

**ANALISIS EFEKTIVITAS ENDOMIKORIZA DAN AMELIORAN TERHADAP  
PEMBENTUKAN JARINGAN KAYU SEMAI JABON MERAH (*Anthocephalus  
macropyllus*)**

*Analysis Of The Effectiveness Of Endomycorrhiza And Ameliorating On The Formation Of  
The Red Jabon Semai Wood (*Anthocephalus macropyllus*)*

**Ceng Asmarahman\***

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jl. Soemantri  
Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, 35145, Lampung, Indonesia

\* Email : [ceng\\_ipk@yahoo.co.id](mailto:ceng_ipk@yahoo.co.id)

Diterima : 27/09/2022, Direvisi : 08/01/2023, Disetujui : 21/01/2023

**ABSTRACT**

*Arbuscular mycorrhizal fungi (FMA) is a potential microbial that can increase plant growth in various conditions of planting media, including in post-mining soil limestone. In the post-mining land, limestone has been found several types of FMA. This type of FMA has the potential as an inoculant source that is thought to increase the growth of the red jabon plant (*anthocephalus macropyllus*). Furthermore PT. Holcim Indonesia Tbk also produces the remaining cement laundering waste (LPS), which has the potential as ameliorating material that can increase the availability of nutrition, improve soil aggregate and increase the growth and formation of plant tissue (xylem). Considering that similar research is still minimal, it is necessary to research the effectiveness of using FMA inoculants and Amelioran material on the growth and formation of Red Jabon Semai Wood (*A. Macropyllus*) in the post-mining soil media. The varied analysis of variables using SPSS software version 10.01 was to determine the effect of treatment and the combination of treatment of the measured variables. At the same time, the analysis of wood anatomy uses the Sass method. The results showed that FMA and Amelioran soil effectively increased the growth and formation of wood networks in *A. Macrophyllus*. The interaction of FMA and LPS treatment can increase the proportion of phloem and xylem and is significant in increasing the proportion of empul. In contrast, the single FMA treatment effectively increases the growth of the proportion of phloem and xylem. Percentage of Increasing Floem Network Proposi M1 Treatment (64.91%), M2 (66.12%), and Increased Xylem Network Composition for M1 Treatment (16.59%) and M2 (16.38%).*

**Keywords:** *Arbuscular mycorrhizal fungi; Ameliorant; Anthocephalus macropyllus; wood network*

**ABSTRAK**

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan mikroba potensial yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada berbagai kondisi media tanam, termasuk pada tanah pascatambang batu kapur. Pada lahan pascatambang batu kapur telah ditemukan beberapa jenis FMA. Jenis FMA ini berpotensi sebagai sumber inokulan yang diduga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jabon merah (*Anthocephalus macropyllus*). Selanjutnya PT. Holcim Indonesia Tbk juga menghasilkan limbah pencucian sisa semen (LPS) yang berpotensi sebagai bahan amelioran yang dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, memperbaiki agregat tanah serta meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan jaringan kayu (xylem) tanaman. Mengingat penelitian sejenis masih sangat terbatas maka perlu dilakukan penelitian tentang efektivitas penggunaan inokulan FMA dan bahan amelioran terhadap pertumbuhan dan pembentukan kayu semai Jabon merah (*A. macropyllus*) pada media tanah pascatambang batu kapur. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan kombinasi

perlakuan terhadap variabel yang diukur digunakan analisis sidik ragam dengan menggunakan software SPSS versi 10.01. Sedangkan analisis anatomi kayumenggunakan metode Sass. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FMA dan amelioran tanah efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan jaringan kayu pada semai *A. macrophyllus*. Interaksi perlakuan FMA dan LPS secara nyata dapat meningkatkan proporsi floem dan xylem serta sangat nyata meningkatkan proporsi empulur. Sedangkan perlakuan tunggal FMA efektif dalam meningkatkan pertumbuhan proporsi floem dan xylem. Persentase peningkatan proporsi jaringan floem perlakuan M<sub>1</sub> (64,91%), M<sub>2</sub> (66,12%), dan peningkatan proporsi jaringan xylem perlakuan M<sub>1</sub> (16,59%) dan M<sub>2</sub> (16,38%).

**Kata Kunci:** Fungi Mikoriza Arbuskula; Amelioran; *Anthocephalus macropyllus*; Jaringan kayu

## PENDAHULUAN

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistis antara fungi (*mykes*) dan perakaran (*rhiza*) tumbuhan tingkat tinggi (Yang *et al.* 2011). Penggunaan FMA membantu penyediaan air, nitrat, fosfat, kalium dan hara lainnya, serta menstabilkan agregat tanah (Smith dan Read 1997; Van Brugen 2000; Mansur *et al.* 2002), perbaikan kesuburan tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (van der Heijden *et al.* 2006), peningkatan resistensi tanaman dari kekeringan (Ruiz-Lozano dan Aroca, 2010), salinitas (Giri dan Mukerjii, 2004), logam berat (Rao dan Tak, 2001), perlindungan akar tanaman dari serangan patogen akar (Pozo *et al.* 2010), produk zat pengatur tumbuh seperti auksin, giberelin dan sitokinin (Ludwig-Müller, 2010).

Pada umumnya kondisi lahan pascatambang tergolong buruk, baik dilihat dari kondisi sifat fisika tanah, kesuburan atau kandungan kimia tanah serta kondisi biologi tanahnya. Tanah pada lahan pascatambang yang terekspos dapat mengakibatkan hilangnya solum tanah, tanah tidak berprofil, terjadi pemadatan tanah, mudah tererosi, kurangnya unsur hara penting, pH tanah berubah, pencemaran oleh logam-logam berat, serta penurunan populasi mikroba tanah (Rusdiana *et al.* 2000; Conesa *et al.* 2005; Setyaningsih 2007; Tamin 2010). Khusus untuk lahan pascatambang batu kapur PT. Holcim Indonesia Tbk kandungan C-organik, N P dan K sangat rendah (Asmarahman *et al.* 2017). Kondisi ini akan mengganggu ekosistem suatu lingkungan, menyebabkan kualitas dan produktivitas lingkungan menurun (Juhaeti *et al.* 2005; Green dan Renault 2007) sehingga sistem ekologi akan mengalami kerusakan (Keraf 2002; Manik 2007), oleh karena itu perlu direhabilitasi. Dalam kegiatan rehabilitasi pemilihan jaban merah (*Anthocephalus macropyllus*) sebagai tanaman ujicoba menjadi penting karena jenis ini tergolong pioner, cepat tumbuh, dan bersifat multiguna dengan kualitas kayu yang cukup baik.

Selanjutnya pada lahan pascatambang batu kapur PT. Holcim Indonesia Tbk telah ditemukan 7 jenis FMA, yaitu *Glomus* sp-1, *Glomus* sp-2, *Gigaspora* sp, *Acaulospora scrobiculata*, *A. tuberculata*, *A. foveata* dan *Sclerocystis sinuosa*, yang bersimbiosis secara alami dengan rizosfer vegetasi bawah (Asmarahman *et al.* 2018). Hasil *trapping* menggunakan media zeolit dan tanaman inang *Prureria javanica* ditemukan 2 jenis FMA *Glomus* sp-1 dan *Glomus* sp-2, yang berpotensi sebagai sumber inokulan dalam meningkatkan pertumbuhan semai jaban merah. Inokulan FMA lokal yang dikembangkan dari propagul setempat disarankan karena lebih efisien, efektif dan adaptif terhadap kondisi tempat tumbuh yang ada (Maiti *et al.* 2011).

Dalam proses produksi PT. Holcim Indonesia Tbk menghasilkan limbah pencucian sisa semen (LPS) yang berpotensi sebagai amelioran yang kaya akan kandungan *calcium carbonate*, *calcium hidroxide*, *dolomite*, *magnesium carbonate*, *magnesium oxide*, serta *calcium sulfate* (Kelly dan Lines 2004) dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, memperbaiki

agregat tanah dan meningkatkan infiltrasi (Donahue dan Auburn 1999), serta dapat meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan jaringan kayu (xylem) pada tanaman. Mengingat penelitian sejenis masih sangat terbatas maka perlu dilakukan penelitian tentang efektivitas penggunaan inokulan FMA dan bahan amelioran tanah terhadap pertumbuhan dan pembentukan kayu semai Jabon merah (*A. macropyllus*) pada media tanah pascatambang batu kapur.

## METODE

### Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari pengamatan pertumbuhan tanaman jabon merah (*A. macropyllus*) yang dilaksanakan di Persemaian PT. Holcim Indonesia Tbk Cibinong, Bogor pada September 2015-April 2016. Tahapan selanjutnya analisis anatomi kayu jabon merah (*A. macropyllus*) dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Penelitian ini dilakukan Mei 2016-Juni 2016 dan data disajikan pada Tahun 2022

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa media pasir, kompos, media tanah pascatambang batu kapur dari PT. Holcim Indonesia Tbk yang telah di sterilisasi, zeolit, benih tanaman jabon merah (*A. macropyllus*), inokulan FMA, kertas label, tisu gulung. Sedangkan alat penelitian yang digunakan berupa bak perkecambahan, gembor, ayakan tanah, alat sterilisasi/autoclave, cawan petri, polybag, spidol permanen, penggaris, jangka sorong, pisau, cangkul, sekop, gunting, objek glass, cover glass, kamera, *microtomedan* mikroskop.

### Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan adalah RAK Faktorial. Penelitian ini terdiri dari 3 faktor perlakuan yaitu perlakuan pertama mikoriza (kontrol ( $M_0$ ), FMA yang berasal dari area liat ( $M_1$ ) dan FMA yang berasal dari batu kapur ( $M_2$ ), Perlakuan kedua fosfat (kontrol ( $P_0$ ) dan  $P_1$ ), dan perlakuan ketiga limbah pencucian sisa semen hasil coran (LPS) (kontrol ( $L_0$ ), dan  $L_1$ ). Jadi total kombinasi perlakuan sebanyak 12 perlakuan, masing-masing perlakuan diulang 5 (lima) kali, sehingga jumlah keseluruhan 60 tanaman.

### Prosedur Penelitian

#### Persiapan media perkecambahan

Media perkecambahan menggunakan pasir halus dan kompos (1:1 v/v), media diayak dengan ayakan berukuran mikro, selanjutnya disterilisasi dengan menggunakan autoclave pada suhu 121 °C; tekanan 1 atm selama 30 menit. Media didinginkan dan ditempatkan pada bak perkecambahan.

#### Perkecambahan

Media perkecambahan dimasukkan ke dalam bak tabur dengan ukuran 20 x 25 cm, media kecamah yang digunakan yaitu pasir dengan kompos (1:1v/v), selanjutnya media disiram dengan air sampai menetes. Setelah itu benih di campur dengan pasir halus dengan perbandingan 2:1 v/v) agar merata pada saat penaburan. Kemudian benih disungkup dengan plastik transparan. Waktu perkecambahan benih selama 2-3 minggu, dan penyiraman dilakukan hingga kapasitas lapang.

## Persiapan media tanam

Media yang digunakan adalah tanah yang diperoleh disekitar quari PT. Holcim Indonesia Tbk Cibinong, pada kedalaman 0-20 cm. Tanah dimasukkan ke dalam karung, diayak dan disterilisasi dengan sistem sangrai, kemudian media tanam didiamkan sampai dingin. Selanjutnya tanah dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 10 cm x 15 cm.

### Penyiapan Bahan Amelioran Tanah (LPS)

Bahan amelioran berupa LPS diperoleh dari tempat pencucian sisa semen dari mobil molen hasil coran, LPS dibersihkan dari bahan-bahan lain seperti kerikil, apabila LPS berbentuk bongkahan maka dihaluskan terlebih dahulu seterusnya LPS dikering anginkan. Bahan LPS ditimbang sebanyak 10 g/bibit sesuai dengan perlakuan masing-masing.

## Persiapan Inokulan dan Pemerangkapan FMA (*Trapping*)

Teknik *trapping* yang digunakan mengikuti metode Brundrett *et al.* (1996) dengan menggunakan pot kultur terbuka. Media tanam yang digunakan berupa campuran contoh tanah sebanyak 50 g dan batuan zeolit sebanyak 150 g. Teknik pengisian media tanam dalam pot kultur adalah pot kultur diisi dengan zeolit sampai setengah volume pot, kemudian dimasukkan contoh tanah dan terakhir di tutup dengan zeolit sehingga media tanam tersusun atas zeolit-contoh tanah-zeolit. Selanjutnya menanam kecambah *Puraria javanica* pada pot. Selanjutnya dilakukan pemeliharaan seperti kegiatan penyiraman, pemberian nutrisi/hara dan pengendalian hama secara manual, kegiatan ini dilakukan selama 3 bulan.

## Inokulasi FMA

Inokulan FMA mix (*Glomus sp-1* dan *Glomus sp-2*) diperoleh dari hasil pot kultur dengan rata-rata kerapatan spora 19 per 10 g ( $M_1$ ) dan 11 per 10 g ( $M_2$ ). Kecambah *A. macropyllus* yang homogen dan sehat dipilih sebagai tanaman uji. Teknik inokulasi mikoriza dilakukan dengan memasukan 10 g inokulan kesetiap *polybag* yang diletakkan dekat akar semai *A. macropyllus* serta penambahan masing-masing pupuk fospat alam dan LPS (limbah pencucian sisa semen hasil coran) sebanyak 10 g. Kemudian lubang tanam ditutup dan posisi tanaman harus tegak.

## Penanaman dan pemeliharaan

Tanaman ditanam selama 6 bulan setelah inokulasi. Pemeliharaan dilakukan dengan menyiram tanaman pada pagi atau sore hari sesuai dengan kondisi media tumbuh, bila kondisi lembab tidak perlu dilakukan penyiraman. Pembersihan dari gulma dan hama bila perlu.

## Pengumpulan Data

### Variabel Utama

Analisis anatomi kayu (bibit *Anthocephalus macropyllus*)

#### 1. Pembuatan contoh uji

Sampel uji diambil sebanyak 3 bibit dari masing-masing perlakuan. Pengambilan contoh dilakukan pada akhir pengamatan di persemaian. Pembuatan sampel uji dilakukan dengan cara mengambil potongan atau irisan melintang pada batang anakan. Pembuatan irisan dilakukan pada ketinggian 1 cm dari pangkal akar. Selanjutnya potongan batang tersebut dijadikan preparat, kemudian preparat difoto dengan menggunakan mikroskop *micro capture* dengan mengacu pada metode Sass (1958).

#### 2. Pengukuran

Pengamatan secara mikroskopis terhadap sayatan contoh uji dilakukan pengukuran terhadap proporsi sel penyusun jaringan xilem, floem, kambium dan empulur. Untuk penghitungan proporsi masing-masing sel penyusun pada semai, maka foto yang

telah diambil selanjutnya diolah dengan menggunakan software Imagej.

### Analisa data

Data pengamatan yang telah dihimpun dalam excel, selanjutnya dilakukan analisis sidik ragam (Anova) dengan menggunakan software SPSS versi 10.01. untuk melihat pengaruh perlakuan dan pengaruh kombinasi perlakuan terhadap semua variabel yang diamati. Apabila hasil Anova menunjukkan hasil beda nyata atau signifikan, maka dilakukan uji lanjutan Duncans New Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95% untuk melihat pengaruh masing-masing taraf perlakuan atau masing-masing taraf dalam kombinasi perlakuan (Gomesz dan Gomez 1995).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis keragaman pengaruh perlakuan fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan bahan amelioran serta interaksinya pada tanaman uji (*A. macrophyllus*) terhadap beberapa parameter pertumbuhan yang diukur menunjukkan pengaruh sangat nyata. Interaksi perlakuan FMA dan LPS secara nyata meningkatkan proporsi floem dan xylem serta sangat nyata meningkatkan proporsi empulur. Sedangkan perlakuan tunggal FMA lokal efektif dalam meningkatkan pertumbuhan proporsi floem dan xylem. Pengaruh faktor tunggal fosfat dan faktor tunggal limbah pencucian sisa semen (LPS) hasil coran mobil molen terhadap pertumbuhan tanaman *A. macrophyllus* menunjukkan pengaruh beda tidak nyata pada semua parameter pertumbuhan yang diukur (Tabel 1).

Tabel 1 Hasil analisis keragaman pengaruh mikorizadan bahan amelioran tanah terhadap beberapa variabel pengamatan pada tanaman uji (*A. macrophyllus*).

Table 1 The diversity analysis result of the effects of mycorrhizae and soil ameliorant materials on several observed variables in the test plant (*A. macrophyllus*).

Variabel Pengamatan	F-hitung						
	M	P	L	M*P	M*L	P*L	M*P*L
Proporsi Floem	27.29**	1.47tn	0.35tn	1.85tn	3.64*	0.35tn	0.44tn
Proporsi Kambium	2.33tn	1.85tn	0.00tn	0.33tn	2.31tn	1.91tn	1.95tn
Proporsi Xylem	9.97**	0.19tn	0.06tn	0.95tn	3.94*	0.88tn	1.34tn
Proporsi Empulur	1.04tn	0.04tn	0.13tn	0.16tn	6.09**	0.23tn	1.15tn

Ket: tn = Berbeda tidak nyata ( $P > 0.05$ ) M = Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

\* = Berbeda nyata ( $P < 0.05$ ) P = Fosfat

\*\* = Berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) L = Limbah pencucian sisa semen hasil coran

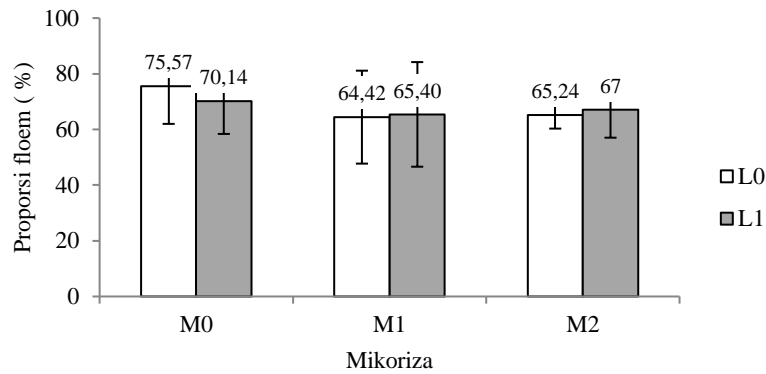
### Pengaruh interaksi perlakuan Mikoriza dengan limbah pencucian sisa semen (LPS) hasil coran mobil molen

Pengaruh interaksi perlakuan FMA dengan pemberian LPS pada tanaman uji *A. macrophyllus*, secara statistik berdasarkan hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa interaksi perlakuan FMA dengan LPS menunjukkan pengaruh beda nyata untuk parameter proporsi floem, proporsi xylem dan proporsi empulur.

#### Proporsi Floem

Pengaruh interaksi perlakuan FMA dengan LPS pada tanaman uji *A. macrophyllus* untuk parameter proporsi floem secara statistik menunjukkan pengaruh beda sangat nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan interaksi perlakuan FMA dengan LPS menunjukkan beda sangat nyata bila dibandingkan dengan kontrol. Nilai rerata proporsi floem tertinggi terdapat perlakuan  $M_0L_0$  yaitu 75.57%. Nilai rerata proporsi floem paling rendah terdapat pada

perlakuan M<sub>1</sub>L<sub>0</sub> yaitu 64.42% (Gambar1).

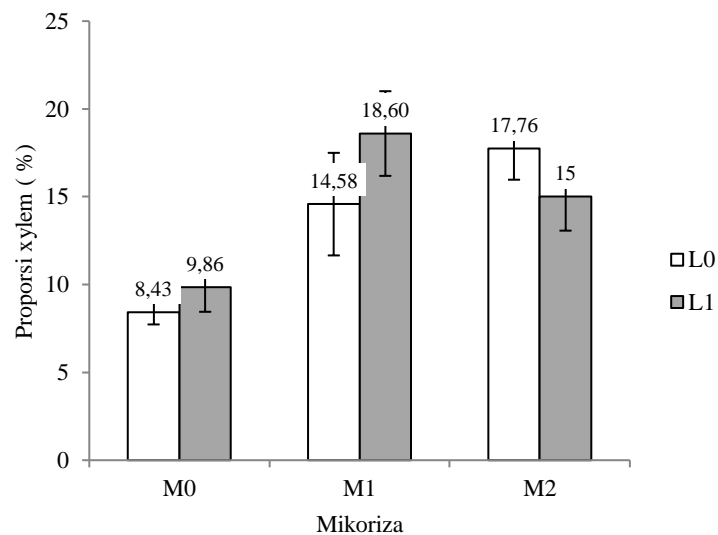


Gambar 1. Pengaruh interaksi perlakuan inokulasi Mikoriza dengan LPS terhadap rerata proporsi floem *A. macrophyllum* umur 6 bulan.

Figure 1. Effect of Inoculation Treatment Inoculation with LPS on the average proportion of Floem *A. Macrophyllum* aged 6 months.

### Proporsi Xylem

Pengaruh interaksi perlakuan FMA dengan LPS pada tanaman uji *A. macrophyllum* untuk parameter proporsi xylem secara statistik menunjukkan pengaruh beda sangat nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan interaksi perlakuan FMA dengan LPS menunjukkan beda sangat nyata bila dibandingkan dengan kontrol. Nilai rerata proporsi xylem tertinggi terdapat perlakuan M<sub>1</sub>L<sub>1</sub> yaitu 18.60 %. Nilai rerata proporsi xylem paling rendah terdapat pada perlakuan M<sub>0</sub>L<sub>0</sub> yaitu 8.43% (Gambar2).



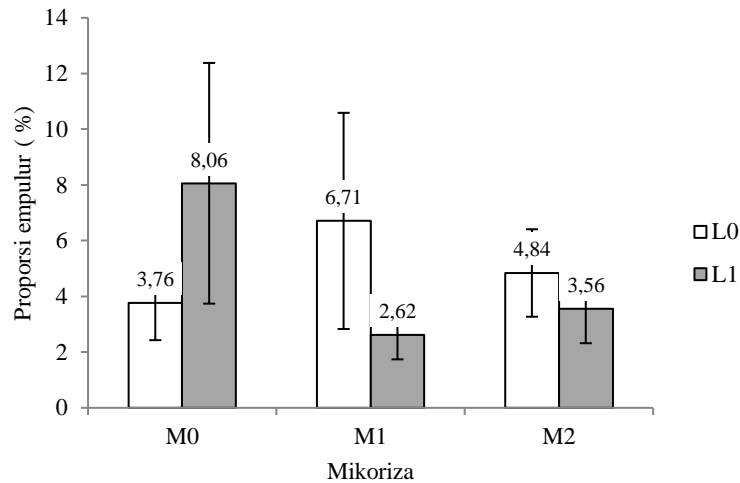
Gambar 2. Pengaruh interaksi perlakuan inokulasi Mikoriza dengan LPS terhadap rerata proporsi xylem *A. macrophyllum* umur 6 bulan.

Figure 2. The interaction effect of mycorrhizal inoculation treatment with LPS on the average proportion of xylem *A. macrophyllum* aged 6 months.

### Proporsi Empulur

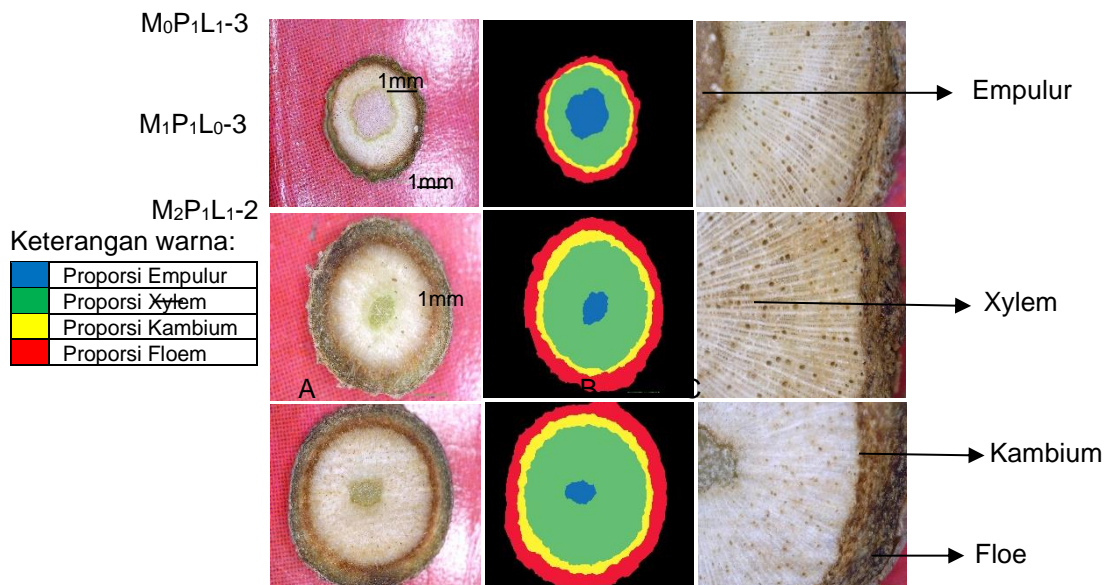
Pengaruh interaksi perlakuan FMA dengan LPS pada tanaman uji *A. macrophyllum* untuk parameter proporsi empulur secara statistik menunjukkan pengaruh beda sangat nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan interaksi perlakuan FMA dengan LPS menunjukkan beda sangat nyata bila dibandingkan dengan kontrol. Nilai rerata proporsi empulur tertinggi terdapat

perlakuan M<sub>0</sub>L<sub>1</sub> yaitu 8 %. Nilai rerata proporsi empulur paling rendah terdapat pada perlakuan M<sub>1</sub>L<sub>1</sub> yaitu 3% (Gambar3).



Gambar3. Pengaruh interaksi perlakuan inokulasi Mikoriza dengan LPS terhadap rerata proporsi empulur *A. macrophyllus* umur 6 bulan.

Figure3. The interaction effect of mycorrhizal inoculation treatment with LPS on the average pith proportion of *A. macrophyllus* aged 6 months.



Gambar 4. Foto melintang jaringan kayu semai *A. macrophyllus* (A), hasil analisis jaringan kayu menggunakan software image-j (B), bagian jaringan pengangkut (C).

Figure4. Transverse photo of *A. macrophyllus* seedling wood network, the result of wood tissue analysis using image-j software (B), part of the transport network (C).

Pengamatan perkembangan jaringan batang semai bibit *A. macrophyllus* dilakukan pada tanaman umur 6 bulan. Pengamatan dilakukan pada bagian batang tanaman dengan memotong bagian melintang batang semai. Secara umum batang terdiri dari dua bagian yaitu bagian luar dan bagian tengah. Bagian luar batang terdiri dari lapisan pelindung yaitu epidermis dan korteks. Bagian tengah (*stele*) terdiri dari xylem di bagian dalam dan floem dibagian luar. Diantara kedua jaringan tersebut terdapat lapisan kambium. Bagian terdalam dari *stele* yaitu disebut empulur (Pandit dan Hidayat 2003).

Hasil uji lanjut Duncan interaksi perlakuan FMA dengan LPS yang memberikan proporsi xylem tertinggi adalah perlakuan M<sub>1</sub>L<sub>1</sub> dengan persentase penambahan 120,64% bila dibandingkan dengan kontrol (M<sub>0</sub>L<sub>0</sub>). Dari hasil analisis terlihat bahwa dengan adanya perlakuan FMA maka proporsi xylem yang terbentuk menunjukkan trend yang meningkat dan untuk proporsi kambium cenderung tidak stabil.

Boyce (1948) menyebutkan bahwa FMA dapat menyediakan auksin yang berperan dalam diferensiasi sel terutama diferensiasi berkas pengangkut, penebalan sekunder, dan menggiatkan kambium membentuk sel-sel baru. Auksin mempengaruhi pengembangan dinding sel. Keberadaan auksin juga berperan dalam peningkatkan rata-rata penambahan diameter batang. Dengan demikian pengangkutan air, unsur hara dan fotosintat meningkat karena aktifitas kambium yang membentuk floem kearah luar dan membentuk xilem ke arah dalam. Hormon lain yang bekerja sinergis dengan auksin dalam proses pertumbuhan kambium adalah giberilin (Gardner *et al.* 1991).

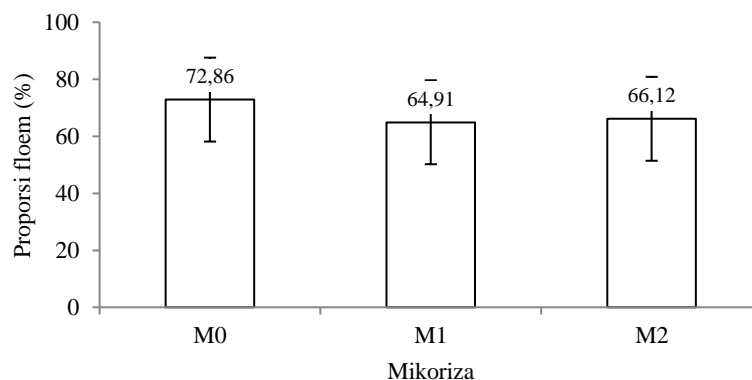
Hormon *indole acetic acid* (IAA) merupakan kunci sinyal pembelahan sel-sel xilem dan floem pada jaringan kambium. Selanjutnya gibberalines (GA's) menstimulir aktifitas meristematik dan perpanjangan sel-sel xilem, serta hormon GA-20 mampu meningkatkan pertumbuhan radial dan longitudinal serat-serat xilem. Pertumbuhan sel-sel kambium juga dipengaruhi oleh musim. Pada kondisi sulit maka sel-sel kambium melakukan dormansi (penebalan dinding sel, lignifikasi dan *autolysis protoplast*). Photoperiode pendek dapat meningkatkan hormon *inhibitor abscisic acid* (ABA) dan menurunkan IAA pada kambium, sehingga kambium masuk ke periode dormansi (tidak ada pembelahan sel). Hormon ABA menurunkan diameter radial tracheid dan menghambat pertumbuhan-pertumbuhan tracheid (Jae-Heung Ko *et al.* (2004).

### Pengaruh inokulasi faktor tunggal Mikoriza (FMA)

Perhitungan secara statistik berdasarkan hasil sidik ragam, inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada tanaman uji (*A. macrophyllus*) menunjukkan pengaruh beda sangat nyata terhadap variabel proporsi floem dan proporsi xylem.

### Proporsi Floem

Untuk melihat perbedaan pengaruh inokulasi FMA dalam pembentukan jaringan tanaman, khususnya pembentukan proporsi jaringan floem maka dilakukan uji Duncan. Hasil uji Duncan terhadap inokulasi FMA pada tanaman uji *A. macrophyllus* menunjukkan bahwa perlakuan M<sub>0</sub> memberikan pengaruh beda nyata terhadap perlakuan M<sub>1</sub> dan M<sub>2</sub>. Dan selanjutnya perlakuan M<sub>1</sub> dengan perlakuan M<sub>2</sub> bila dibandingkan menunjukkan beda tidak nyata. Rerata proporsi jaringan floem tertinggi terlihat pada perlakuan M<sub>0</sub> yaitu 72,86%.



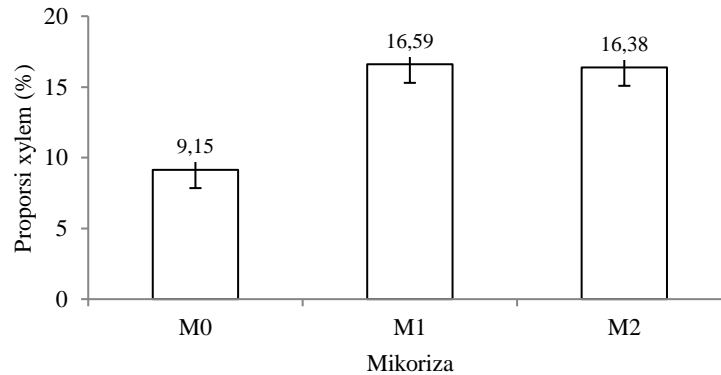
Gambar 5. Pengaruh perlakuan inokulasi mikoriza terhadap rerata proporsi floem semai *A. macrophyllus* umur 6 bulan.

Figure 5. The effect of mycorrhizal inoculation treatment on the average proportion of phloem seeds *A. Macrophyllus* aged 6 months



## Proporsi Xylem

Untuk melihat perbedaan pengaruh inokulasi FMA dalam pembentukan jaringan tanaman, khususnya pembentukan proporsi jaringan xylem maka dilakukan uji Duncan. Hasil uji Duncan terhadap inokulasi FMA pada tanaman uji *A. macrophyllus* menunjukkan bahwa perlakuan  $M_1$  dan  $M_2$  pengaruh beda sangat nyata terhadap perlakuan  $M_0$ . Rerata proporsi jaringan xylem tertinggi terlihat pada perlakuan  $M_1$  yaitu 16.59%.



Gambar 6. Pengaruh perlakuan inokulasi mikoriza terhadap rerata proporsi xylem semai *A. macrophyllus* umur 6 bulan.

Figure 6. Effect of mycorrhizal inoculation treatment on the average proportion of Semai Xylem *A. Macrophyllus* aged 6 months.

Pada dasarnya setiap jenis tanaman akan mengalami proses diferensiasi pada waktu yang berbeda. Menurut Salisbury dan Ross (1995), diferensiasi atau proses tumbuh akan terjadi jika tanaman menerima rangsangan yang tepat dan sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Kondisi lingkungan dan rangsangan yang berbeda akan menyebabkan pendewasaan yang tidak sama pada setiap tanaman. Faktor lain yang mempengaruhi tipe diferensiasi sel-sel di kambium yaitu jumlah nutrisi karbohidrat dan konsentrasi hormon tumbuh (Tavita 2000). Melihat hasil ini serta dikaitkan dengan hasil pengamatan pada parameter lainnya, menunjukkan sesuatu yang semakin konvergen pada semai *A. macrophyllus*. Perlakuan FMA menunjukkan hasil yang positif untuk berbagai parameter pertumbuhan yang diamati, oleh karena itu dari hasil ini sementara dapat disimpulkan bahwa perlakuan FMA mampu mempengaruhi pertumbuhan serta mempengaruhi proporsi perkembangan jaringan batang semai *A. macrophyllus*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Fungi Mikoriza Arbuskula dan amelioran tanah efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan jaringan kayu pada semai *A. macrophyllus* yang ditanam pada media tanah pascatambang batu kapur PT. Holcim Indonesia Tbk pada skala persemaian. Interaksi perlakuan FMA dan LPS secara nyata dapat meningkatkan proporsi floem dan xylem serta sangat nyata meningkatkan proporsi empulur. Sedangkan perlakuan tunggal FMA efektif dalam meningkatkan pertumbuhan proporsi floem dan xylem. Persentase peningkatan proporsi floem perlakuan tunggal  $M_1$  sebesar 64,91%, perlakuan  $M_2$  sebesar 66,12%, dan peningkatan proporsi xylem perlakuan tunggal  $M_1$  sebesar 16,59% dan perlakuan  $M_2$  sebesar 16,38%. Penelitian lebih lanjut terkait pemanfaatan berbagai jenis FMA pada berbagai tanaman kehutanan perlu dilakukan untuk melihat sejauh mana FMA tersebut efektif dalam meningkatkan proporsi jaringan kayu pada tanaman hutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asmarahman C, Budi SW, Wahyudi I, Santoso E. 2017. Species Diversity of Undergrowth Vegetation in Former Silica and Limestone Mining Land at PT. Holcim Indonesia Tbk, West Java. Indonesia. *International Journal of Sciences Basic and Applied Research*. 31(1):206-223.
- Asmarahman C, Budi SW, Wahyudi I, Santoso E. 2018. Identifikasi Mikroba Potensial Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Lahan Pascatambang PT. Holcim Indonesia Tbk. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Volume 8 No.3 Tahun 2018.
- Boyce JS. 1948. *Forest Pathology*. Second Edition. New York (US): McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Majalaczk. 1996. *Working With Mycorrhizasin Forestry and Agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agriculture Research.
- Conesa HM, Angel F, Raquel A. 2005. Heavy metal accumulation and tolerance in plant from mine tailings of the semiarid Cartagena-La Union Mining District ( SE Spain). *Elsevier Science*. 319 (1):1-11.
- Donahue, Auburn. 1999. Liming to Improve Soil Quality in Acid Soils. Soil Quality Institute. Natural Resources Conservation service. United State Departement Agriculture. *Technical Note 8: 36832334-844-4741-x-177*.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta (ID): UI Press.
- Giri B, Mukerji KG. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbaniaaegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence forreduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*. 14:307-312.
- Gomez KA, Gomez AA. 1995. *Prosedur Statistika untuk Penelitian Pertanian*. Edisi Kedua. Jakarta (ID): UI Press. 60(3):85-89.
- Green S, Renault S. 2007. Influence papermill sludge on growth of *Medicago sativa*, *Festuca rubra* and *Agropyron trachycaulum* in gold line tailing: greenhouse study. *Elsevier Science*.151(3):524-531.
- Jae-Heung Ko, Kyung-Hwan Han, Sunchung Park, Jaemo Yang, 2004. [Plant body weight-induced secondary growth in Arabidopsis and its transcription phenotype revealed by whole-transcriptome profiling](#). *Journal Plant Physiology*. Vol 135 Issue 2 page 1069-1083.
- Juhaeti T, Syarif F, Hidayat N. 2005. Inventarisasi tumbuhan potensial untuk fitoremediasi lahan dan air terdegradasi penambangan emas. *Jurnal Biodiversitas*. 6 (1):31-33.
- Kelly, Lines R. 2004. Which Liming Material is Best. Soil Health and Fertility. Soil Management. New South Wales (AU): Departement of Primary Industries.
- Keraf AS. 2002. *Etika Lingkungan*. Jakarta (ID):Penerbit Buku Kompas.
- Ludwig-Müller, J. 2010. Hormonal Responses in Host Plants Triggered by Arbuscular Mycorrhizal Fungi [Chapter 8]. In: Koltai, H. and Kapulnik, Y. (Eds.). *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Pp. 169-190. *Springer*, New York.
- Manik KES. 2007. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta (ID): Penerbit Djambatan.
- Maiti D, Toppo NN, Variar M. 2011. Integration of crop rotation and arbuscular mycorrhiza (AM) inoculum application for enhancing AM activity to improve phosphorus nutrition and yield of upland rice (*Oryza sativa* L). *Mycorrhiza*. 21:659-667.
- Mansur I, Setiadi Y, Primaturi R. 2002. Status of research on mycorrhiza arbuscula associated with tropical tree species. Paper presented at the Four International Wood Science Symposium LIPI-JSPS Core University Program in the Field of Wood Science; 2-3 September 2002. Serpong (ID).
- Pandit IKN, Hidayat R. 2002. Anatomi Kayu. *Pengantar Sifat Kayu Sebagai Bahan Baku*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Pozo, M.J., Jung, S.C., López-Ráez, J.A. dan Azcón-Aguilar, C. 2010. Impact of Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis on Plant Response to Biotic Stress: The Role of Plant Defence Mechanisms [Chapter 9]. In: Koltai, H. dan Kapulnik, Y. (Eds.), *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Pp. 193-207. Springer, New York.
- Rao, A.V. dan Tak, R. 2001. Influence of mycorrhizal fungi on the growth of different tree species and their nutrient uptake in gypsum mine spoil in India. *Applied Soil Ecology*, 17: 279-284.
- Ruiz-Lozano, J.M. dan Aroca, R. 2010. Host Response to Osmotic Stresses: Stomatal Behaviour and Water Use Efficiency of Arbuscular Mycorrhizal Plants [Chapter 11]. In: Koltai, H. and Kapulnik, Y. (Eds.). *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Pp. 239-256. Springer, New York.
- Rusdiana O, Fakuara Y, Kusmana C, Hidayat Y. 2000. Respon pertumbuhan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kepadatan dan kandungan air tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 6(2):43-53.
- Salisbury, F.B., Cleon W Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 1. Bandung: ITB.
- Sass JE. 1958. *Botanical microtechnique*. USA. The IOWA State University Pr.
- Setyaningsih L. 2007. Pemanfaatan cendawan mikoriza arbuskula dan kompos aktif untuk meningkatkan pertumbuhan semai mindi (*Melia azedarach* Linn) pada media tailing tambang emas Pongkor [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Smith SE, Read DJ. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. San Diego (US): Academic Press.
- Tamin RP. 2010. Pertumbuhan semai jabon (*Anthocephallus cadamba* Roxb) pada media pascapenambangan batu bara yang diperkaya fungi mikoriza arbuskula, limbah batu bara dan pupuk NPK [tesis]. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Tavita GE. 2000. Kajian Anatomi Kayu Jati (*Tectona grandis* L.F) dari Propagasi Kultur Jaringan. [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Van Brugen AHC. 2000. In Search of Biological Indicators for Soilhealth and Disease Supression. *Applied Soil Ecology*. 15: 25-36.
- Van der Heijden, M.G.A., Streitwolf-Engel, R., Riedl, R., Sabine, S., Neudecker, A., Ineichen, K., Boller, T., Wiemken, A. dan Sanders, I.R. 2006. Mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition and soil structure in experimental grassland. *New Phytologist*, 172: 739–752.
- Yang AN, Liu L, Zhang N. 2011. The diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the subtropical forest of Huangshan (Yellow Mountain), East-Central china. *World JMicrobiol Biotechnol*. [Doi 10.1007/s11274-011-0702x](https://doi.org/10.1007/s11274-011-0702x).