

Dari hasil analisis sidik ragam pada Tabel 3 dapat dilihat perlakuan Pb berpengaruh nyata pada tinggi tanaman tetapi tidak berpengaruh nyata pada diameter, berat kering tajuk, berat kering akar dan rasio tajuk akar. Perlakuan inokulasi mikoriza berpengaruh nyata pada diameter, tinggi, berat kering tajuk dan berat kering akar tetapi tidak berpengaruh nyata pada rasio tajuk akar. Interaksi kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap semua parameter pertumbuhan. Untuk mengetahui adanya perbedaan pada parameter yang berpengaruh nyata tersebut maka dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan.

Diameter dan Tinggi Tanaman

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan terhadap diameter tanaman sengon dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata diameter (cm) *Paraserianthes falcataria* umur 3 bulan setelah tanam

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	0,617	0,717	0,750	0,694
T ₁	0,600	0,733	0,817	0,717
Rataan	0,608 a	0,725 b	0,783 b	

Keterangan : Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha = 0.5\%$)

Pada Tabel 4 dapat dilihat diameter tanaman tanpa inokulasi mikoriza berbeda nyata dengan diameter tanaman yang diinokulasi mikoriza namun tidak terdapat perbedaan yang nyata antara dosis M₁ dan M₂. Penambahan logam Pb tidak berpengaruh terhadap diameter tanaman namun tanaman yang diberi logam Pb cenderung memiliki diameter lebih besar yaitu 0,717 cm dibandingkan tanaman yang tidak diberi Pb yaitu 0,694.

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan terhadap tinggi yang disajikan pada Tabel 5 menunjukkan tinggi tanaman tanpa inokulasi mikoriza yaitu 31,17 cm berbeda nyata dengan tanaman dengan inokulasi mikoriza. Dosis inokulasi mikoriza M₁ juga berbeda nyata dengan dosis M₂ yaitu dengan tinggi 34,75 cm dan 41,50 cm. Tinggi tanaman yang diberi logam Pb yaitu 39,39 cm berbeda nyata dibandingkan tanaman yang tidak diberi Pb yaitu 32,22 cm.

Tabel 5. Rata-rata tinggi (cm) *Paraserianthes falcataria* umur 3 bulan setelah tanam

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	28,17	31,00	37,50	32,22 a
T ₁	34,17	38,50	45,50	39,39 b
Rataan	31,17 a	34,75 b	41,50 c	

Keterangan : Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha = 0.5\%$)

Bobot Kering Tajuk dan Akar

Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan inokulasi mikoriza berpengaruh nyata terhadap berat kering tajuk dan Akar. Untuk melihat adanya perbedaan tersebut, dilakukan Uji Jarak Berganda Duncan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Rata-rata bobot kering (g) tajuk *Paraserianthes falcataria* umur 3 bulan setelah tanam

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	7,936	11,896	11,373	10,402
T ₁	9,126	11,696	11,573	10,799
Rataan	8,532 a	11,797 b	11,473 b	

Keterangan : Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha = 0.5\%$)

Tabel 7. Rata-rata bobot kering (g) akar *Paraserianthes falcataria* umur 3 bulan setelah tanam

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	1,506	2,300	3,156	2,321
T ₁	1,330	2,733	3,080	2,381
Rataan	1,418 a	2,517 b	3,118 b	

Keterangan : Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha = 0.5\%$)

Pada Tabel 6 dapat dilihat, bobot kering tajuk tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza yaitu 8,532 g berbeda nyata dengan tanaman yang diinokulasi mikoriza, namun bobot kering tajuk dosis mikoriza M₁ yaitu 11,797 g tidak berbeda nyata dengan dosis mikoriza M₂ yaitu 11,473 g. Pemberian Pb tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering tajuk namun tanaman yang diberi Pb cenderung lebih tinggi yaitu 10,799 g dibandingkan tanaman yang tidak diberi Pb yaitu 10,402 g.

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan terhadap bobot kering akar yang disajikan pada Tabel 7 menunjukkan bobot kering akar tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza yaitu 1,418 g berbeda nyata dengan tanaman yang diinokulasi mikoriza, namun dosis mikoriza M₁ dengan bobot kering akar 2,517 g tidak berbeda nyata dengan dosis mikoriza M₂ dengan bobot kering akar 3,118 g. Pemberian Pb tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering tajuk namun tanaman yang diberi Pb cenderung lebih tinggi yaitu 2,381 g dibandingkan tanaman yang tidak diberi Pb yaitu 2,321 g.

Tabel 8 menunjukkan rata-rata rasio tajuk akar tanaman. Inokulasi mikoriza tidak berpengaruh nyata terhadap rasio tajuk akar. Rasio tajuk akar tertinggi adalah tanaman tanpa inokulasi yaitu 6,157 diikuti tanaman yang diinokulasi mikoriza dosis M₁ yaitu 4,771 kemudian dosis M₂ yaitu 3,907. Pemberian Pb juga tidak berpengaruh nyata terhadap rasio tajuk akar, namun tanaman yang diberi Pb memiliki rasio tajuk akar yang lebih tinggi yaitu 5,086 dibandingkan tanaman yang tidak diberi Pb yaitu 4,803.

Tabel 8. Rata-rata rasio tajuk akar *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen umur 3 bulan setelah tanam

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	5,413	5,201	3,795	4,803
T ₁	6,900	4,339	4,019	5,086
Rataan	6,157	4,771	3,907	

4. Kandungan Pb

Rekapitulasi analisis sidik ragam kandungan Pb disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi analisis sidik ragam kandungan Pb tajuk dan akar *Paraserianthes falcataria* serta kandungan Pb tanah setelah panen

Parameter	Perlakuan		
	Pb (T)	Inokulasi Mikoriza (M)	Interaksi (TxM)
Kandungan Pb Tajuk	*	tn	tn
Kandungan Pb Akar	*	tn	tn
Kandungan Pb Tanah Setelah Panen	*	tn	tn

Keterangan : * = berpengaruh nyata pada taraf uji F_{0.05}
tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf uji F_{0.05}

Dari hasil sidik ragam pada Tabel 9 dapat dilihat perlakuan Pb (T) berpengaruh nyata pada kandungan Pb tajuk, akar dan tanah setelah panen, sedangkan perlakuan inokulasi mikoriza (M) dan interaksi kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap semua parameter.

Kandungan Pb tajuk

Hasil analisis kandungan Pb tajuk disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rata-rata kandungan Pb (ppm) pada tajuk *Paraserianthes falcataria*

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	2,8267	6,2067	4,6200	4,551 a
T ₁	8,3867	10,8533	9,3733	9,538 b
Rataan	5,607	8,530	6,997	

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha = 0.5\%$)

Dari Tabel 10 dapat dilihat kandungan Pb tajuk yang tidak diberi Pb yaitu 4,551 ppm berbeda nyata dengan tanaman yang diberi Pb yaitu 9,538 ppm. Inokulasi mikoriza tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan Pb, namun tanaman tanpa mikoriza

memiliki kandungan Pb yang paling rendah yaitu 5,607 ppm dan yang paling tinggi adalah tanaman yang diinokulasi mikoriza dosis M₁ yaitu 8,530 ppm

Kandungan Pb akar

Pada Tabel 11 dapat dilihat akar tanaman bermikoriza menyerap Pb lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa mikoriza. Akar tanaman yang diinokulasi mikoriza dosis 50 gr (M₂) memiliki kandungan Pb lebih besar yaitu 64,913 ppm dibandingkan dosis 25 gr (M₁) yaitu 55,303 ppm. Tanaman yang diberi perlakuan Pb memiliki kandungan Pb lebih tinggi yaitu 93,042 ppm dibandingkan tanaman yang tidak diberi perlakuan Pb yaitu 16,407 ppm.

Tabel 11. Rata-rata kandungan Pb (ppm) pada akar *Paraserianthes falcataria*

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	9,273	15,713	24,233	16,407 a
T ₁	78,640	94,893	105,593	93,042 b
Rataan	43,957	55,303	64,913	

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha = 0.5\%$)

Kandungan Pb tanah setelah panen

Dari hasil analisis sidik ragam dapat dilihat perlakuan Pb berpengaruh nyata pada kandungan total Pb tanah setelah panen. Sedangkan perlakuan inokulasi mikoriza dan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh nyata. Tabel 12 menunjukkan rata-rata kandungan Pb pada tanah setelah panen.

Tabel 12. Rata-rata kandungan Pb (ppm) pada tanah setelah panen

Pb	Inokulasi Mikoriza			Rataan
	M ₀	M ₁	M ₂	
T ₀	25,7933	22,3233	22,0267	23,381 a
T ₁	210,9667	153,0367	166,6667	176,890 b
Rataan	118,380	87,680	94,347	

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha = 0.5\%$)

Dari Tabel 12 dapat dilihat tanah tanpa inokulasi mikoriza (M₀) memiliki kandungan total Pb paling tinggi yaitu 118,38 ppm dibandingkan tanah dengan inokulasi mikoriza, dan tanah dengan inokulasi mikoriza M₁ memiliki kandungan Pb total yang paling rendah yaitu 94,347 ppm. Pemberian logam Pb pada tanah juga mempengaruhi kandungan total Pb tanah. Tanah yang diberi perlakuan Pb memiliki kandungan total Pb sebanyak 176,890 ppm sedangkan tanah tanpa perlakuan Pb memiliki kandungan total Pb sebanyak 23,381 ppm.

Pembahasan

Analisis tanah

Analisis tanah menunjukkan media tanam memiliki kesuburan yang rendah (Tabel 1.). Nilai pH media penting diketahui untuk menentukan mudah

tidaknya ion-ion unsur hara diserap oleh tanaman dan juga menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman. Tanah yang memiliki pH masam cenderung akan melepaskan ion Al⁺³ yang akan mempengaruhi ketersediaan P. Kapasitas tukar kation merupakan kemampuan koloid untuk memegang kation. Media tanam yang digunakan memiliki kemampuan menyimpan dan melepaskan kation yang rendah yaitu 12,60 me/100 gr tanah. Kapasitas tukar kation memiliki peran penting dalam menyuplai unsur hara dan daya sanga media (Hardiani, 2009).

Pemberian Pb

Pada Tabel 2, dapat dilihat tanaman yang diberi Pb memiliki kolonisasi yang lebih tinggi daripada tanpa pemberian Pb. Hal ini, dikarenakan dengan pemberian Pb, tanaman berada dalam kondisi yang tercekam sehingga semakin bergantung kepada mikoriza. Menurut Chairiyah (2013), semakin banyak logam berat di dalam tanah maka aktivitas mikoriza akan semakin meningkat untuk menginfeksi tanaman dan membentuk hifa di dalam jaringan akar sebagai perlindungan dan mengurangi logam berat.

Pada parameter pertumbuhan (Tabel 3) dapat dilihat bahwa secara keseluruhan perlakuan Pb tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan kecuali parameter tinggi. Tanaman yang diberi perlakuan Pb memiliki pertumbuhan yang lebih tinggi yaitu 39,389 cm dibandingkan tanaman yang tidak diberi perlakuan Pb yaitu 32,222 cm (Tabel 4). Hal yang sama juga terjadi pada parameter pertumbuhan yang lain. Walaupun tidak memberikan pengaruh yang nyata, namun pertumbuhan diameter, bobot kering tajuk dan akar cenderung lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian Pb. Dalam hal ini, kerusakan yang diakibatkan logam Pb belum ditunjukkan tanaman karena jumlah Pb yang masuk ke jaringan tajuk masih di bawah ambang batas kecuali perlakuan T₁M₁. Menurut Soepardi (1983) kisaran logam Pb pada tanaman yaitu 0,1 – 10 ppm. Berichte (1976) dalam Onggo (2006) menyebutkan kerusakan tanaman akan tampak bila kadar Pb antara 30 - 50 ppm.

Penelitian Rosianna (2003) menunjukkan pemberian limbah minyak hasil ekstraksi yang mengandung Pb tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan sengon. Parameter pertumbuhan tersebut berupa jumlah daun dan berat kering akar. Demikian juga pada penelitian Amnah (2015), penambahan Pb sampai 800 ppm tidak berpengaruh dalam menurunkan pertumbuhan tanaman *Mucuna pruriens*. Parameter pertumbuhan seperti berat basah tajuk dan akar serta berat kering tajuk dan akar meningkat dengan peningkatan konsentrasi logam Pb.

Perlakuan Pb berpengaruh nyata terhadap kandungan Pb pada tajuk dan akar tanaman serta tanah setelah panen (Tabel 10, 11 dan 12). Hal ini sesuai dengan pernyataan Apriliani dan Purwani (2013) bahwa tanaman yang tumbuh pada lingkungan dengan kadar logam berat tinggi akan mengandung logam dengan konsentrasi yang tinggi.

Kandungan Pb lebih banyak dijumpai pada akar tanaman dibandingkan pada tajuk. Hal ini disebabkan

karena Pb memiliki mobilitas yang rendah sehingga pengambilan Pb dari tanah dan translokasinya ke tajuk tanaman lebih rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian Amnah (2013), dimana kandungan Pb pada *Mucuna pruriens* lebih tinggi pada bagian akar dibandingkan pada tajuk.

Pada tanah tanpa perlakuan Pb mengandung Pb lebih banyak dari jumlah sebelum penanaman yaitu 27,93 ppm. Sedangkan pada perlakuan Pb, total Pb tanah berkurang dari sebelumnya yaitu 427,93 ppm. Hal ini terjadi karena ion Pb dapat berpindah dari media tanam melalui proses penguapan, ion Pb tersebut berikatan dengan oksigen membentuk ion $Pb(O_3)_2$. Oksigen ikut bereaksi dengan air pada media tanam dan berikatan dengan ion Pb. Timbal tidak seluruhnya masuk ke dalam tanaman disebabkan karena pengendapan Pb yang berupa molekul garam dalam air (Haryati dkk, 2012).

Inokulasi mikoriza

Pada Tabel 2, persentase kolonisasi akar lebih tinggi pada mikoriza dosis 25 g dibandingkan dengan dosis 50 g, baik pada perlakuan tanpa Pb maupun dengan pemberian Pb. Namun kedua dosis mikoriza memiliki kriteria yang sama yaitu sedang pada perlakuan tanpa Pb dan tinggi pada pemberian Pb. Hal ini menunjukkan dosis 50 g dan 25 g tidak berbeda nyata dalam kolonisasi akar. Tanaman tanpa inokulasi mikoriza memiliki persentase kolonisasi lebih rendah dibandingkan tanaman dengan inokulasi mikoriza yaitu 17 % pada perlakuan tanpa Pb dan meningkat menjadi 19 % pada perlakuan Pb.

Secara alamiah mikroorganisme terdapat dalam tanah termasuk mikoriza. Besarnya persentase kolonisasi akar dipengaruhi oleh jenis mikoriza, pH, temperatur, kelembaban, logam berat dan kandungan unsur hara (Wood, 1995). Setiap mikroorganisme secara alami memiliki tingkat toleransi dan kemampuan beradaptasi terhadap logam berat. Mikoriza sendiri memiliki sejumlah mekanisme seperti khelasi logam pada dinding sel hifa, immobilisasi logam oleh glomalin (Khan, 2006) dan mengeluarkan sejumlah asam-asam organik (Ricardo dkk, 2000). Mekanisme ini dapat membantu mikoriza untuk mempertahankan kolonisasinya dalam akar pada tanah yang tercemar logam berat.

Struktur arbuskula sendiri tidak ditemukan pada saat pengamatan disebabkan karena arbuskula merupakan struktur yang dengan cepat mengalami desintegrasi atau terjadi lisis/pecah sehingga sulit dijumpai (Dewi, 2007). Arbuskula merupakan tempat pertukaran nutrisi antara tanaman inang dan mikoriza. Arbuskula dibentuk 2-3 hari setelah infeksi.

Inokulasi mikoriza memberikan pengaruh yang nyata terhadap parameter pertumbuhan mencakup diameter batang, tinggi tanaman, berat kering tajuk dan berat kering akar. Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dikarenakan mikoriza berperan penting dalam penyerapan unsur hara bagi tanaman. Tanaman yang diinfeksi mikoriza akan lebih toleran terhadap kondisi lingkungan yang tercekam (Dewi, 2007).

Hasil analisis tanah menunjukkan kandungan P-tersedia pada tanah tergolong sangat rendah yaitu 5,8

ppm. Kondisi ini akan menguntungkan bagi mikoriza, karena peranan mikoriza dalam mengeksplorasi fosfor dalam tanah akan lebih efektif pada tanah yang mengandung fosfor rendah (Setiawati, dkk, 2003).

Inokulasi mikoriza tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan Pb tanaman maupun dalam tanah setelah panen (Tabel 10, 11 dan 12). Tetapi inokulasi mikoriza dapat meningkatkan kandungan Pb pada tanaman dibandingkan tanpa inokulasi. Kandungan Pb tajuk tertinggi terdapat pada inokulasi mikoriza dosis 25 g (M_1) yaitu 8,53 ppm sedangkan kandungan Pb akar tertinggi terdapat pada inokulasi mikoriza dosis 50 g (M_2) yaitu 64,913 ppm. Hasil yang sama juga diperoleh Amnah (2015) dimana mikoriza tidak memberikan pengaruh secara nyata dalam akumulasi Pb pada tanaman *Mucuna pruriens*.

Perubahan kadar Pb di dalam tanah juga tidak dipengaruhi oleh inokulasi mikoriza secara nyata, namun perlakuan inokulasi mikoriza dapat menurunkan kandungan Pb di dalam tanah dibandingkan tanpa inokulasi. Kadar logam Pb dalam tanah tertinggi terdapat pada tanah tanpa inokulasi mikoriza yaitu 118,38 ppm. Banyaknya total logam Pb yang tertinggal di dalam tanah dipengaruhi oleh besarnya serapan logam oleh tanaman, mikoriza, serta faktor-faktor tanah dan lingkungan. Beberapa faktor tanah yang mempengaruhi serapan logam yaitu jenis tanah, komposisi mineralogi, jenis logam dan interaksinya dengan koloid tanah, konsentrasi logam dan sifat-sifat kimia tanah seperti pH, temperatur dan KTK (Suharno dan Sancayaningsih, 2013).

Perlakuan Pb dan inokulasi mikoriza tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rasio tajuk akar. Pemberian Pb cenderung meningkatkan rasio tajuk akar sementara inokulasi mikoriza menurunkan rasio tajuk akar. Penurunan ini menunjukkan pertumbuhan tanaman yang cenderung ke bagian akar. Hal ini dapat dilihat dengan meningkatnya berat kering akar dengan penambahan mikoriza (Tabel 7.). Rasio tajuk akar merupakan parameter pertumbuhan untuk mengetahui pola distribusi asimilat pada tanaman. Besarnya rasio tajuk akar tergantung spesies, umur, kondisi lingkungan dan musim tumbuh (Hidayat, 2004).

Rasio tajuk akar merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman yang mencerminkan kemampuan dalam penyerapan unsur hara serta proses metabolisme yang terjadi pada tanaman. Hasil berat kering tajuk akar menunjukkan penyerapan air dan unsur hara oleh akar yang ditranslokasikan ke tajuk tanaman. Peningkatan berat akar yang diikuti dengan peningkatan berat tajuk menyebabkan rasio tajuk-akar tidak signifikan (Efendi, 2014).

Interaksi Pb dan Mikoriza

Interaksi antara perlakuan Pb dan inokulasi mikoriza tidak memberikan pengaruh yang nyata pada semua parameter pengamatan (Tabel 3 dan Tabel 9). Hal ini menunjukkan adanya efek mandiri dari masing-masing perlakuan terhadap pertumbuhan tanaman. Hal yang sama juga ditunjukkan pada penelitian Rosianna (2003) bahwa interaksi antara pemberian limbah minyak hasil ekstraksi yang mengandung Pb dan inokulasi mikoriza tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman sengon.

Logam berat dapat menurunkan pertumbuhan tanaman, namun penurunan tersebut dapat dibatasi dengan adanya mikoriza pada akar tanaman. Keberadaan mikoriza pada akar mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Pada parameter pertumbuhan, dapat dilihat bahwa pemberian mikoriza mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik dibandingkan tanpa pemberian mikoriza. Meskipun peningkatan dosis inokulasi mikoriza tidak berpengaruh nyata dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman *Paraserianthes falcataria*. Mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman yang tumbuh pada lahan-lahan yang tercemar logam berat. Peningkatan pertumbuhan tersebut disebabkan karena adanya peranan mikoriza dalam memenuhi nutrisi tanaman dan mengimmobilisasi logam berat oleh senyawa yang dihasilkan mikoriza dan adanya khelasi logam berat dalam hifa fungi (Khan, 2006).

Gamal (2005) mengatakan FMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah-tanah tercemar logam berat. Hal ini disebabkan karena adanya kemampuan mikoriza dalam meningkatkan penyerapan logam berat dan mengimmobilisasikannya di dalam hifa atau disimpan di dalam akar sehingga kadar logam berat di dalam akar tanaman akan lebih besar jika dibandingkan di dalam tajuk. Pb yang larut akan diserap mikoriza pada saat penyerapan air dari dalam tanah, namun Pb tersebut akan ditimbun di dalam hifa sehingga tidak ikut terserap ke dalam tajuk tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hanum (2009) mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui penimbunan unsur tersebut di dalam hifanya.

Akumulasi Pb dalam tanaman dapat melalui dua cara yaitu melalui penyerapan akar dan daun (stomata). Penyerapan melalui akar terjadi jika Pb dalam tanah terdapat dalam bentuk terlarut. Penyerapan melalui daun terjadi karena partikel Pb di udara jatuh pada permukaan daun dan terserap melalui stomata menuju jaringan lainnya. Penyerapan Pb dari tanah dan udara dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan spesies tanaman. Tingkat penyerapan logam oleh tanaman berbeda untuk tiap jenis tanaman (Apriliani dan Purwani, 2013).

Leyval, dkk (2002) menyebutkan kemampuan fungi mikoriza arbuskular dalam meningkatkan toleransi tanaman pada logam berat atau akumulasi logam berat pada tanah tidak bisa ditentukan. Hal ini disebabkan karena pengaruh mikoriza dalam meningkatkan pengambilan logam berat berbeda untuk setiap jenis tanaman tergantung pada jenis mikoriza, konsentrasi dan ketersediaan logam berat serta sifat-sifat tanah (Wang, 2007).

Hildebrandt, dkk (1999) menunjukan salah satu jenis *Glomus* sp dapat meningkatkan akumulasi Zn dan Cd pada akar tanaman semanggi namun tidak pada tunas dan juga tidak berpengaruh pada pertumbuhan tanaman tersebut. Sebaliknya, jenis *Glomus* sp. tersebut diaplikasikan pada tanaman jagung dan rumput-rumputan yang ditumbuhkan pada tanah tercemar logam berat diperoleh hasil bahwa mikoriza tersebut meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menurunkan kandungan konsentrasi Zn pada akar dan tunas. Khan dkk (2000) dalam penelitiannya juga menunjukkan

bahwa tanaman yang diinokulasi mikoriza *Glomus mossae* dan *Glomus macrocarpum* memiliki kandungan Pb dan Zn lebih rendah dibandingkan dengan tanaman kontrol.

KESIMPULAN

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) tidak berpengaruh nyata pada penyerapan logam Pb pada tanaman *Paraserianthes falcataria* tetapi berpengaruh nyata pada parameter pertumbuhannya. Meskipun tidak berpengaruh nyata, namun inokulasi FMA cenderung meningkatkan kandungan logam Pb pada tanaman *Paraserianthes falcataria*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amnah, R. 2015. Pengaruh Mikoriza Arbuskular Terhadap *Mucuna pruriens* dalam Bioremediasi Tanah Tercemar Pb dan Cd. Tesis. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Aprilia, D.D. dan Purwanti, K.I. 2013. Pengaruh Mikoriza *Glomus fasciculatum* Terhadap Akumulasi Logam Timbal (Pb) pada Tanaman *Euphorbia millii*. *Jurnal Sains dan Semi Pomits* Vol.2:E79-E83.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Chairiyah, R.R. 2013. Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Cd, Cu dan Pb dengan Menggunakan Endomikoriza. *Jurnal Online AAgroekoteknologi ISSNNo.2337-6597*. Vol.2 No.1:348-361.
- Dewi, I.R. 2007. Peran, Prospek dan Kendala dalam Pemanfaatan Endomikoriza. Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran. Jatinangor.
- Effendi, R. 2014. Pengaruh Pemberian Asam Humat dan Fosfat Alam Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) pada Main Nursery. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Tamansiswa. Padang.
- Gamal, H.R. 2005. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Phytoremediation of Soil Rhizosphere Spiked With Poly Aromatic Hydrocarbons. *Mycobiol* 33 (1): 41-50.
- Hanum, C. 2009. Ekologi Tanaman. USU Press. Medan.
- Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *BS, Vol. 44, No. 1.: 27-40*

- Haryati, M., Purnomo, T., dan Kuntjoro, S. 2012. Kemampuan Tanaman Genjer (*Limnocharis Flava* (L) Buch) Menyerap Logam Berat Timbal Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *Lateral Bio.* Vol. 1No. 3.
- Hidayat, R. 2004. Kajian Pola Translokasi Asimilat pada Beberapa Umur Tanaman Manggis (*Garcinia Mangstana* L) Muda. *Agrosains* 6 (1): 20-25.
- Hildebrandt, U., Kaldorf, M dan Bothc, H.1999. The Zinc Violet and Its Colonization by Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *J Plant Physiol* 154: 709-717.
- Khan, A.G., C. Kuek., T.M. Chaundry, C.S. Khoo, dan W.J. Hayes. 2000. Role of Plants, Mycorrhizae and Phytochelators in Heavy Metal Contaminated land Remediation. Faculty of Infomatics, Science and Technology, university of Western Sydney, Macarthur, campbelltown NSW 2560. Australia.
- Khan AG. 2006. Mycorrhizoremediation – an enhanced from of phytoremediation. *J Zhejiang Univ Science B* 7 (7): 503-514.
- Leyval, C., E.J. Joner, C. del Val, dan K. Haselwandter. 2002. *Potential of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Bioremediation.* Birkhauser Verlag. Switzerland.
- Onggo, T. M. 2006. Pengaruh Konsentrasi Larutan Berbagai Senyawa Timbal (Pb) terhadap Kerusakan Tanaman, Hasil dan Beberapa Kriteria Kualitas Sayuran Daun Spinasia. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Puspitawati, L. 2000. Kandungan Timbal dalam Tanah dan Kaitannya dengan Kehadiran Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) : Studi Kasus di Sekitar Jalan Tol Jagorawi. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ricardo, L., Ness,L., Vlek PLG. 2000. Mechanism of Calcium and Phosphate Release from Hydroxyapatite by Mycorrhizal Hyphae. *Soil Sci.Soc.Am. J.* 64: 949-955.
- Rossiana, N. 2003. Penurunan Kandungan logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Sengin (*Paraserianthes falcataria* L (Nielsen)) Bermikoriza Dalam Medium limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Setiadi, Y., Mansur, S.W. Budi dan Ahmad. 1992. Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiadi, Y. 2001. Peranan mikoriza arbuskula dalam reboisasi lahan kritis di Indonesia. makalah seminar penggunaan CMA dalam sistem pertanian organik dan rehabilitas lahan. Bandung.
- Setiawati, M.R., A. Nurbaity., BN. Fitriatin., Y. Sumarni. 2013. Peranan Cendawan Mikoriza dalam Meningkatkan Efisiensi Pupuk P dan Kualitas Bibit Kentang pada Andisol Asal Garut. Dalam Seminar Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulum Endo-Ektomikoriza Untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan. Bandung.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Suharno dan Sancayaningsih, R.P. 2013. FungsiMikoriza Arbuskula: Potensi Teknologi Mikorizoremediasi Logam Berat dalam Rehabilitasi Lahan Tambang. *Jurnal Bioteknologi* Vol 10 (1): 31-42
- Wang FY, Lin XG dan Yin R. 2007. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Inoculation on Heavy Metal Accumulation of Maize Grown in A Naturally Contaminated Soil. *International Journal of Phytoremediation* 9: 345-353.
- Wood, M. 1995. *Environmental Soil Biology* (2nd Ed). Chapman & Hall, Cambridge.