

## APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) DAN KOMPOS UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN SEMAI JATI (*Tectona grandis* Linn.f.) PADA MEDIA TANAH BEKAS TAMBANG KAPUR

### *(The Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Compost to Improve the growth of Teak Seedlings (*Tectona grandis* Linn. f.) on Limestone Post-mining Soil)*

Retno Prayudyaningsih\* dan Ramdana Sari

Balai Penelitian Kehutanan Makassar  
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 16. Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia, Kode Pos 90243  
Telp. (0411) 554049, Fax. (0411) 554058

\*E-mail: prayudya93@yahoo.com

Diterima 1 Desember 2015; revisi terakhir 7 Maret 2016; disetujui 10 Maret 2016

#### ABSTRAK

Tanah bekas tambang kapur mempunyai karakteristik yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman karena memiliki kualitas tanah yang buruk baik secara kimia, fisika dan biologi. Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman maka upaya yang dilakukan adalah memperbaiki kualitas tanah melalui inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan aplikasi kompos. Asosiasi FMA dengan akar tanaman memperluas permukaan akar sehingga meningkatkan penyerapan air dan unsur hara. Aplikasi kompos, selain bertujuan menyediakan unsur hara, juga meningkatkan porositas tanah sehingga mendukung pertumbuhan tanaman, dan perkembangan FMA. Oleh karena itu efektivitas FMA dan kompos diduga bisa lebih ditingkatkan jika keduanya diaplikasikan secara bersama-sama. Penelitian dilakukan untuk mengetahui efektivitas FMA dan kompos pada pertumbuhan semai jati di media tanah bekas tambang kapur. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial. Terdapat 2 faktor perlakuan yaitu Inokulasi FMA dan Persentase Kompos. Masing-masing taraf perlakuan adalah Inokulasi FMA, yaitu Tanpa mikoriza (K), *Acaulospora* sp. (A), *Gigaspora* sp. (G), dan Campuran *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. (M); dan persentase kompos, terdiri dari Tanpa kompos ( $K_0$ ), kompos 5% ( $K_5$ ), Kompos 10% ( $K_{10}$ ), dan Kompos 15% ( $K_{15}$ ). Hasil penelitian menunjukkan kombinasi inokulasi FMA dan persentase kompos meningkatkan pertumbuhan dan kualitas semai jati. Inokulasi *Gigaspora* sp. dengan kompos 5% ( $GK_5$ ) memberikan respon paling baik untuk diameter batang dan indeks mutu bibit. Jumlah daun paling banyak ditunjukkan oleh semai yang diinokulasi FMA Mix dengan penambahan kompos 5% ( $MK_5$ ). Inokulasi FMA *Acaulospora* sp. dan kompos 15% ( $AK_{15}$ ) menghasilkan biomassa tertinggi. Rasio Pucuk Akar dan persentase kolonisasi FMA paling tinggi terdapat pada semai yang diinokulasi *Gigaspora* sp. dengan kompos 15% ( $GK_{15}$ ). Dengan demikian kombinasi perlakuan terbaik yang direkomendasi untuk menghasilkan semai jati berkualitas adalah  $GK_5$  karena menghasilkan semai dengan tinggi, diameter dan indeks kualitas semai terbaik.

**Kata Kunci:** Fungi Mikoriza Arbuskula, kompos, lahan bekas tambang kapur, jati

#### ABSTRACT

The characteristics of limestone post-mining soil are low physical, chemical and biological soil fertility, which have adverse effect on plant growth. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and compost application is expected to enhance plant growth. AMF association expand nutrients absorption area. Compost application provides nutrients and increases soil porosity, which significantly supports plant growth and AMF development. Therefore, the effectiveness of AMF or compost could be improved if both are applied simultaneously. The study was conducted to determine the effectiveness of the AMF and compost to teak seedling growth on limestone post-mining soil. A completely randomized design was applied with factorial pattern. There are 2 factors of treatment i.e AMF inoculation ( $K$ =without AMF,  $A$ =*Acaulospora* sp.,  $G$ =*Gigaspora* sp., and  $M$ =Mix of *Acaulospora* sp. and *Gigaspora* sp.) and Compost percentage ( $K_0$ =without compost,  $K_5$ =5% compost,  $K_{10}$ =10% compost, and  $K_{15}$ =15% compost). The results showed AMF and compost application improved growth compared to the quality of teak seedling. Inoculation of *Gigaspora* sp. with 5% compost gave the best responses for stem diameter and seedling quality index. The best leaves accretion was denoted by the seedlings that were inoculated by Mix AMF with 5% compost. Inoculation of *Acaulospora* sp. with 15% compost had better growth response for biomass. Root-top ratio and AMF colonization were shown in seedling that was inoculated by *Gigaspora* sp. with 15% of compost. *Gigaspora* sp. with 5% compost, therefore, is the best combination for increasing seedling quality.

**Keywords:** Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), compost, limestone post-mining area, teak

## I. PENDAHULUAN

Bahan baku utama dalam pembuatan semen adalah batu kapur. Sebagai bahan dalam bentuk kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), batu kapur juga dibutuhkan untuk berbagai penggunaan setelah diubah menjadi kapur mentah ( $\text{CaO}$ ) atau kapur mati ( $\text{CaOH}$ ) seperti misalnya dalam industri-industri farmasi, makanan, dan kertas. Sebanyak 80% dari bahan baku pembuatan semen terdiri atas batu kapur, dan tidak kurang dari 50 juta ton batu kapur dibutuhkan setiap tahun untuk memenuhi proses pembuatan semen di semua pabrik semen di Indonesia (Anonim, 2013).

Penambangan batu kapur yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan baku semen ternyata meninggalkan masalah lingkungan, terutama pada lahan-lahan bekas tambangnya. Aktivitas penambangan menyebabkan rusaknya struktur, tekstur, porositas dan kepadatan sebagai karakter fisik tanah yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Kondisi tanah yang kompak karena pemadatan menyebabkan buruknya sistem tata air dan aerasi yang secara langsung dapat membawa dampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Hilangnya lapisan tanah atas (*top soil*) menyebabkan hilangnya unsur hara esensial, seperti nitrogen dan fosfor, yang menjadi masalah utama pada lahan pasca penambangan. Keadaan ini juga menyebabkan buruknya kondisi populasi mikroba tanah yang secara tidak langsung akan memengaruhi pertumbuhan tanaman pada lahan tersebut (Soewandita, 2010).

Upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman pada lahan bekas tambang kapur adalah dengan memperbaiki kualitas tanah diantaranya melalui aplikasi pupuk alami (kompos) dan inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) yang memiliki infektivitas dan efektivitas tinggi. Kompos merupakan pupuk organik yang mengandung unsur hara makro dan mikro serta mampu memperbaiki struktur tanah. Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan mikroba tanah yang bersimbiosis dengan akar tanaman. Melalui simbiosis tersebut tanaman akan mempunyai daerah penyerapan akar yang lebih luas sehingga proses penyerapan unsur hara menjadi lebih efisien. Selain itu keberadaan FMA juga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara terutama Fosfat (P) yang ketersediaannya sangat rendah pada tanah kapur, memperbaiki struktur tanah,

meningkatkan serapan air serta melindungi tanaman dari patogen akar dan unsur toksik.

Selain aplikasi FMA dan kompos, salah satu aspek penting yang harus diperhatikan dalam usaha reklamasi lahan tambang kapur adalah penggunaan tanaman yang sesuai tapak seperti jati (*Tectona grandis* Linn.f.). Tanaman jenis ini mudah tumbuh di daerah tropis dan tidak terlalu terikat pada satu jenis tanah tertentu (Mahfudz *et al.*, 2004). Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka dilakukan penelitian mengenai aplikasi inokulum FMA dan kompos terhadap pertumbuhan semai jati pada media tanah bekas tambang kapur. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi respon pertumbuhan tanaman jati pada media tanah bekas tambang kapur terhadap inokulasi FMA dan kompos.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2010 – Januari 2011 di Rumah Kaca dan Laboratorium Mikrobiologi Balai Penelitian Kehutanan Makassar. Rata-rata suhu udara dan kelembaban udara di rumah kaca adalah 30 – 33°C dan 55 – 66%.

### B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mikroskop, autoklaf, timbangan digital, oven listrik, *object glass* dan *deck glass*, cawan Petri, gelas ukur, *Erlenmeyer*, mistar, *caliper*, gelas plastik, pot plastik, dan bak plastik.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Isomik Mk 1 (isolat FMA indigenous jenis *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp) koleksi Lab Mikrobiologi-Balai Penelitian Kehutanan Makassar, tanah dari lahan bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa, pasir, benih jati (*Tectona grandis* linn.f.). Bahan kimia berupa larutan alkohol 50%, larutan KOH 10%, aquades, larutan HCL 2%, asam laktat, *acid fuchsin*, larutan hipoklorit 2,5% dan kompos.

### C. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial. Perlakuan yang diuji adalah jenis inokulum FMA indigen dan persentase kompos. Tingkatan masing-masing faktor perlakuan yang diujikan adalah:

a. Faktor A (Inokulasi FMA indigenous) terdiri dari:

K = Tanpa inokulasi FMA

- A = Inokulasi dengan FMA jenis *Acaulospora* sp.  
G = Inokulasi dengan FMA jenis *Gigaspora* sp.  
M = Inokulasi dengan FMA campuran *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp.
- b. Faktor B (Penambahan kompos ke dalam media tanam) yaitu:  
K<sub>0</sub> = Tanpa Kompos  
K<sub>5</sub> = Kompos 5 %  
K<sub>10</sub> = Kompos 10 %  
K<sub>15</sub> = Kompos 15 %

Jumlah ulangan adalah 10 buah, dengan demikian jumlah unit percobaan adalah 4 x 4 x 10 = 160 buah. Variabel yang diamati terdiri atas tinggi semai, diameter batang, jumlah daun biomassa, indeks mutu bibit, rasio pucuk-akar, dan persentase kolonisasi FMA pada akar semai jati.

#### D. Tahapan Kegiatan

##### 1. Persiapan Media Kecambah, Media Sapih dan Benih

Media perkecambahan yang digunakan adalah pasir yang telah diayak lalu disterilisasi dengan otoklaf selama 30 menit pada tekanan 15 psi. Media sapih yang digunakan adalah tanah dari lahan bekas tambang kapur PT. Semen Tonasa yang merupakan limbah bahan galian berupa hancuran dan bongkahan batu kapur yang bercampur dengan tanah liat yang tersebar pada areal bekas tambang tersebut. Media tersebut dikering anginkan lalu diayak dan disterilisasi dengan cara fumigasi menggunakan fumigan Dazomet 98% (Prayudyaningsih dan Dania, 2012). Benih tanaman jati diskarifikasi dengan direndam air panas dan dibiarkan selama 24 jam. Sebelum ditabur pada media pasir steril, terlebih dahulu benih jati yang sudah diskarifikasi disterilisasi dengan cara direndam dalam larutan hipoklorit 2,5% selama lima menit.

##### 2. Penyapihan dan Inokulasi FMA

Inokulum FMA yang digunakan adalah Isomik Mk 1 yang terdiri dari jenis *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp., yang diproduksi oleh laboratorium Mikrobiologi, Balai Penelitian Kehutanan Makassar. Isomik Mk 1 merupakan hasil isolasi FMA indigenous dari tanah bekas tambang kapur.

Penyapihan dilakukan pada saat kecambah telah mempunyai dua daun pertama. Kontainer yang digunakan adalah gelas plastik dengan diameter 10 cm dan tinggi 15 cm. Inokulasi dilakukan pada saat

penyapihan dengan cara memberikan inokulum FMA (5 gram/tanaman) sesuai perlakuan di dalam lubang tanam.

##### 3. Pemeliharaan semai

Penyiraman sebanyak 50 ml/tanaman setiap hari serta pemberian larutan hara yang mengandung N - P - K (5 - 1 - 4) dengan dosis 1 g/l air sebanyak 10 ml/tanaman setiap bulan.

##### 4. Pengamatan dan Pengukuran

###### a. Pertambahan Tinggi Semai.

Pengukuran tinggi semai dilakukan dengan menggunakan mistar mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh pucuk semai. Pengukuran tinggi awal semai dimulai setelah semai berumur 2 minggu dan pengukuran selanjutnya dilakukan setiap bulan selama 3 bulan pemeliharaan. Pengukuran dilakukan terhadap semua unit percobaan.

###### b. Pengukuran Diameter Batang.

Pengukuran diameter batang menggunakan mistar geser (*caliper*) dan diukur pada ketinggian sekitar satu cm di atas pangkal batang. Pengukuran dilakukan saat semai berumur 3 bulan untuk semua unit percobaan.

###### c. Pengamatan Pertambahan jumlah daun

Pengamatan pertambahan jumlah daun dilakukan setelah semai berumur 2 minggu untuk semua unit percobaan, dan yang dihitung adalah jumlah daun yang terbentuk.

###### d. Biomassa Semai.

Biomassa semai dihitung berdasarkan berat kering semai. Bagian pucuk dan akar semai dipisah, selanjutnya dioven pada suhu 80°C selama 72 jam dan dilakukan penimbangan hingga mencapai berat konstan. Pengamatan dilakukan terhadap semua unit percobaan

###### e. Rasio Pucuk-Akar (*Top-root ratio*)

Rasio pucuk-akar merupakan perbandingan dari biomassa pucuk dengan biomassa akar semai (Andrade *et al.*, 2015).

$$\text{Rasio Pucuk Akar (RPA)} = \frac{\text{Biomassa Pucuk (g)}}{\text{Biomassa Akar (g)}} \quad (1)$$

###### f. Indeks Mutu Bibit

Indeks mutu bibit diamati untuk mengetahui tinggi rendahnya mutu fisik bibit jati. Penghitungan indeks mutu bibit menggunakan indeks mutu bibit Dickson (Andrade *et al.*, 2015), sebagai berikut:

$$\text{Indeks Mutu Bibit (IMB)} = \frac{\text{Biomassa (g)}}{\frac{\text{Biomassa Pucuk (g)}}{\text{Biomassa Akar (g)}} + \frac{\text{Tinggi (cm)}}{\text{Diameter (mm)}}} \quad (2)$$

#### g. Persentase Kolonisasi FMA.

Pengamatan kolonisasi FMA dilakukan dengan metode pewarnaan akar yang dimodifikasi (Prayudyaningsih, 2008). Pengamatan hanya dilakukan pada 48 perlakuan (tiap perlakuan 3 ulangan) yang dipilih secara acak. Penghitungan persentase kolonisasi akar menggunakan metode panjang akar terkolonisasi (*slide*) menurut Giovannetti dan Mosse (1980). Rumus penghitungan persentase kolonisasi akar adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Kolonisasi FMA} = \frac{\sum \text{bidang pandang akar yang terinfeksi (+)}}{\sum \text{bidang pandang akar keseluruhan}} \times 100\% \quad (3)$$

#### 5. Analisis Data

Data pengamatan yang diperoleh diuji menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance*). Selanjutnya apabila hasil

menunjukkan perbedaan maka dilanjutkan dengan uji lanjutan Beda Nyata Jarak Duncan (BNJD), data dianalisis secara statistik menggunakan program SPSS 15.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. HASIL

Aplikasi kompos dan FMA memengaruhi pertumbuhan diameter batang, penambahan jumlah daun, biomassa, indeks mutu bibit, rasio pucuk akar dan persentase kolonisasi FMA semai jati. Pertumbuhan tanaman jati yang diinokulasi FMA dan diberi kompos menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan tanaman tanpa FMA dan kompos seperti yang terlihat pada Tabel 1. Untuk pertumbuhan tinggi semai jati, kombinasi antara FMA dan kompos berpengaruh tidak nyata, namun pengaruh FMA dan kompos secara tunggal berbeda nyata (Tabel 2 dan 3).

**Tabel 1.** Pengaruh inokulasi FMA dan pemberian kompos dengan dosis tertentu terhadap pertumbuhan semai jati (*Tectona grandis* Linn.f.) umur 3 bulan

**Table 1.** The effect of AMF inoculation and a certain dose compost to the growth of teak seedlings (*Tectona grandis* Linn.f.) at 3 months after planting

Perlakuan (Treatment)	Variabel yang diamati (Variable of observation)					
	Diameter (mm) (Diameter)	Jumlah daun (helai) (Number of Leaves)	Biomassa (g) (Biomass)	Rasio Pucuk Akar (Top Root Ratio)	Indeks Mutu Bibit (Index of Seedling Quality)	Kolonisasi FMA (%) (AMF Colonization)
KK <sub>0</sub>	1,94 a	5 a	0,26 a	0,90	0,07	0 a
AK <sub>0</sub>	3,69 bcd	11 bcde	3,51 cd	1,62	0,66	30,55 bc
GK <sub>0</sub>	4,02 de	11 bcde	3,66 cd	1,35	0,78	32 bc
MK <sub>0</sub>	3,93 cde	12 cde	3,88 de	1,68	0,75	40,55 c
KK <sub>5</sub>	2,35 a	6 a	0,76 a	1,29	0,16	0 a
AK <sub>5</sub>	4,10 de	11 bcde	4,84 ef	2,85	0,63	36,66 c
GK <sub>5</sub>	<b>4,36 e</b>	11 bcde	4,95 ef	2,02	<b>0,84</b>	69,44 d
MK <sub>5</sub>	3,80 bcd	<b>13 e</b>	4,26 de	2,74	0,58	6,65 ab
KK <sub>10</sub>	2,33 a	10 bc	1,11 a	2,31	0,21	0 a
AK <sub>10</sub>	3,35 bc	9 b	2,27 b	3,59	0,37	8,33 ab
GK <sub>10</sub>	3,9 2cde	11 bcde	3,99 de	2,51	0,65	67,20 d
MK <sub>10</sub>	3,65 bcd	12 de	3,35 cd	2,71	0,58	66,06 d
KK <sub>15</sub>	3,3 1b	10 bcde	2,73 bc	2,68	0,47	0 a
AK <sub>15</sub>	4,01 de	11 bcde	<b>5,54 f</b>	2,72	0,78	16,10 abc
GK <sub>15</sub>	4,09 de	12 e	4,78 ef	<b>3,79</b>	0,67	<b>74,97 d</b>
MK <sub>15</sub>	4,27 de	12 e	4,83 ef	2,99	0,73	7,77 ab

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan.

**Remarks:** Number that followed by the same letters at the same column are non significant at 5% level according to Duncan test.

Interaksi antara FMA dan kompos berbeda nyata (Tabel 1). Interaksi FMA dan kompos secara umum meningkatkan diameter, jumlah daun, biomassa, Rasio pucuk akar dan IMB semai jati. Interaksi antara inokulasi FMA jenis *Gigaspora* sp. dan kompos 5% (GK<sub>5</sub>) memberikan respon pertumbuhan diameter

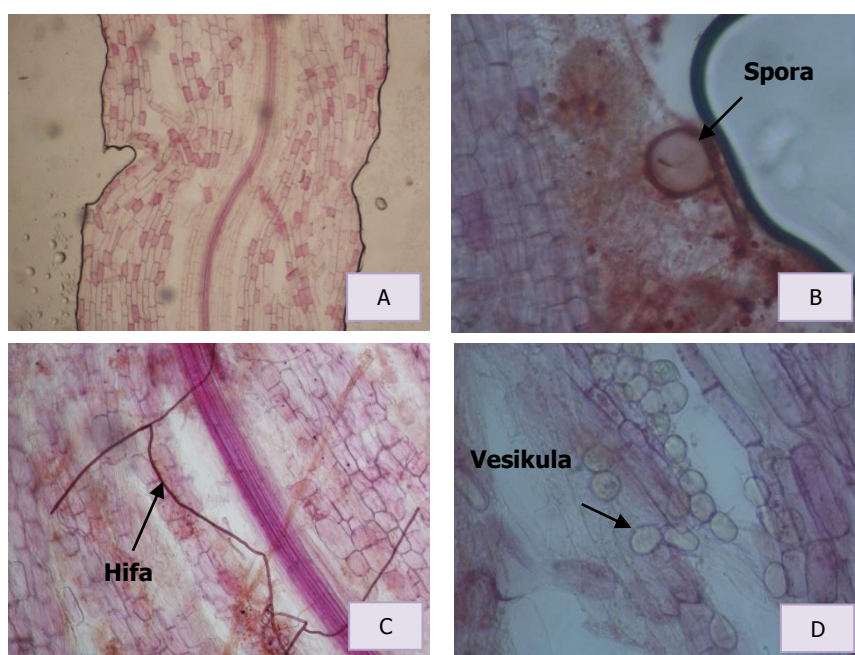
dan IMB terbaik yaitu 4,36 dan 0,84 mm walaupun berbeda tidak nyata dengan AK<sub>5</sub>. Inokulasi FMA Mix dan kompos 15% (MK<sub>15</sub>) memberikan respon jumlah daun tertinggi yaitu 13 helai, walaupun berbeda tidak nyata dengan MK<sub>10</sub>, MK<sub>15</sub>, GK<sub>5</sub>, GK<sub>10</sub>, GK<sub>15</sub>, AK<sub>5</sub> dan AK<sub>15</sub>. Inokulasi FMA *Acaulospora* sp. dan

kompos 15% (AK<sub>15</sub>) memberikan respon biomassa tertinggi yaitu 5,54 g. Inokulasi FMA *Gigaspora* sp dan kompos 15% (GK<sub>15</sub>) memberikan respon RPA yaitu 3,79. Semai jati yang tidak diinokulasi FMA dan diberi kompos (KK<sub>0</sub>) menunjukkan diameter, jumlah daun, biomassa, RPA dan IMB terendah yaitu berturut-turut 1,94 mm, 4,67 helai, 0,26 g, 0,90 dan 0,07.

Pada Tabel 1 juga menunjukkan semai jati yang diinokulasi FMA dan pada medianya tanpa kompos (GK<sub>0</sub>, AK<sub>0</sub> dan MK<sub>0</sub>) menunjukkan perbedaan dan mempunyai diameter (3,69 – 4,02 mm), jumlah daun (11 – 12 helai), biomassa 3,52 – 3,88 g) dan Indeks Mutu Bibit (IMB) (0,66 – 0,78) yang lebih besar dibanding semai jati pada media kompos tanpa inokulasi FMA (KK<sub>5</sub>, KK<sub>10</sub> dan KK<sub>15</sub>) pada media tanamnya (diameter= 2,35 – 3,33 mm; jumlah daun= 6,2 – 9,8 helai; biomassa= 0,77 – 2,73g; IMB= 0,16 – 0,47). Rasio pucuk akar (RPA) semai jati yang diinokulasi FMA dengan media tanpa kompos (GK<sub>0</sub>, AK<sub>0</sub> dan MK<sub>0</sub>)

menunjukkan nilai yang lebih rendah (1,35 – 1,68) dibanding semai jati pada media yang diberi kompos tanpa inokulasi FMA (KK<sub>5</sub>, KK<sub>10</sub> dan KK<sub>15</sub>) yaitu 1,29 – 2,68. Dengan demikian inokulasi FMA cenderung meningkatkan biomasa akar dibanding biomasa pucuk, sehingga menyebabkan RPA tanaman yang bermikoriza lebih rendah.

Persentase infeksi FMA pada perakaran tanaman inang menggambarkan tingkat keberhasilan asosiasi antara mikoriza dengan tanaman inang tersebut (Gambar 1). Hasil pengamatan kolonisasi FMA pada akar semai jati (Tabel 1) menunjukkan semai jati pada perlakuan GK<sub>15</sub>, GK<sub>5</sub>, GK<sub>10</sub> dan MK<sub>10</sub> memiliki tingkat kolonisasi tinggi (>50%) dan berbeda tidak nyata, dengan nilai berturut-turut yaitu 74,97%, 69,44, 67,20 dan 66,06. Sedangkan semai yang tidak diinokulasi mikoriza dan ditanam pada media yang diberi kompos (KK<sub>5</sub>, KK<sub>10</sub> dan KK<sub>15</sub>), tidak memperlihatkan adanya kolonisasi FMA.



**Gambar 1.** Kolonisasi infeksi FMA pada akar tanaman jati, (A) akar yang tidak bermikoriza, perbesaran 20x; (B) akar yang terinfeksi spora, perbesaran 40x; (C) akar yang terinfeksi hifa, perbesaran 20x; (D) akar yang terinfeksi vesikula, perbesaran 40x.

**Picture 1.** The colonization of mycorrhizal infections on teak's root, (A) root without mycorrhizal, magnification of 20x; (B) root infected by spore, magnification of 40x; (C) root infected by hyphae, magnification of 20x; (D) root infected by vesicle, magnification of 40x.

**Tabel 2.** Pengaruh inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula terhadap pertumbuhan Tinggi Semai Jati pada umur 3 bulan

**Table 2.** The effect of AMF inoculation on the height of teak seedlings (*Tectona grandis* Linn.f.) at 3 months after planting.

No.	Jenis Mikoriza (species of <i>Mycorrhizae</i> )	Tinggi (cm) (Height)
1.	K	7,36 a
2.	G	15,01 b
3.	M	15,80 bc
4.	A	16,67 c

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan.

**Remarks:** Number that followed by the same letters at the same column are non significant at 5% level according to Duncan test.

**Tabel 3.** Pengaruh kompos terhadap pertumbuhan tinggi semai jati pada umur 3 bulan

**Table 3.** The effect of compost on the height of teak seedlings (*Tectona grandis* Linn.f.) at 3 months after planting.

No.	Kompos (%) (Compost)	Tinggi (cm) (Height)
1.	K <sub>0</sub>	12,17 a
2.	K <sub>10</sub>	12,35 a
3.	K <sub>15</sub>	15,22 b
4.	K <sub>5</sub>	15,58 b

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata pada taraf 5% menurut uji Duncan.

**Remarks:** Number that followed by the same letters at the same column are non significant at 5% level according to Duncan test.

Tabel 2 menunjukkan inokulasi FMA saja secara nyata memengaruhi tinggi semai jati. Demikian juga dengan pemberian kompos saja pada media tanam semai jati. Namun inokulasi FMA lebih meningkatkan pertumbuhan semai jati dibanding pemberian kompos. Inokulasi FMA mampu meningkatkan tinggi semai jati sebesar 103,94-126,49%, sedangkan pemberian kompos saja pada media semai jati hanya meningkatkan pertumbuhan tinggi sebesar 25,06 - 91,86%. Dengan demikian inokulasi FMA lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan semai jati.

## B. PEMBAHASAN

### 1. Pertambahan tinggi dan diameter semai

Pertumbuhan tanaman jati dipengaruhi oleh unsur hara yang dapat diserap akar tanaman. Tanah dari lahan bekas tambang kapur memiliki unsur hara yang rendah tetapi kandungan Ca-nya sangat tinggi (Prayudyaningsih, 2013). Tingginya kandungan Ca pada tanah akan memfiksasi unsur P, membentuk mineral Kalsium Fosfat (Orcutt dan Nielsen, 2000), sehingga ketersediaan unsur hara P semakin rendah di tanah kapur. Namun adanya asosiasi tanaman

dengan FMA serta penambahan kompos pada media tanam memungkinkan tanaman dapat memperoleh unsur hara yang cukup, sehingga pertumbuhan tinggi dan diameter semai jati meningkat (Tabel 1, 2 dan 3). Fungi Mikoriza mampu meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfat dan beberapa unsur hara lainnya seperti Cu dan Zn (Carvalho *et al.*, 2006; Ozdemir *et al.*, 2010; Nurhayati, 2012; Lehman *et al.*, 2014). Unsur Cu berperan dalam transport elektron pada proses fotosintesis, sedangkan Zn dibutuhkan dalam proses metabolisme dan sebagai kofaktor dalam proses fosfodiesterase (Sheng, 2007; Alloway, 2009). Unsur hara tersebut digunakan oleh tanaman untuk membentuk karbohidrat dalam proses fotosintesis yang nantinya akan bersenyawa dengan bahan - bahan anorganik membentuk protoplasma pada titik tumbuh batang (jaringan meristem), sehingga tanaman akan bertambah tinggi.

Kompos mampu memperbaiki struktur tanah dan menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Namun pada kondisi iklim dan tanah yang berbeda, efektivitas penyerapan hara ini dipengaruhi oleh adanya asosiasi FMA dengan tanaman (Matysiakian *et*

*al.*, 2010). Akar yang bermikoriza mempunyai bidang penyerapan unsur hara yang lebih luas yaitu lebih dari 1.800% (Orcut dan Nielsen, 2000). Lebih luasnya bidang penyerapan unsur hara akan meningkatkan penyerapan unsur hara diantaranya adalah unsur P dan Ca. Meningkatnya kadar P memengaruhi pembentukan Adenosin Trifosfat (ATP) (Buchner, 2007) yang berperan penting dalam proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman seperti pembelahan sel dan pemanjangan sel, respirasi dan fotosintesis. Demikian juga dengan meningkatnya kadar Ca, yang berperan sebagai elemen struktural dinding sel dan membran sel. Kalsium memengaruhi aktivitas pembelahan dan penebalan sel-sel jaringan tanaman (Pinto *et al.*, 2015), sehingga proses diferensiasi menjadi lebih cepat dan pertumbuhan kambium berjalan lebih cepat yang terlihat pada pertambahan diameter batang tanaman. Hasil sama juga ditunjukkan oleh semai *Alstonia scholaris* yang diinokulasi FMA saja ataupun yang pada medianya juga diberi kompos (Prayudyaningsih dan Dania, 2012; Prayudyaningsih, 2013). Dengan demikian, introduksi FMA pada lahan bekas tambang kapur terbukti sangat penting untuk mengoptimalkan penyerapan hara sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman.

## 2. Jumlah daun

Inokulasi FMA dan pemberian kompos secara signifikan memengaruhi jumlah daun semai jati (Tabel 1). Pertumbuhan dan perkembangan daun sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara dalam tanah, terutama nitrogen. Nitrogen diperlukan oleh tanaman untuk melakukan proses-proses metabolisme, terutama pada masa vegetatif. Kompos merupakan pupuk organik yang mengandung unsur hara makro, di antaranya adalah unsur N. Selain itu, kompos juga berperan dalam meningkatkan porositas tanah sehingga memberikan juga ruang hidup yang optimal bagi mikroba tanah seperti FMA. Di sisi lain inokulasi FMA meningkatkan penyerapan unsur hara N oleh akar tanaman (Xie *et al.*, 2014). Oleh karena itu, inokulasi FMA pada tanaman yang medianya diberi kompos akan meningkatkan jumlah daun semai jati. Hal tersebut dikarenakan unsur hara N yang tersedia pada media tanam diserap secara optimal oleh akar tanaman yang bermikoriza.

Fungsi unsur nitrogen dalam tanaman di antaranya adalah untuk sintesis protein yang digunakan dalam pembelahan dan pembesaran sel. Apabila proses tersebut berjalan baik karena tidak terhambat oleh kekurangan unsur N, maka terjadi pembentukan jaringan vegetatif (daun) dan peningkatan ukuran sel sehingga pertumbuhan tanaman dan jumlah daun meningkat (Fitrianah *et al.*, 2012). Selain itu, nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil dalam daun (Laude dan Tambing, 2010). Banyaknya jumlah daun akan meningkatkan proses metabolisme, terutama fotosintesis, sehingga fotosintat yang diedarkan ke seluruh bagian tanamanpun meningkat. Hal ini berkaitan dengan intersepsi cahaya yang diterima oleh daun. Proses fotosintesis yang berlangsung baik akan memacu pembentukan karbohidrat dan protein dalam tubuh tanaman sehingga menyebabkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman menjadi lebih baik.

## 3. Biomassa semai

Aplikasi kompos dengan dosis tertentu dan inokulasi FMA meningkatkan ketersediaan dan penyerapan unsur hara. Hal tersebut selanjutnya akan memengaruhi proses pembentukan dan perkembangan organ tanaman (daun, batang, dan akar). Proses tersebut berhubungan dengan perkembangan sel tanaman, yaitu terbentuknya selulosa dan penebalan dinding sel yang menyebabkan sel tanaman menjadi lebih besar. Hal ini selanjutnya akan memengaruhi berat basah total tanaman yang merupakan hasil pertumbuhan yang diperoleh dari hasil fotosintesis.

Berat basah tanaman yang tinggi akan diikuti pula dengan tingginya berat kering total/biomassa tanaman tersebut. Pertumbuhan tinggi tanaman, batang, dan jumlah daun yang baik akan menghasilkan biomassa tanaman yang lebih baik pula (Andrade *et al.*, 2015). Hasil penelitian ini menunjukkan semai jati yang diinokulasi FMA dan ditanam pada media yang dicampur kompos 5% dan 15% mempunyai biomassa yang lebih baik dibanding semai yang tidak diinokulasi FMA atau hanya ditanam pada media yang dicampur kompos (Tabel 1). Biomassa menunjukkan kemampuan tanaman dalam mengambil unsur hara dari media tanam untuk menunjang pertumbuhannya (Karepesina, 2007). Meningkatnya biomassa tanaman berkaitan dengan metabolisme tanaman atau adanya kondisi pertumbuhan

tanaman yang lebih baik bagi berlangsungnya aktivitas metabolisme tanaman seperti fotosintesis (Turjaman *et al.*, 2003).

Semakin tinggi laju fotosintesis, maka biomassa juga akan semakin tinggi. Biomassa merupakan suatu indikator untuk menentukan kualitas pertumbuhan tanaman karena biomassa mencerminkan status nutrisi tanaman, laju fotosintesis, dan respirasi tanaman. Bucher (2007) dan Rewald *et al.* (2015) menyatakan bahwa pengaruh mikoriza yang paling utama adalah dapat meningkatkan pengambilan unsur fosfat dari tanah, dan meningkatkan biomassa. Kandungan unsur fosfat pada tanaman akan memengaruhi laju fotosintesis dan merangsang pembentukan daun baru yang mengakibatkan biomassa bertambah.

#### **4. Rasio Pucuk Akar (RPA) dan Indek Mutu Bibit (IMB)**

Nilai RPA dan IMB merupakan indikator untuk menentukan kualitas bibit. Hasil penelitian ini menunjukkan kombinasi antara inokulasi FMA dan kompos menghasilkan nilai rasio pucuk akar (RPA) 2 – 5 dan IMB semai jati lebih dari 0,09, sedangkan semai jati yang tidak diinokulasi FMA dan tidak diberi kompos (KK<sub>0</sub>) memiliki RPA kurang dari 2 dan IMB kurang dari 0,09 (Tabel 1). Menurut Mindawati dan Yusnita (2005) dalam Junaedi, *et al.* (2010), bibit yang memiliki nilai RPA berkisar 2 – 5 dan nilai IMB  $\geq 0,09$  sudah memenuhi kriteria untuk siap ditanam di lapangan. Dengan demikian kombinasi antara inokulasi FMA dan kompos dengan dosis tertentu mampu meningkatkan kualitas bibit. Bibit yang berkualitas baik, mempunyai daya hidup yang tinggi pula di lapangan. Hal ini tentu saja akan mendukung keberhasilan kegiatan penanaman terutama pada lahan-lahan marginal seperti lahan bekas tambang kapur.

Menurut Darwo dan Sugiarto (2008), kegagalan pada kegiatan rehabilitasi di antaranya disebabkan oleh kondisi bibit yang tidak mampu hidup di lahan kritis. Hal ini disebabkan karena bibit tidak cukup memperoleh air dan unsur hara, kondisi fisik tanah yang tidak memungkinkan akar berkembang dan proses infiltrasi air hujan. Kondisi ini menyebabkan bibit sering mengalami kematian setelah dipindah ke lapangan karena daya adaptasinya yang rendah pada lahan kritis. Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan tanaman untuk hidup di lahan marginal yaitu menyiapkan bibit yang mampu bersimbiosis

dengan mikroorganisme tanah seperti fungi mikoriza.

Fungi mikoriza mampu meningkatkan kualitas bibit dengan mempercepat pertumbuhan sehingga bibit dapat ditanam tepat pada waktunya dan mudah beradaptasi dengan lingkungan penanaman. Selain keberadaan fungi mikoriza, sistem perakaran semai jati juga dipengaruhi oleh kualitas fisik dan kimia media tanam. Pemberian kompos dapat meningkatkan sifat fisik melalui perbaikan struktur tanah, tekstur tanah, porositas dan peningkatan daya resap tanah terhadap air (Elfianti dan Siregar, 2010). Selain itu, kompos juga meningkatkan ketersediaan unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman.

Hasil penelitian juga menunjukkan inokulasi FMA (AK<sub>0</sub>, GK<sub>0</sub> dan MK<sub>0</sub>) menghasilkan RPA semai jati yang lebih rendah dibanding pemberian kompos dengan persentase tertentu (KK<sub>10</sub> dan KK<sub>15</sub>) pada media semai (Tabel 1). Inokulasi FMA menyebabkan pertumbuhan akar lebih intensif, sehingga biomassa akar tanaman bermikoriza menjadi lebih tinggi. Hal ini menyebabkan RPA tanaman bermikoriza lebih rendah dibanding tanaman tidak bermikoriza. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Abbaspour *et al.* (2012), dimana biomassa akar tanaman bermikoriza lebih tinggi baik pada kondisi cukup air maupun kekurangan air.

#### **5. Persentase kolonisasi FMA**

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan simbiosis obligat mutualistik di dalam akar tanaman yang masih hidup. Bentuk hubungan mutualistik ini terlihat dari tanaman inang yang akan menerima unsur hara sedangkan fungi mikoriza menerima sebagian hasil fotosintesis dalam bentuk karbon. Fungi Mikoriza Arbuskula mempunyai kemampuan berasosiasi dengan 80 - 96% jenis tanaman walaupun efektivitasnya tidak sama untuk setiap tanaman (Smith dan Read, 2008; Yelianti *et al.* 2009).

Simbiosis antara mikoriza dengan tanaman dapat diketahui dengan adanya tingkat infeksi FMA pada akar tanaman. Walaupun, tingginya tingkat infeksi FMA tidak berhubungan dengan peningkatan pertumbuhan tanaman. Pada Tabel 1 menunjukkan semakin tingginya persentase kolonisasi FMA tidak selalu diikuti dengan semakin tingginya respon pertumbuhan tanaman jati. Namun, tidak adanya kolonisasi FMA pada akar tanaman memberikan respon



pertumbuhan yang lebih rendah. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh pertumbuhan semai mindi yang diinokulasi FMA, dimana besarnya persen kolonisasi FMA tidak menunjukkan pengaruh positif bagi pertumbuhan semai mindi (Elfianti dan Siregar, 2010).

Pemberian kompos, tidak hanya bertujuan untuk memperbaiki kualitas fisik dan kimia media tanam. Namun, pemberian kompos juga diharapkan mampu memperbaiki kualitas biologi tanah media tanam. Pengaruh pemberian kompos terhadap perbaikan kualitas biologi tanah adalah dengan menciptakan medium menjadi lebih sesuai, sehingga baik bagi perkembangan perakaran tanaman dan bagi perkembangbiakan mikroorganisme (Elfianti dan Siregar, 2010). Untuk itu pemberian kompos pada media tanam jati bersama-sama dengan inokulasi FMA, tidak hanya bertujuan meningkatkan pertumbuhan tanaman tetapi juga memberikan kondisi nyaman bagi FMA sehingga dapat berkembang secara optimal. Pada akhirnya diharapkan pertumbuhan semai jati lebih meningkat, dibanding apabila hanya diberi kompos pada media tanamnya. Walaupun pada penelitian ini menunjukkan semakin tingginya persentase kompos yang dicampurkan pada media tanam tidak diikuti oleh semakin tingginya tingkat kolonisasi FMA.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### A. KESIMPULAN

Inokulasi FMA dan pemberian kompos meningkatkan pertumbuhan semai jati pada media tanam dari tanah bekas tambang kapur. Inokulasi mikoriza jenis *Gigaspora* sp. yang dikombinasikan dengan kompos 5% memberikan pengaruh terbaik terhadap seluruh parameter pertumbuhan semai jati dan kolonisasi FMA.

##### B. SARAN

Inokulasi FMA *Gigaspora* sp. dan aplikasi kompos 5% terbukti meningkatkan pertumbuhan semai tanaman jati pada media tanam dari tanah bekas tambang kapur, namun demikian belum ada penelitian pada skala lapangan. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas FMA dan kompos terhadap pertumbuhan tanaman jati di lapangan dalam upaya mendukung keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang kapur.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Prita Reski U., Isnadiyah Juhdi, Andi Sri Rahmadania, Edi Kurniawan, Abdul Qudus Toaha dan Mustafa yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan proses pengumpulan data.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour H., S. Saedi-Sar, H. Afshari dan M.A. Abdel-Wahhab. (2012). Tolerance of Mycorrhiza Infected Pistachio (*Pistacia vera* L.) Seedling to Drought Stress Under Glasshouse Condition. *Journal of Plant Physiology*, 169(7), 704 – 709.
- Andrade, F.R., F.A. Petter, B.H. Marimon Junior, L.G. Goncalves, T.R. Schossler, J.C.A. Nobrega. (2015). Formulation of Alternative Substrate in The Initial Formation of Ingazeiro Seedlings. *Science Agraria Paranaensis*, 14(4), 234 – 239.
- Alloway, B.J., (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environ (Abstr). Geochem. Health*, 31(5), 537 - 548.
- Anonim. (2013). <http://www.tempo.co/read/news/2013/12/22/090539325/2014-Kebutuhan-Semen-Akan-Naik-10-Persen>, akses 23 Desember 2013.
- Bucher, M. (2007). Functional Biology of Plant Phosphate Uptake at Root and Mycorrhiza Interfaces. *New Phytologist*, 173(1), 11-26.
- Carvalho, L.M., I. Cacador dan M.A. Martins-Loucao. (2006). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Enhance Root Cadmium and Copper Accumulation in The Roots of The Salt Marsh Plant *Aster Tripolium* L. *Plant and Soil*, 285(1), 161 – 169.
- Darwo dan Sugiarti. (2008). Pengaruh Dosis Serbuk Spora Cendawan *Sclerotinia citrinum* Persoon dan Komposisi Media terhadap Pertumbuhan Tusam di Persemaian. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(5), 461 – 472.
- Elfianti D. dan E.B.M. Siregar. (2010). Pemanfaatan Kompos Tandan Kosong Sawit Sebagai Campuran Media Tumbuh dan Pemberian Mikoriza Pada Bibit Minda (*Melia azedarach*, L.). *Jurnal Hidrolitan*, 1(3), 11 – 12.
- Fitriana, L., S. Fatimah, dan Y. Hidayati. (2012). Pengaruh Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Saponin pada Dua Varietas Tanaman Gendola (*Basella* sp.). *Agrovigor*, 5(1), 34 – 46.
- Giovannetti, M dan B. Mosse. (1980). An Evaluation of Technique for Measuring Vesicular

- Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. *New Phytologist*, 84, 489 – 500.
- Junaedi, A., A. Hidayat, dan D. Frianto. (2010). Kualitas Fisik Bibit Meranti Tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) Asal Stek Pucuk pada Tingkat Umur. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 7(3), 281 – 288.
- Karepesina, S. (2007). *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula dari Bawah Tegakan Jati Ambon (Tectona grandis Linn.f.) dan Potensi Pemanfaatannya*. (Tesis). Bogor: Institut Pertanian. (Tidak dipublikasikan).
- Laude, S. dan Y. Tambing. (2010). Pertumbuhan dan Hasil Bawang Daun (*Allium fistulosum* L.) pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang Ayam. *Jurnal Agroland*, 17(2), 144 – 148.
- Lehman, A., S. D., Veresoglou, E. F. Leifheit, and M. C. Rillig. (2014). Arbuscular Mycorrhizal Influence on Zinc Nutrition in Crop Plants-A Meta-analysis. *Soil Biology & Biochemistry*, 69, 123 – 131.
- Mahfudz, M., A. Fauzi, Yuliah, T. Hermawan, Prastyono, dan Supriyanto. (2004). *Sekilas Jati*. Yogyakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, p. 30-33.
- Matysiakan, B. and G. Falkowski. (2010). Response of Three Ornamental Plant Species to Inoculation With Arbuscular Mycorrhizal Fungi Depending on Compost Addition to Peat Substrate and The Rate of Controlled Release Fertilizaer. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18(2), 321 – 333.
- Nurhayati. (2012). Infektivitas Mikoriza pada Berbagai Jenis Tanaman Inang dan Beberapa Jenis Sumber Inokulum. *Jurnal Floratek*, 7(1), 25 – 31.
- Orcutt, D.M and E.T. Nielsen. (2000). *Physiology of Plants Under Stress: Biotic Factor*. Canada: John Wiley & Sons Inc.
- Ozdemir, G., A. Akpinar, A. Sabir, H. Bilir, S. Tangolar and I. Ortas. (2010). Effect of Inoculation with Mycorrhizal Fungi on Growth and Nutrient Uptake of Grapevine Genotypes (*Vitis* sp.). *European Journal of Horticultura Science*, 75 (3), 103 – 110.
- Pinto, M. C. X., A. H., Kihara, V.A.M. Goulart, F. M. P., Tonelli, K. N., Gomes, H. Ulrich and R. R. Resende. (2015). Calcium Signaling and Cell Proliferation. *Cellular Signalling*, 27(11), 2139 – 2149.
- Prayudyaningsih, R. (2008). *Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di Lahan Bekas Tambang Kapur, PT. Semen Tonasa dan Efektivitasnya Terhadap Pertumbuhan Semai Kersen (Muntingia calabura L.)*. (Tesis). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. (Tidak dipublikasikan).
- Prayudyaningsih, R. dan A. S. R. Dania. (2012). Efek Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan Kompos terhadap Pertumbuhan Semai Pulai (*Alstonia scholaris* (L.)R.Br) pada Media Semai Tanah Bekas Tambang Kapur. *Prosiding Ekspose BPK Makassar*, hal. 246 – 259. 28 Juni 2012. Makassar.
- Prayudyaningsih, R. (2013). Pertumbuhan Semai *Alstonia scholaris*, *Acacia auriculiformis* dan *Muntingia calabura* Yang diinokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Media Tanah Bekas Tambang Kapur. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallaceae*, 3 (1), 13 – 23.
- Rewald, B., L. Holzer and H. Goransson. (2015). Arbuscular Mycorrhiza Inoculum Reduces Root Respiration and Improves Biomass Accumulation of Salt-Stress *Ulmus glabra* Seedling. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(2), 432 – 437.
- Sheng, K. (2007). Effects of Copper on The Photosynthesis and Oxidative Metabolism of *Amaranthus tricolor* Seedling. *Agricultural Sciences in China*, 6(10), 1182 – 1192.
- Soewandita, H. (2010). Pengembangan Nutrient Block untuk Mendukung Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang. Laporan Akhir Program Insentif Perekayasa KRT, No. 25. Pusat Teknologi Pengelolaan Sumber Daya Lahan Wilayah dan Mitigasi Bencana. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Smith, S.E dan D.J. Read. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*. (3<sup>th</sup> edition). New York: Academic Press.
- Turjaman, M., R.S.B. Iriyanto, I.R. Sitepu, E. Widyanti, E. Santoso dan A. Mas'ud. (2003). Aplikasi Bioteknologi Cendawan Mikoriza Arbuskula *Glomus manihotis* dan *Glomus ageratum* sebagai Pemacu Pertumbuhan Semai Jati (*Tectona grandis* Linn.f) Asal Jatirogo di Persemaian. Dalam: *Prosiding Nasional Jati*. 29 Mei 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Hutan Tanaman.
- Yelianti, U., Kasli, M. Kasim, dan E. F. Husin. (2009). Biodiversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on Potatoes Rhizosphere and It Potential As Biofertilizer. *Sainstek*, 12(1), 59 – 64.
- Xie, X., B. Weng, B. Cai, Y. Dong dan C. Yan. (2014). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus supply on the growth and nutrient uptake of *Kandelia obovata* (Sheue, Liu & Yong) seedlings in autoclaved soil. *Applied Soil Ecology*, 75, 162 – 171.