

FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN ARANG TEMPURUNG KELAPA MEMPERCEPAT PERTUMBUHAN AWAL BIBIT *Calliandra calothyrsus* MEISSN DI MEDIA TANAH MARGINAL

*Early Growth Enhancement of Calliandra calothyrsus Meissn By Arbuscular Mycorrhizae
Fungi and Coconut Shells Charcoal at Marginal Soil*

Sri Wilarso Budi¹, Sabti Indah Purwanti¹, dan Maman Turjaman²

¹Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, IPB

²Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam

ABSTRACT

One of the characteristic of marginal soil is low nutrient availability due to their low pH and low organic content. Such conditions become limiting factor for plant growth and development. In order to support optimal growth of plant, soil treatment is needed. AMF and coconut shells charcoal have a potential to improve plant growth in marginal soil. This study aimed to examine the effect of AMF, coconut shells charcoal and their interaction on C. calothyrsus seedling grown in marginal soil. This study conducted split plot design in completely randomized design that consists of two factors. AMF factor as main plot consists of three levels, charcoal factor as sub plot consists of three levels. There were five replications for each treatment. The results showed that AMF and coconut shells charcoal significantly increased C. calothyrsus seedling growth. The best treatment was found at Gigaspora sp. combined with 20 % coconut shells charcoal increased height and diameter by 397.1 and 107.7% respectively (compared to control).

Key words: AMF, Charcoal, *Calliandra calothyrsus*, growth

PENDAHULUAN

Tanah marginal merupakan tanah yang memiliki mutu rendah karena mempunyai beberapa faktor pembatas, diantaranya: a) ketersediaan hara rendah, b) keasaman tanah tinggi, c) kandungan bahan organik rendah, d) tingkat erositivitas tinggi dan e) jika keasaman terlalu rendah mempunyai tingkat keracunan tinggi. Keadaan tanah yang demikian akan menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak optimal, sehingga diperlukan perlakuan-perlakuan khusus agar tanaman dapat tumbuh dengan baik dan adaptif terhadap kondisi lapangan (Yuwono 2009).

Perlakuan umum dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah marginal adalah menambahkan pupuk anorganik dan telah terbukti dapat meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Namun demikian dengan semakin mahalnya harga pupuk anorganik, maka perlu alternatif lain untuk menggantikannya.

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) adalah suatu bentuk simbiosis mutualisme akar tanaman yang berperan pada proses penyerapan hara dari tanah atau media tumbuh, terutama tanah marginal yang mempunyai keasaman rendah sehingga akar mempunyai daya absorpsi yang tinggi terhadap hara dan mineral (Smith dan Read 2007). Dengan demikian FMA dapat dijadikan alternatif untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah marginal. Selain FMA, arang kayu juga dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan

kimia tanah dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara nyata. Penggunaan arang mampu memperbaiki sirkulasi air dan udara di dalam tanah, meningkatkan pH tanah, memudahkan terjadinya pembentukan dan peningkatan jumlah spora dari ekto maupun endomikoriza sehingga dapat merangsang pertumbuhan akar serta memberikan habitat yang baik untuk pertumbuhan semai tanaman (Ogawa 1989). Namun demikian, penelitian penggunaan arang tempurung kelapa yang dikombinasikan dengan FMA pengaruhnya terhadap pertumbuhan *C. calothyrsus* pada media tanah marginal belum pernah dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jenis FMA dan dosis arang tempurung kelapa terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan semai *C. calothyrsus* pada media tanah marginal.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Hutan dan Rumah Kaca Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi Gunung Batu Bogor.

Media tumbuh. Media tanah diambil dari Kebun Percobaan Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, Gunung Batu Bogor. Tanah dikeringanginkan, kemudian diayak dengan ayakan 2 mm dan disterilkan dengan menggunakan *autoclave* pada suhu 120 °C selama 2 jam. Arang tempurung kelapa berasal dari Toko Kimia Setia Guna, dicampur dengan media

tumbuh dengan taraf 0%, 10% dan 20% dengan gelas ukur (v/v), dicampur sampai merata, kemudian dimasukkan ke dalam polibag berukuran 10 x 15 cm, selanjutnya polibag diberi label sesuai dengan perlakuan. Media tanah dan arang tempurung kelapa dianalisis sifat-sifat kimianya di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian IPB dan Laboratorium SEAMEO-BIOTROP Bogor. Sifat kimia tanah yang digunakan adalah : pH: 4.1; C-org: 0.96%; N-total: 0.1%; P-Bray: 5,2 ppm, sedangkan sifat kimia arang tempurung kelapa adalah: pH : 9.6; C-org: 48.47%; N-total: 0.8%; P-Bray: 619,27 ppm,

Semai *Caliandra calothyrsus*. Benih *C. calothyrsus* diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Hutan, Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, Departemen Kehutanan. Sebelum disemaikan benih *C. calothyrsus* direndam dengan air panas pada suhu 100°C selama 5 menit kemudian dilanjutkan dengan air dingin selama 24 jam setelah itu ditabur dalam media tanah dan pasir steril yang telah dipersiapkan.

Inokulasi FMA. Fungi mikoriza arbuskula (FMA) *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi Hutan, Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, Departemen Kehutanan. FMA yang digunakan berupa inokulum dalam zeolit yang berisi lebih kurang 50 spora per gram serta miselium dan potongan akar yang terkolonisasi FMA. Semai yang sehat berumur 2 minggu dipindahkan ke dalam media tumbuh dan diinokulasi dengan inokulum FMA sebanyak 10 gram per tanaman. Tanaman kontrol tidak diinokulasi dengan FMA. Selama penelitian, penyiraman tanaman dilakukan 2 kali sehari, yaitu setiap pagi dan sore dengan mempertimbangkan kondisi media tanam di dalam polibag, jika masih basah maka penyiraman tidak dilakukan.

Pengamatan parameter dan pengumpulan data. Parameter yang diukur adalah tinggi, diameter, berat kering akar dan pucuk, nisbah pucuk akar, kolonisasi akar. Tinggi tanaman diamati setiap dua minggu sekali, diameter tanaman setiap satu bulan sekali sedangkan berat kering biomassa dan kolonisasi akar diamati setelah 12 minggu. Kolonisasi akar diamati setelah dilakukan proses pembersihan dengan 2.5% KOH, dan diberi warna dengan larutan pewarna 0.05% Trypan Blue dalam glycerol (Koske and Gemma 1989). Sepuluh potongan akar yang telah diwarnai, diambil secara acak kemudian diletakkan ke dalam gelas preparat dan diamati hifa, vesikel maupun arbuskula di bawah mikroskop binokuler dengan pembesaran 100 sampai 400 kali. Persentase kolonisasi akar bermikoriza dihitung dengan membandingkan antara akar yang bermikoriza dengan total akar yang diamati untuk setiap perlakuan (Biermann and Linderman 1981).

Rancangan percobaan. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan petak terbagi (*split plot design*) dalam pola RAL yang terdiri dari 2 faktor Petak utama (FMA) terdiri dari tiga taraf (M0 = tanpa inokulum FMA, M1 = *Glomus* sp. dan M2 = *Gigaspora* sp.) dan arang tempurung kelapa sebagai anak petak terdiri dari tiga taraf (A0 = arang 0%, A1 = arang 10% dan A2 = arang 20% (v/v)). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak lima kali dengan demikian

jumlah total tanaman yang diamati seluruhnya berjumlah 45 buah.

Analisis Data. Data dianalisis menggunakan *Microsoft Office Excel* dan perangkat lunak statistika SAS 9.1.3. Jika perlakuan berpengaruh nyata dan sangat nyata dilakukan uji lanjut Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan FMA

Perkembangan FMA dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, diantaranya adalah jenis FMA, tanaman inang, dan faktor lingkungan sekitar. Pemberian arang tempurung kelapa pada media tumbuh secara nyata dapat memberikan pengaruh pada perkembangan FMA. Arang tempurung kelapa dosis 10% dapat meningkatkan kolonisasi akar oleh *Glomus* sp. sebesar 62.18% dibanding kontrol, namun pada saat dosis dinaikkan menjadi 20% justru menurunkan persentase kolonisasi sebesar 6.93%. Sedangkan pada tanaman yang diinokulasi dengan *Gigaspora* sp., pemberian arang tempurung kelapa pada media dengan dosis 10% dan 20% dapat meningkatkan kolonisasi akar berturut-turut sebesar 15.30 dan 56.98% dibanding kontrol (Tabel 1).

Tabel 1. Pengaruh pemberian FMA dan arang tempurung kelapa terhadap persentase kolonisasi akar semai *C. calothyrsus* (12 MST)

Fungi Mikoriza Arbuskula	Arang Tempurung Kelapa		
	A0	A1	A2
Kontrol	3.22	0.78	3.90
<i>Glomus</i> sp.	15.44a	25.04 b (62.18)	14.37 a (-6.93)
<i>Gigaspora</i> sp.	22.55a	26.00b (15.30)	35.40 c (56,98)

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu baris menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%

Angka dalam () menunjukkan persentase peningkatan dibanding tanpa pemberian arang

Kolonisasi akar yang ditemukan pada penelitian ini berupa hifa dan vesikula. Berdasarkan Tabel 1 terdapat perbedaan respon FMA *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. terhadap pemberian dosis arang, pada *Glomus* sp. semakin tinggi taraf arang yang diberikan kolonisasi akar semakin menurun, sedangkan pada *Gigaspora* sp. semakin naik persentase kolonisasinya dengan semakin naik dosis arang yang diberikan. Hal ini menunjukkan bahwa jenis FMA mempunyai sifat ketergantungan yang spesifik terhadap kondisi lingkungannya. Penambahan arang pada tanah sampai dosis tertentu dapat meningkatkan kolonisasi FMA karena arang menyediakan habitat yang sesuai untuk perkembangan hifa melalui adanya pori mikro, yang melindungi bakteri dan fungi dari predator yang berukuran lebih besar (Warnock *et al.* 2007). Berdasarkan hasil analisis kimia arang menunjukkan bahwa arang mempunyai kandungan fosfor yang sangat tinggi yaitu 619.27 ppm. Kandungan P yang tinggi menguntungkan bagi akar tanaman karena dapat diserap langsung, tetapi akan menghambat perkembangan FMA. Medium pertumbuhan mikoriza harus mengandung cukup P agar

mikoriza dapat menyerapnya dan tanaman inang dapat tumbuh dengan cepat, tetapi kelebihan jumlah fosfor akan mengurangi kolonisasi dan produksi spora mikoriza (Setiadi *et al.* 1992). Kandungan P yang sangat tinggi dapat mengubah keseimbangan nutrisi (seperti pergeseran rasio N/P) yang dapat berpengaruh besar pada kolonisasi FMA (Miller *et al.* 2002). Pada penelitian ini kandungan N total pada arang termasuk sangat tinggi yaitu 0.80% sehingga tidak terjadi persaingan dengan inangnya untuk mendapatkan nitrogen sebagai materi penyusun selnya dan terjadi keseimbangan nutrisi antara N dan P yang membuat mikoriza masih bisa berkolonisasi, walaupun persentasenya rendah sampai sedang dikarenakan adanya P yang sangat tinggi. Penambahan arang ke tanah dapat meningkatkan kolonisasi FMA pada akar tanaman yang tumbuh di tanah asam (Ezawa *et al.* 2002). Pada semai *C. calothyrsus*, *Gigaspora* sp. memiliki kolonisasi tertinggi yaitu 35.40% pada dosis arang 20%, sedangkan pada *Glomus* sp. hanya 14.37%. Perbedaan kolonisasi yang terjadi pada setiap jenis FMA disebabkan adanya perbedaan kemampuan dari setiap FMA dalam bersimbiosis dengan akar semai. Ada kemungkinan setiap FMA mempunyai preferensi yang berbeda terhadap eksudat yang dikeluarkan semai, sehingga kolonisasi dari masing-masing FMA juga berbeda (Rainiyati *et al.* 2009).

Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Ketersediaan hara bagi tanaman ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan tanah mensuplai hara dan menggunakan unsur hara yang disediakan (Soemarno 2011). Berdasarkan hasil analisis sifat kimia tanah, menunjukkan bahwa tanah yang digunakan sebagai media tanam termasuk ke dalam kriteria tanah dengan status kesuburan rendah (Hardjowigeno 1995). Tanah tersebut tergolong marginal dengan ciri-ciri mempunyai pH sangat masam, kadar C-organik sangat rendah, kandungan P sangat rendah sehingga mempunyai kendala bagi pertumbuhan tanaman.

Inokulasi FMA *Glomus* sp. maupun *Gigaspora* sp. secara nyata dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman *C. calothyrsus*, masing-masing sebesar 171.1 dan 142.9% pada umur 12 minggu setelah tanam (Tabel 2). Inokulasi FMA *Glomus* sp. juga meningkatkan pertumbuhan diameter tanaman sebesar 26.2%, namun pertumbuhan diameter justru lebih rendah 61.5% pada tanaman yang diinokulasi dengan *Gigaspora* sp. dibandingkan kontrol.

Pemberian arang tempurung kelapa dengan dosis 10 dan 20% masing-masing dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman sebesar 108,4 dan 186,8% dan meningkatkan diameter tanaman sebesar 43,1% dengan penambahan dosis 10%, namun penambahan dosis 20% pertumbuhan diameter tanaman lebih rendah sebesar 12,3% dibanding tanaman kontrol (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh interaksi pemberian FMA dan arang terhadap tinggi dan diameter semai *C. calothyrsus* (12MST)

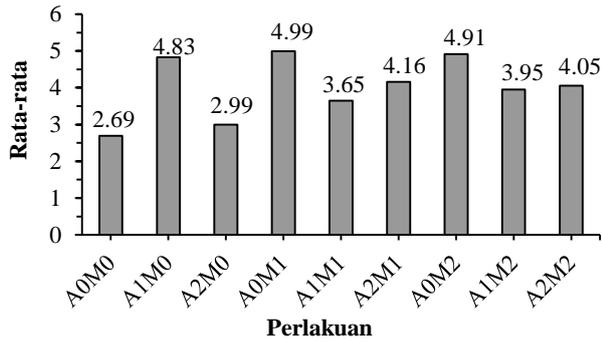
Perlakuan	Tinggi (cm)	% Peningkatan	Diameter (mm)	% Peningkatan
A0M0	5.46 ^d	0	0.65 ^{bc}	0
A1M0	11.38 ^{cd}	108.4	0.93 ^b	43.1
A2M0	15.66 ^{bc}	186.8	0.57 ^{bc}	-12.3
A0M1	14.80 ^{bc}	171.1	0.82 ^b	26.2
A1M1	19.66 ^{abc}	260.1	1.33 ^a	104.6
A2M1	16.54 ^{bc}	202.9	1.61 ^a	147.7
A0M2	13.26 ^{cd}	142.9	0.25 ^c	-61.5
A1M2	22.48 ^{ab}	311.7	1.43 ^a	120.0
A2M2	27.14 ^a	397.1	1.35 ^a	107.7

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%

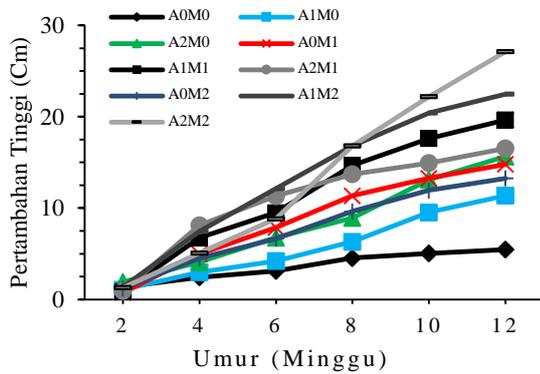
Interaksi inokulasi FMA dengan pemberian arang tempurung kelapa secara nyata dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman. Kombinasi *Glomus* sp. dengan arang tempurung kelapa dosis 10 dan 20% secara nyata meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter berturut-turut sebesar 260.1; 311.7 % untuk tinggi dan 104.6; 120.0% untuk diameter. Sedangkan kombinasi *Gigaspora* sp. dengan arang tempurung kelapa dosis 10 dan 20% secara nyata meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman berturut-turut sebesar 202.9; 397.1% untuk tinggi dan 147.7; 107.7% untuk diameter (Tabel 2).

Perbandingan pertumbuhan pucuk dan akar merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baik perlakuan inokulasi FMA maupun pemberian arang tempurung kelapa tidak berpengaruh secara nyata terhadap perbandingan pucuk dan akar. Perlakuan tunggal FMA dan arang tempurung kelapa maupun kombinasi keduanya mempunyai kecenderungan dapat meningkatkan perbandingan pucuk akar yang lebih baik (Gambar 1).

Pertumbuhan merupakan proses yang dilakukan oleh tanaman hidup pada kondisi lingkungan tertentu untuk menghasilkan pertambahan tinggi dan diameter dengan menggunakan faktor lingkungan seperti CO₂, unsur-unsur hara, air, dan radiasi matahari. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa baik perlakuan tunggal FMA dan arang tempurung kelapa secara tunggal maupun interaksinya, dengan bertambahnya waktu, pertambahan pertumbuhan tinggi tanaman lebih baik dari tanaman kontrol. Interaksi pemberian FMA dan arang tempurung kelapa pada semai *C. calothyrsus* berpengaruh nyata terhadap tinggi semai. Pada umur 8 minggu setelah tanam kecepatan pertumbuhan tinggi tanaman yang diberi perlakuan lebih cepat dari tanaman kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa unsur hara dapat diserap oleh akar tanaman karena penambahan arang tempurung kelapa dan adanya hifa FMA yang berkembang membantu penyerapan hara tersebut. Sampai tanaman berumur 12 minggu, perlakuan A2M2 (*Gigaspora* sp. dan arang 20%) memberikan respon pertambahan tinggi terbaik dibandingkan perlakuan lainnya (Gambar 2).



Gambar 1 Pengaruh pemberian FMA dan arang tempurung kelapa terhadap nisbah pucuk akar semai *C. calothyrsus*



Gambar 2 Pertambahan tinggi rata-rata semai *C. calothyrsus* selama 12 minggu pengamatan

FMA berperan dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman, kolonisasi FMA akan menyebabkan perubahan morfologi dan fisiologi akar yaitu perubahan konsentrasi hormon tumbuh, naiknya laju fotosintat dari daun ke akar sehingga terjadi peningkatan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Pertumbuhan FMA memerlukan karbohidrat yang cukup dalam akar (Smith dan Read 2007). Hal ini berarti adanya penambahan arang mampu menyediakan unsur hara bagi FMA dan tanaman sehingga kombinasi keduanya dapat meningkatkan pertumbuhan semai yang lebih baik. Unsur hara yang secara dominan dibantu penyerapannya oleh mikoriza adalah fosfor (Fakuara 1988). Unsur P merupakan unsur hara makro pada tanaman yang digunakan dalam pembentukan ATP dan membantu dalam proses metabolisme tanaman (Hardjowigeno 1995). ATP sebagai sumber energi pada tanaman digunakan untuk proses pertumbuhan primer dan sekunder.

Pemberian tunggal FMA berpengaruh nyata terhadap tinggi semai *C. calothyrsus*. Pertumbuhan yang cepat dari semai yang diinokulasi FMA diduga dari peningkatan daerah permukaan akar, yang memungkinkan tanaman menyerap air dan hara secara efisien (Smith dan Read 2007). Tanaman yang memiliki berat kering lebih besar berarti produktivitas dan perkembangan sel-sel jaringannya tinggi dan cepat. Kecenderungan meningkatnya berat kering tanaman berkaitan dengan metabolisme tanaman atau karena adanya kondisi pertumbuhan yang lebih baik untuk

berlangsungnya aktivitas metabolisme tanaman (Salisbury dan Ross 1995). Mikoriza secara efektif dapat meningkatkan penyerapan unsur makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) terutama P dan unsur mikro (Cu, Mn, dan Zn) (Paul dan Clark 1989). Penyerapan unsur hara ini sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman bagian tajuk dan akar.

Pemberian tunggal arang secara umum juga dapat meningkatkan pertumbuhan semai *C. calothyrsus*. Penambahan arang terbaik terhadap semai *C. calothyrsus* adalah penambahan arang 10%. Menurut Lehmann *et al.* 2006, peningkatan pertumbuhan tanaman terbaik ditunjukkan pada level pemberian arang yang rendah. Respon pertumbuhan tanaman terhadap peningkatan taraf arang bersifat positif sampai titik maksimum tercapai, taraf arang yang melewati titik maksimum menunjukkan respon pertumbuhan yang negatif. Arang memiliki banyak pori yang dapat meningkatkan sirkulasi air dan udara dalam tanah, sehingga dapat memperluas jangkauan sistem perakaran tanaman (Ogawa 1989).

Adanya penambahan arang, media tumbuh semai menjadi gembur dan adanya pori-pori arang dapat menyerap air dan hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Penambahan bubuk arang pada media tanam secara nyata meningkatkan pH tanah, C-organik, KTK, N total, dan basa-basa dapat ditukar (Siregar 2007). Arang juga mempunyai kandungan P sangat tinggi sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan semai. Selain tingginya unsur P pada arang, penambahan tinggi semai yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol diduga adanya kadar nitrogen sangat tinggi yaitu 0.80%. Nitrogen mempunyai peran penting bagi tanaman yaitu merangsang pertumbuhan vegetatif yaitu menambah tinggi tanaman, merangsang pembentukan semai daun, dan membuat tanaman lebih hijau karena merupakan bahan penyusun klorofil (Salisbury dan Ross 1995). Semai *C. calothyrsus* juga termasuk famili leguminosae, pada famili ini terdapat bintil akar yang memfiksasi nitrogen di udara sehingga tanaman mendapatkan tambahan unsur N untuk membantu dalam proses pertumbuhannya.

Perbandingan pucuk dan akar menunjukkan pertumbuhan proporsional bagian pucuk dibanding bagian akar. Pada kondisi normal sebagian tanaman hutan mempunyai bagian pucuk lebih besar antara 5 sampai 6 kali bagian akar (Perry 1982). Data pada Gambar 1 menunjukkan bahwa perlakuan FMA maupun arang tempurung kelapa secara tunggal maupun interaksinya mempunyai kecenderungan meningkatkan pertumbuhan pucuk yang lebih besar dari akar dan mendekati nilai 5 : 1. Nilai nisbah pucuk akar yang tinggi menunjukkan kemampuan perkembangan bagian pucuk lebih tinggi dari pada perkembangan akar, yang menggambarkan bahwa unsur hara yang tersedia dapat diangkut dengan baik oleh akar dan hasilnya digunakan secara optimal untuk memacu pertumbuhan bagian pucuk tanaman. Tanaman bermikoriza mempunyai biomassa akar lebih sedikit dibandingkan biomassa pucuk. Hal ini berhubungan dengan pengambilalihan sebagian besar fungsi akar dalam menyerap unsur hara dan air oleh mikoriza sehingga energi untuk pertumbuhan dan perkembangan akar dapat dikurangi,

akibatnya nisbah pucuk akar biasanya lebih besar pada tanaman yang bermikoriza (Stavros *et al.* 2012).

KESIMPULAN

Pemberian arang tempurung kelapa dapat meningkatkan perkembangan FMA *Glomus* sp. sampai dosis 10%, sedangkan pada dosis 20% menghambat perkembangannya. Perkembangan *Gigaspora* sp. semakin meningkat dengan meningkatnya dosis arang sampai 20%. Interaksi FMA baik *Glomus* sp. maupun *Gigaspora* sp. dan arang tempurung kelapa dapat meningkatkan secara nyata pertumbuhan semai *C. calothyrsus* pada umur 12 minggu setelah tanam. Perlakuan yang memberikan hasil terbaik terhadap pertumbuhan tinggi semai *C. calothyrsus* adalah inokulasi *Gigaspora* sp. yang dikombinasikan dengan pemberian arang tempurung kelapa 20%. FMA *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. serta arang tempurung kelapa dapat dijadikan alternatif bahan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah marginal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Mikrobiologi Hutan, Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam, Departemen Kehutanan atas izin penggunaan isolat FMA dan Fasilitas Laboratorium untuk Penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Biermann B, Linderman RG. 1981. Quantifying vesicular arbuscular mycorrhizae: A proposes method towards standardization. *New Phytol.* 87: 63-67.
- Ezawa T, Yamamoto K, Yoshida S. 2002. Enhancement of the effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi by inorganic soil amendments. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 897-900.
- Fakuara Y. 1988. *Mikoriza, Teori dan Kegunaan dalam Praktek*. Bogor (ID): Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.
- Hardjowigeno S. 1995. *Ilmu Tanah*. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- Koske RE, Gemma JN. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycor. Res.* 92: 486-505.
- Lehmann J, Gaunt J, Rondon M. 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11:403-427.
- Miller RM, Miller SP, Jastrow JD, Rivetta CB. 2002. Mycorrhizal mediated feedbacks influence net carbon gain and nutrient uptake in *Andropogon gerardii*. *New Phytol* 155:149-162.
- Ogawa M. 1989. Mycorrhizae and their utilization in forestry [report of shortterm research cooperation]. Japan: The Tropical Rain Forest, JICA.
- Paul EA, Clark FE. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. London: Academic Press.
- Perry TO. 1982. The ecology of tree roots and the practical significance thereof. *J. Arboriculture* 8: 197-211.
- Rainiyati, Choizin M, Sudarsono, Mansur I. 2009. Pengujian efektivitas beberapa isolate cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap bibit pisang (musa aab raja angka) asal kultur jaringan. *Hayati* 15:63-69.
- Salisbury FB, Ross CW. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3*. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Setiadi Y, Mansur I, Budi SW, Achmad. 1992. *Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan*. Bogor (ID): Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor.
- Siregar CA. 2007. Effect of charcoal application in the early growth stage of *Accacia mangium* and *Michelia montana*. *Jour. For. Res.* 4: 119-130
- Smith SE, Read DJ. 2007. *Mycorrhizal Symbiosis*. UK: Academic Press.
- Soemarno 2011. *Faktor-Faktor Ketersediaan Hara dalam Tanah*. Malang (ID): Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.
- Stavros DV, George M, Matthias CR. 2012. Do arbuscular mycorrhizal fungi affect the allometric partition of host plant biomass to shoots and roots? A meta-analysis of studies from 1990 to 2010. *Mycorrhiza* (2012) 22:227-235 DOI 10.1007/s00572-011-0398-7.
- Warnock DD, Lehmann J, Kuyper TW, Rillig MC, 2007. Mycorrhizal responses to biochar in soil concepts and mechanisms. *Plant Soil* 300:9-20.
- Yuwono NW. 2009. Membangun kesuburan tanah di lahan marginal. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*: 9 (2): 137-141.