

**TANGGAP PERTUMBUHAN DAN BIOMASA PEGAGAN (*Centella asiatica* (L.) Urban)
PADA APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PEMUPUKAN DI TANAH ANDOSOL**
*Growth and biomass responses of asiatic pennywort (*Centella asiatica* (L.) Urban) to the
application of arbuscular mycorrhizal fungi and fertilizer on andosol soil*

Budi Hartoyo¹⁾, Octivia Trisilawati²⁾ dan Munif Ghulamahdi³⁾

¹⁾ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111

Telp 0251-8321879 Faks 0251-8327010

balittro@litbang.pertanian.go.id

³⁾ Institut Pertanian Bogor, Bogor

(diterima 01 Desember 2014, direvisi 11 Juni 2015, disetujui 24 Juli 2015)

ABSTRAK

Penggunaan fungi mikoriza arbuskula (FMA) sebagai agensia hayati pada beberapa jenis tanaman saat ini mulai banyak mendapat perhatian. FMA diyakini berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, produksi, dan mutu tanaman serta menghasilkan tanaman yang lebih tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Pupuk anorganik N, P, K digunakan sebagai sumber hara esensial pada budidaya pegagan (*Centella asiatica*). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peran dan efektivitas FMA dan pemupukan terhadap pertumbuhan dan produksi biomasa tanaman pegagan pada tanah Andosol. Percobaan dilaksanakan dengan rancangan acak lengkap yang disusun secara faktorial, terdiri dari 2 faktor, diulang tiga kali. Faktor pertama ialah perlakuan FMA (inokulasi FMA dan tanpa FMA). Faktor kedua ialah dosis pupuk (5 taraf: tanpa pupuk sebagai kontrol, 25% dosis pupuk optimal, 50% dosis pupuk optimal, 75% dosis pupuk optimal, dan dosis optimal). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan FMA nyata meningkatkan pertumbuhan dan produksi pegagan yaitu jumlah stolon primer 26,46%, jumlah buku 12,20% dan jumlah daun pada stolon primer terpanjang 17,94%, serta bobot kering akar 25,76%, terna 17,53% dan total 18,85%. Selain itu, pegagan yang bersimbiosis dengan FMA pada perlakuan tanpa pupuk menunjukkan serapan hara N, P, K lebih tinggi (N 24,4%; P 20,3% dan K 4,2%) dibandingkan tanpa FMA.

Kata kunci: *Centella asiatica*, fungi mikoriza arbuskula, pemupukan, pertumbuhan, biomas

ABSTRACT

Currently, the use of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) as biological agents in several plants species is more well-known. AMF has been demonstrated playing important role in promoting plant growth, development, yield, quality, and inducing plant resistance to biotic and abiotic stresses. Inorganic fertilizer N, P, K were used as essential nutrients sources in Asiatic pennywort (*Centella asiatica*) cultivation. This research aimed to study the role and effectiveness of AMF on growth, and biomass production of Asiatic pennywort at several dosages of N, P and K fertilizers on Andosol soil. The experiment was arranged in completely factorial randomized design with two factors and three replications. The first factor was AMF application (with and without AMF inoculation), and the second factor was five fertilizer dosages (without fertilizer as a control, 25% of optimal dosage, 50% of optimal dosage, 75% of optimal dosage, and optimal dosage). The result indicated that AMF application significantly increased growth and yield parameters of asiatic pennywort including primary stolon number is 26.46%, number of node and leaves on the longest primary stolon 12.20% and 17.94%, dry weight of root, shoot and total biomass (25.76%; 17.53% and 18.85%). In addition, the AMF-inoculated plants without fertilizer treatment showed higher NPK uptake (24.4% N; 20.3% P and 4.2% K) than without AMF application.

Key words: *Centella asiatica*, arbuscular mycorrhizal fungi, fertilization, growth, biomass

PENDAHULUAN

Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban) mengandung bioaktif asiatikosida yang memiliki aktivitas biologi, secara empiris mempunyai berbagai khasiat obat dan sudah banyak digunakan dalam pengobatan tradisional. Efek farmakologis dari pegagan secara ilmiah juga sudah diuji antara lain untuk meningkatkan kemampuan kognitif (Anissa, 2006; Kumar and Gupta, 2002), mencegah penurunan kemampuan kognitif serta stres oksidatif (Kumar dan Gupta, 2003), sebagai obat anti-alergi, anti-pruritic, dan anti-inflammatory (Mathew *et al.*, 2009), untuk pengobatan penyakit Alzheimer, kusta, varises, lupus (Mathur *et al.*, 2007), pencegahan dan penghambatan penyakit kanker usus besar (Bunpo *et al.*, 2004), anti kanker payudara (Hsu *et al.*, 2005), aktivitas imunologi (Wang and Liu, 2005), pencegahan dan menekan penyakit paru-paru (Zhang *et al.*, 2011), penyembuhan luka (Hong *et al.*, 2005; Jeong, 2006). Senyawa fenolik yang dihasilkan memberikan kontribusi utama pada aktivitas anti-oksidatif (Zainol *et al.*, 2003), disamping dapat dimanfaatkan untuk kosmetik, dan perawatan kulit (Winarto dan Surbakti, 2003), sehingga pegagan merupakan salah satu jenis tanaman obat yang potensial untuk dikembangkan.

Permasalahan dalam pengembangan produk yang berasal dari tanaman pegagan adalah belum terjaminnya mutu dan pasokan, kualitas bahan baku serta jumlah pasokan yang tidak menentu. Hal tersebut terjadi karena selama ini untuk memasok kebutuhan bahan baku pegagan sebagian besar diambil secara langsung dari alam, dan hanya sebagian kecil berasal dari usaha budidaya. Kebutuhan industri akan bahan baku pegagan mencapai 100 t th^{-1} , namun sampai saat ini baru dapat dipasok 4 t th^{-1} (IPB, 2005). Upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu dilakukan, salah satunya melalui perbaikan budidaya tanaman dengan pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula (FMA).

Tanaman pegagan dapat tumbuh mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi dengan ketinggian 2500 m dpl (Heyne, 1987). Penanaman pegagan di dataran tinggi memberikan kandungan bioaktif (asiatikosida) yang lebih tinggi dibanding di dataran rendah (Ghulamahdi *et al.*, 2008). Tanah di daerah dataran tinggi umumnya didominasi jenis tanah Andosol. Defisiensi hara fosfor (P) adalah salah satu kendala dalam budidaya pada tanah Andosol. Tanah tersebut tidak hanya memiliki fosfor tersedia rendah, tetapi juga memfiksasi sebagian besar fosfor yang diberikan, sehingga dibutuhkan banyak pupuk untuk mendapatkan respon tanaman. Fiksasi hara fosfor adalah faktor utama penyebab ketersediaan yang rendah dari hara tersebut di tanah (Syarif, 2007). Hasil analisis tanah Andosol pada tahun 2008 menunjukkan reaksi tanah sangat masam (pH 4,45), kandungan P tersedia rendah, kandungan Fe sangat tinggi, sedangkan Al dan Mn tinggi (Sutardi, 2008).

Penggunaan FMA sebagai agensia hayati pada beberapa jenis tanaman saat ini mulai banyak mendapat perhatian. Hal ini tidak saja karena kemampuannya dalam bersimbiosis dengan berbagai jenis tanaman, tetapi juga dapat membantu tanaman dalam meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara. FMA diyakini berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, produksi, dan mutu tanaman pangan, perkebunan, hortikultura, dan kehutanan serta menghasilkan tanaman yang lebih tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik sehingga dapat mengurangi investasi yang diperlukan untuk penyediaan pupuk dan pestisida (Douds and Johnson, 2007; Smith and Read, 2008). FMA dapat berasosiasi dengan sekitar 80-90% tanaman darat (Wang and Qui, 2006), dengan penyebaran sangat luas mulai dari jenis tanah pasir (Delvian, 2003), tanah gambut (Sasli *et al.*, 2008), dataran tinggi di Himalaya (Chaurasia *et al.*, 2005), pada lingkungan yang panas dan kering (Li and Zhao, 2005), pada tanah-tanah marginal (Smith and Read, 1997), tanah masam (Cuenca *et al.*, 2001; Kartika, 2006),

tanah alkalin (Swasono, 2006) serta pada tanah dengan cekaman ganda Al dan kekeringan (Hanum, 2004).

FMA memiliki kapasitas untuk memfasilitasi sumber-sumber hara baik an-organik maupun organik dalam tanah (Smith and Read, 2008; Read and Perez-Moreno, 2003). Berdasarkan peran tersebut maka FMA dapat meningkatkan serapan berbagai hara bagi tanaman, utamanya hara P (Ortas *et al.*, 2011), hara N (Xiao *et al.*, 2010), hara K (Porrás-Soriano *et al.*, 2009), Ca (Rhodes and Gerdemann, 1978), Zn (Subramanian *et al.*, 2009; Ortas 2010; Ortas *et al.*, 2011), Cu, Mn, dan Fe (Miransari *et al.*, 2009), membantu penyediaan hara dari yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman (Brundrett *et al.*, 1994). Kecepatan masuknya P ke dalam hifa jamur FMA dapat mencapai enam kali lebih cepat dari pada kecepatan masuknya P melalui rambut akar (Kabirun, 2002).

Penelitian pemanfaatan FMA sebagai agensia hayati pada beberapa jenis tanaman saat ini mulai banyak mendapat perhatian, namun demikian informasi mengenai pemanfaatannya pada tanaman pegagan masih terbatas. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh dan efektivitas FMA terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan biomas pegagan pada beberapa taraf pemupukan N, P dan K di tanah Andosol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kaca Kebun Percobaan Gunung Putri, Pacet, Kabupaten Cianjur sejak Juli sampai Oktober 2009, menggunakan polybag berukuran 5 kg. Percobaan faktorial menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua (2) faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama perlakuan FMA: dengan dan tanpa inoculasi FMA, faktor kedua adalah dosis pupuk N, P dan K dengan lima taraf pemupukan: tanpa pupuk (kontrol) (A_0), 25% dosis pupuk optimal (Urea 0,18 g; SP-360 10 g; KCl 0,14 g tanaman⁻¹) (A_1), 50% dosis pupuk optimal (Urea 0,36 g; SP-36

0,20 g; KCl 0,28 g tanaman⁻¹) (A_2), 75% dosis pupuk optimal (Urea 0,54 g; SP-36 0,30 g; KCl 0,42 g tanaman⁻¹) (A_3), dosis pupuk optimal (Urea 0,72 g; SP-36 0,40 g; KCl 0,56 g tanaman⁻¹) (A_4). Setiap satuan percobaan terdiri atas 4 tanaman.

Penentuan dosis optimal pupuk N, P, K mengacu Ghulamahdi *et al.* (2009) yang merekomendasikan dosis pupuk optimal sebesar 135 kg N ha⁻¹, 60 kg P₂O₅ ha⁻¹ dan 132 kg K₂O ha⁻¹ untuk populasi lebih kurang 100.000 tanaman. Pemupukan N dan K diberikan 1/2 dosis sebagai pupuk dasar dan 1/2 dosis sebagai pupuk susulan pada umur 30 hari setelah tanam (HST). Pupuk P diberikan seluruhnya sebagai pupuk dasar.

Sumber benih berasal dari stek stolon 2-3 ruas pegagan aksesori Boyolali, dari induk tanaman pegagan yang sehat. Pembibitan pegagan dilakukan dalam polybag berukuran 10 cm x 15 cm, dengan media pembibitan campuran tanah dan pupuk organik (1:1) yang sebelumnya sudah disterilkan. Pada perlakuan tanpa mikoriza tidak dilakukan inoculasi FMA, sedangkan pada perlakuan FMA, 20 g inoculum isolat FMA campuran yang kompatibel terhadap pegagan (Hartoyo *et al.*, 2011), diinokulasikan pada saat pembibitan, sehingga diharapkan terjadi kontak antara FMA dengan akar tanaman. Benih siap ditanam pada umur satu bulan. Teknik budidaya mengacu pada Januwati dan Yusron (2005).

Media tanam (5 kg pot⁻¹) adalah tanah Andosol yang telah diayak dengan ukuran 2 mm dan disterilkan dengan cara fumigasi menggunakan basamid dosis 0,004% w/w (40 g basamid untuk 1 t tanah) selama dua minggu. Media tanah Andosol tergolong tanah sangat masam (pH 4,45), dengan kandungan N total (0,19%) rendah, C organik (4,23%) tergolong tinggi, P tersedia (1,22 ppm) sangat rendah, Ca Mg K dan Na dapat ditukar (4,28; 0,75; 0,25 dan 0,23 me 100 g⁻¹) tergolong rendah, kapasitas tukar kation tinggi (20,16 me 100 g⁻¹), dan tekstur tanahnya lempung liat berpasir.

Inoculum FMA diperbanyak secara kultur pot menggunakan media zeolit dengan tanaman

inang sorgum selama 3-4 bulan. Menjelang panen inokulum, tanaman inang dibiarkan kering, dan akar tanaman dipotong-potong serta dicampurkan dengan media tanamnya yang mengandung spora FMA sebagai inokulum yang digunakan dalam penelitian ini (Setiadi, 2001).

Pengamatan dilakukan terhadap semua satuan percobaan, pengamatan karakter agronomi mengacu pada panduan deskriptor yang dikembangkan khusus untuk tanaman pegagan dengan beberapa modifikasi (Bermawie *et al.*, 2006). Peubah yang diamati adalah pertumbuhan yang meliputi: jumlah daun tanaman induk, panjang tangkai daun (sebagai representasi tinggi tanaman), jumlah stolon primer, jumlah buku pada stolon primer terpanjang, jumlah daun pada stolon primer terpanjang, panjang akar; dan bobot biomas yaitu: bobot kering akar, bobot kering daun, bobot kering terna, dan bobot kering total, serta nisbah tajuk akar (bobot tajuk dibanding bobot akar). Kandungan hara N, P dan K terna dianalisis di Laboratorium Uji Balitro menggunakan metode Kjeldahl, Bray-1 dan 1N NH_4OAc pH 7,0 (Balai Penelitian Tanah, 2009) untuk menghitung hara yang terangkut saat

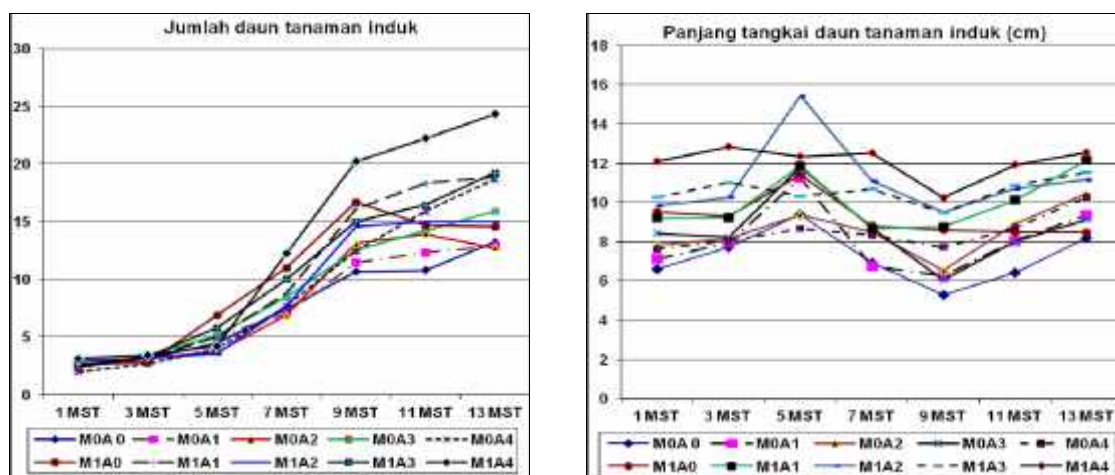
panen. Data hasil pengamatan parameter pertumbuhan, bobot biomas dan nisbah tajuk akar diuji statistik dengan analisis ragam menggunakan program SAS 9.1 dan jika menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda *Duncan's Multiple Range Test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan

FMA pada pemupukan dosis optimal (M_1A_4) meningkatkan jumlah daun tanaman induk pegagan pada 7 minggu setelah tanam (MST), pengaruhnya cenderung menurun pada umur 15 MST, sedangkan terhadap panjang tangkai daun induk tidak memberikan pengaruh nyata pada semua umur pengamatan. Namun demikian tanaman yang diinokulasi FMA secara umum memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan tanpa FMA (Gambar 1).

Jumlah stolon primer, jumlah buku, dan jumlah daun merupakan karakter penciri yang berpengaruh terhadap biomasa tanaman pegagan, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk menilai kemampuan FMA dalam meningkatkan pertumbuhan dan biomas



Keterangan:

M0A0	= kontrol	M1A0	= FMA
M0A1	= 25% NPK optimal	M1A1	= FMA + 25% NPK optimal
M0A2	= 50% NPK optimal	M1A2	= FMA + 50% NPK optimal
M0A3	= 75% NPK optimal	M1A3	= FMA + 75% NPK optimal
M0A4	= NPK optimal	M1A4	= FMA + NPK optimal

Gambar 1. Respon pertumbuhan tanaman pegagan terhadap aplikasi FMA dan pupuk NPK.
Figure 1. Plant growth responses of Asiatic pennywort to the AMF and NPK fertilizer application.

tanaman. Pengaruh tunggal FMA nyata dalam meningkatkan jumlah stolon primer, jumlah buku, dan jumlah daun tanaman pegagan (Tabel 1). Namun dalam aplikasinya, FMA tidak saling berinteraksi dengan pemberian pupuk. Pemberian pupuk dengan dosis optimal hanya berpengaruh nyata terhadap jumlah stolon primer dan tidak berpengaruh pada jumlah buku dan jumlah daun, artinya peningkatan jumlah buku dan jumlah daun pada stolon lebih dipengaruhi oleh perlakuan FMA.

Tanaman pegagan merupakan salah satu tanaman yang memiliki pertumbuhan dan perkembangan yang khas. Perilaku tumbuh tanaman pegagan adalah membentuk anakan atau stolon umumnya dimulai pada umur 30 HST, tergantung kondisi tanaman induk dan faktor lingkungan, yang selanjutnya akan memanjang horisontal dan tiap buku muncul akar disertai dengan munculnya tunas daun pada titik tumbuh, sehingga akan menjadi individu-individu baru terpisah dari tanaman utama. Individu-individu tersebut selanjutnya mengikuti perilaku tumbuh dari tanaman utamanya. Diduga, adanya anakan akan menjadi kompetitor bagi tanaman induk dalam mendapatkan ruang hidup, unsur hara, air dan cahaya. Hal yang sama pada penelitian

Musyarofah *et al.* (2007), yang menyebutkan bahwa anakan yang sudah mengeluarkan akar dapat mengambil unsur hara sendiri dari tanah sehingga terjadi kompetisi unsur hara antara tanaman induk dan anakannya. Semakin banyak anakan baru yang muncul maka kompetisi antara tanaman induk dengan anakan akan semakin meningkat. Selain untuk mempertahankan pertumbuhan, tanaman induk juga harus mengalokasikan sebagian fotosintat untuk membentuk percabangan stolon serta kehidupan FMA.

Simbiosis FMA dengan tanaman pegagan nyata efektif meningkatkan pertumbuhan dan berkembangnya tanaman pegagan yang ekstensif. Hal tersebut ditunjukkan dengan semakin meningkatnya ekspansi tanaman secara horisontal melalui pembentukan stolon primer yang menyebabkan peningkatan volume permukaan bidang penyerapan hara, air dan cahaya (Tabel 1). Adanya eksternal miselium yang terbentuk di sekitar perakaran tanaman bermikoriza, dapat meningkatkan volume kontak antara perakaran tanaman dengan media tumbuhnya menjadi 12 sampai 15 kali cm^3 akar yang terinfeksi (Sieverding, 1991). Diduga FMA mampu memberikan kecukupan hara dan air bagi

Tabel 1. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk secara tunggal terhadap jumlah stolon primer, jumlah buku dan jumlah daun pada stolon primer terpanjang.

Table 1. Effect of AMF inoculation and fertilizer dosage on the primary stolon number, number of nodes and number of leaves on the longest primary stolon.

Perlakuan	Jumlah stolon primer	Jumlah buku pada stolon primer terpanjang ----- buah -----	Jumlah daun pada stolon primer terpanjang
Fungi Mikoriza Arbuskula			
FMA	5,40 a	7,13 a	22,97 a
Tanpa FMA	4,27 b	6,26 b	18,85 b
Dosis pupuk			
Dosis pupuk optimal	6,05 a	6,27 a	21,72 a
75% dosis pupuk optimal	5,14 ab	6,97 a	20,08 a
50% dosis pupuk optimal	4,77 ab	6,80 a	23,55 a
25% dosis pupuk optimal	4,44 b	6,99 a	21,00 a
tanpa pupuk/kontrol	3,77 b	6,44 a	18,22 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Note: Numbers followed by the same letters on each column are not significantly different at 5% DMRT.

tanaman melalui kemampuan perluasan daerah penyerapan akar. Peningkatan penyerapan hara pada tanaman yang bersimbiosis dengan FMA disebabkan oleh adanya (1) lebih dekat dan mudahnya hara dapat diserap oleh akar tanaman, (2) peningkatan rata-rata penyerapan hara dan konsentrasi pada bidang serap dan (3) perubahan secara kimia sifat-sifat hara sehingga memudahkan penyerapannya ke dalam akar tanaman (Abbott and Robson, 1984). Serapan P pada akar yang terkolonisasi FMA 3-5 kali lebih tinggi dibandingkan akar tanaman tidak bermikoriza (Smith and Read, 1997). Ketersediaan hara dan air serta cahaya yang cukup, mampu mendorong tanaman untuk meningkatkan proses metabolisme tanaman, terutama proses fotosintesis sehingga pembentukan asimilat lebih tinggi dan selanjutnya digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan jumlah buku, pembentukan daun dan bagian tanaman lainnya (Gambar 2).

Bobot biomasa

Inokulasi FMA berpengaruh nyata dan mampu meningkatkan bobot kering akar 34,70% lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa FMA, tetapi tidak berpengaruh terhadap panjang akar dan nisbah tajuk akar. Fungi Mikoriza Arbuskula diketahui hidup dan berkembang pada zona perakaran tanaman inang, sehingga secara langsung maupun tidak langsung akan mempengaruhi morfologi dan anatomi sistem perakaran. Hal tersebut diduga dapat menyebabkan terjadi perluasan sistem perakaran dan tidak semata-mata pada pemanjangan akar (Tabel 2). Pemberian pupuk sampai dengan dosis optimal tidak mampu menghasilkan panjang akar, bobot kering akar dan nisbah tajuk akar yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pemupukan.

Panjang akar tidak dipengaruhi oleh perlakuan FMA, akan tetapi bobot kering akar dipengaruhi secara nyata. Panjang akar diartikan



Gambar 2. Perakaran pegagan pada perlakuan tanpa FMA dan dengan FMA.
Figure 2. The root of Asiatic pennywort at without AMF and with AMF treatment.

Tabel 2. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk terhadap panjang akar, bobot kering akar, dan nisbah tajuk akar.
 Table 2. Effect of AMF inoculation and fertilizer dosage on the root length, root dry weight, and ratio of shoot roots.

Perlakuan	Panjang akar (cm)	Bobot kering akar (g tanaman ⁻¹)	Nisbah tajuk akar
Fungi Mikoriza Arbuskula			
FMA	38,65 a	7,53 a	4,69 a
Tanpa FMA	35,54 a	5,59 b	3,87 a
Dosis pupuk			
Dosis pupuk optimal	41,88 a	7,62 a	4,30 a
75% dosis pupuk optimal	36,66 a	7,30 a	3,81 a
50% dosis pupuk optimal	38,09 a	6,84 a	4,42 a
25% dosis pupuk optimal	35,01 a	6,40 a	3,71 a
tanpa pupuk/kontro	33,83 a	4,65 a	5,16 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Note: Numbers followed by the same letters on each column are not significantly different at 5% DMRT.

sebagai pertambahan ukuran akar vertikal ke arah bawah, sedangkan bobot kering merupakan resultante volume akar yang terbentuk secara keseluruhan. Diduga bahwa FMA berperan dalam pembentukan, perkembangan dan ekspansi sistem perakaran tanaman yang dikolonisasi. Hasil tersebut bermakna bahwa simbiosis FMA dengan tanaman pegagan efektif, karena mampu meningkatkan bobot kering akar sebagai salah satu karakter yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Salah satu ciri respon tanaman terhadap keterbatasan P, seperti yang terjadi pada jenis tanah Andosol adalah pertumbuhan bagian atas tanaman menurun dan perkembangan akar meningkat. Respon tersebut menghasilkan sistem percabangan akar (asosiasi antara pengurangan panjang akar primer dan peningkatan jumlah akar-akar lateral serta densitas akar), serta panjang akar rambut. Perubahan tersebut meningkatkan kapasitas eksplorasi akar untuk mendapatkan P dalam tanah yang cukup tinggi (Lynch and Brown, 2001).

Pertumbuhan dan perkembangan FMA terjadi pada perakaran tanaman inang, simbiosis FMA diawali dari pergerakan hifa ekstra radikal (HE) yang berasal dari perkecambahan spora dalam tanah atau dari akar terkolonisasi. Pada

tanaman *Lotus japonicas*, perkecambahan hifa distimulasi dengan adanya senyawa sesquiterpen yang dihasilkan oleh perakaran tanaman (Akiyama et al., 2005). Hifa selanjutnya menyentuh permukaan akar, membentuk appresoria dan menembus dinding sel akar untuk membentuk hifa intraradikal (Smith and Read, 2008). Peran FMA secara umum adalah eksplorasi fisik yang luas pada akar tanaman yang terkolonisasi FMA, tidak hanya pemanjangan sistem perakaran tanaman (Cardoso and Kuyper, 2006), tetapi kolonisasi FMA pada akar tanaman merubah susunan sistem perakaran secara umum dengan meningkatkan percabangan dari akar lateral (Berta et al., 1995).

Komponen tanaman pegagan yang memiliki nilai ekonomi adalah bagian daun dan terna, karena bagian tanaman tersebut banyak dimanfaatkan oleh masyarakat maupun produsen obat tradisional. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan FMA berpengaruh sangat nyata dan meningkatkan bobot kering terna dan bobot kering total masing-masing sebesar 20,98 dan 23,23% lebih tinggi dibandingkan tanpa perlakuan FMA, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering daun (Tabel 3). Pemberian pupuk berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan biomasa tanaman pegagan.

Tabel 3. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk terhadap bobot kering daun, bobot kering terna dan bobot kering total.

Table 3. Effect of AMF inoculation and fertilizer dosage on leaf dry weight, shoot dry weight and total dry weight.

Perlakuan	Bobot kering (g tanaman ⁻¹)		
	daun	terna	total
Fungi Mikoriza Arbuskula			
FMA	9,11 a	25,25 a	32,78 a
Tanpa FMA	8,32 a	20,87 b	26,60 b
Dosis pupuk			
Dosis pupuk optimal	10,88 a	27,31 a	35,04 a
75% dosis pupuk optimal	9,85 a	25,23 ab	32,54 ab
50% dosis pupuk optimal	9,37 ab	26,04 ab	33,12 ab
25% dosis pupuk optimal	7,56 bc	21,25 b	27,65 b
tanpa pupuk/kontrol	5,91 c	15,46 c	20,12 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada DMRT 1 dan 5%.

Note: Numbers followed by the same letters are not significantly different at 1 and 5% DMRT.

Simbiosis FMA dengan tanaman tertentu dikatakan efektif jika menghasilkan pengaruh tertentu bagi tanaman, misalnya peningkatan pertumbuhan dan biomasa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa FMA efektif meningkatkan bobot kering akar, daun, terna, dan total tanaman pegagan. FMA dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan reproduksi tanaman. Hasil penelitian pemanfaatan FMA pada tanaman jahe dan nilam menunjukkan bahwa inokulasi FMA berpengaruh nyata meningkatkan pertumbuhan, produksi terna, kandungan minyak atsiri jahe dan nilam serta serapan hara N, P dan K tanaman (Trisilawati, 2005; 2007).

Serapan hara N, P dan K

Seiring dengan pengaruh positif FMA terhadap parameter pertumbuhan dan produksi pegagan, aplikasi FMA meningkatkan serapan hara ternanya (Tabel 4). Peningkatan serapan hara N, P dan K pada perlakuan FMA tanpa pupuk (kontrol) masing-masing sebesar 24,4; 20,3 dan 4,2% dibandingkan tanpa FMA. Aplikasi FMA pada perlakuan setengah dosis pupuk NPK optimal menunjukkan serapan hara K yang meningkat sebesar 65,2% dibandingkan tanpa FMA.

Berbagai hasil penelitian sebelumnya melaporkan peran FMA terhadap peningkatan

produksi suatu tanaman, baik melalui mekanisme peningkatan serapan hara makro dan mikro, toleransi terhadap kekeringan, perlindungan dari patogen. Inokulasi FMA dan batuan fosfat berinteraksi nyata meningkatkan bobot kering daun dan biomasa jagung (Ouahmane *et al.*, 2007). Inokulasi FMA meningkatkan sink fotosintesis, peningkatan efisiensi hara. Fotosintesis diekspresikan dengan peningkatan luas daun, hasil biomasa atau hasil keseluruhan tanaman (Kaschuk *et al.*, 2009), terdapat korelasi sangat nyata antara produksi bahan kering dengan rata-rata persentase infeksi FMA (Taiwo and Adegbite, 2001).

Peranan FMA dalam peningkatan pertumbuhan dan produktivitas biomasa tanaman pegagan melalui peningkatan serapan hara dapat terjadi karena mekanisme aktivitas FMA mendukung pertumbuhan tanaman lebih optimal serta simbiosis yang saling menguntungkan. Hifa merupakan wahana untuk pengangkutan karbon dari tanaman menuju FMA dan hara dari dalam tanah. Hifa terbagi menjadi dua yaitu hifa intraradikal (HI) yang terdapat di dalam akar tanaman inang dan hifa ekstraradikal (HE) yang terbentuk dari HI yang menjulur keluar dari akar tanaman inang dan membentuk percabangan ekstensif di rizosfer tanaman (Nusantara, 2011).

Hifa ekstrasradikal berfungsi ganda yaitu untuk K yang lebih tinggi dibandingkan tanpa FMA.

Tabel 4. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk terhadap serapan hara N, P dan K.

Table 4. Effect of AMF inoculation and fertilizer dosage on the uptake of N, P and K nutrients.

Perlakuan	Serapan hara terna (mg tanaman ⁻¹)		
	N	P	K
Tanpa FMA			
Dosis pupuk optimal	236,65	12,37	252,19
75% dosis pupuk optimal	179,64	13,73	234,33
50% dosis pupuk optimal	313,71	12,43	172,91
25% dosis pupuk optimal	203,52	8,90	226,01
tanpa pupuk/kontrol	89,74	8,75	243,20
FMA			
Dosis pupuk optimal	329,25	14,09	354,93
75% dosis pupuk optimal	224,85	14,14	230,63
50% dosis pupuk optimal	243,69	9,12	285,67
25% dosis pupuk optimal	210,21	8,37	268,49
tanpa pupuk/kontrol	111,61	10,53	253,43

angkutan hara dan air, produksi spora, memantapkan struktur tanah, dan perlindungan tanaman inang dari serangan patogen. Peran HE dalam angkutan hara, khususnya P anorganik penting artinya karena HE mampu menjangkau sampai di luar zona pengurasan (*depletion zone*) yang tidak dapat dijangkau atau tidak tersedia bagi akar tanaman (Zhu *et al.*, 2001).

Kemampuan FMA dalam memperbaiki status nutrisi tanaman dapat dijadikan alat biologis untuk mengefisienkan penggunaan pupuk buatan telah banyak dibuktikan. De La Cruz *et al.* (1988) membuktikan bahwa FMA dapat menggantikan kira-kira 50% kebutuhan fosfat, 40% nitrogen dan 25% kalium pada anakan *Leucaena leucocephala*. Hal yang sama ditunjukkan pada tanaman bonu (*Thicospermum burretii*), albizia (*Paraserianthes falcataria*) dan akasia (*Acacia mangium*), ketiga jenis tanaman tersebut yang dinokulasi dengan FMA pertumbuhannya dapat meningkat 2-3 kali lipat dibandingkan dengan kontrol, atau hampir setara dengan pemberian pupuk urea 130 kg ha⁻¹, TSP 180 kg ha⁻¹, dan KCl 100 kg ha⁻¹ (Setiadi, 1996). Tanaman nilam varietas Tapaktuan bermikoriza yang ditanam di tanah latosol Sukamulya pada umumnya mempunyai nilai serapan hara N, P dan

Peningkatan hara N, P dan K yang terangkut pada panen pertama nilam yang diberi perlakuan FMA + 2 kg kompos tanaman⁻¹ + 100 N + 40 P₂O₅ + 100 K₂O ha⁻¹ adalah 66,5; 44 dan 61,5% dibandingkan tanpa FMA (Trisilawati, 2010). Pemberian mikoriza sebagai agen hayati, yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk fosfor menunjukkan adanya peningkatan P tersedia pada tanah Andosol, hal ini membuktikan bahwa mikoriza berperan dalam mengefisienkan pemupukan fosfor (Haryantini dan Santoso, 2006).

KESIMPULAN

Terjadi sinergisme antara FMA dengan tanaman pegagan, cukup sinergis dan efektif karena mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi biomasa tanaman pegagan, sedangkan pemberian pupuk berperan penting dalam meningkatkan biomasa. Simbiosis FMA dengan tanaman pegagan nyata meningkatkan pertumbuhan dan produksi pegagan yang meliputi jumlah stolon primer (26,46%), jumlah buku dan jumlah daun pada stolon primer terpanjang (12,20 dan 17,94%), bobot kering akar (25,76%), terna (17,53%) dan total (18,85). Selain itu, pegagan yang bersimbiosis dengan FMA pada perlakuan tanpa pupuk menunjukkan serapan hara yang lebih tinggi dibandingkan tanpa FMA, yaitu N 24,4;

P 20,3 dan K 4,2%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang telah memberikan dana penelitian melalui KKP3T, Kepala Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat yang telah memberikan tempat dan fasilitas penelitian, Kepala Kebun Percobaan Gunung Putri, M. Zainudin, Teguh Santoso dan Herman (teknisi Litkayasa Balittro) yang sudah banyak membantu selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott LK and AD Robson. 1984. The effect of mycorrhizae on plant growth, *Didalam* : Powel CL. Dan Bagyrj DJ (Eds). *Vesicular arbuscular mycorrhizae*. Florida:CRC Press. Inc. Boca Raton. pp. 113-130.
- Akiyama K, K Matsuzaki and H Hayashi. 2005. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature* 435:824-827.
- Anissa RF. 2006. Pengaruh pemberian ekstrak air daun pegagan (*Centella asiatica*) terhadap kemampuan kognitif dan kadar neurotransmitter monoamine pada hipokampus tikus (*Rattus novergicus* L) galur Wistar jantan dewasa. Skripsi Sarjana Biologi. Program Studi Biologi. Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati. ITB. Bandung. 55 hlm.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Petunjuk Teknis. Edisi 2. BBSDL, Badan Litbang Pertanian, Deptan. 234 hlm.
- Bermawie N, B Martono and S Purwiyanti. 2006. Description development and information documentation, Collaboration between Indonesian Medicinal Crops Research Institute, Indonesia Center Estate Crops Research and Development and International Plant Genetic Resources Institute. *Unpublished*. 40 hlm.
- Berta G, A Trotta, A Fusconi, JE Hooker, M Munro, D Atkinson, M Giovanetti, S Morini, P Fortuna, B Tisserant, V Gianinazzi-Pearson and S Gianinazzi. 1995. Arbuscular mycorrhizal induced changes to plant growth and root system morphology in *Prunus cerasifera*. *Tree Physiol* 15: 281-293.
- Bunpo P, K Kataoka, H Arimochi, H Natakayana, T Kuwahara, Y Bando, K Izumi, U Vinitketkumnuen and Y Ohnishi. 2004. Inhibitory effects of *Centella asiatica* on azoxymethane-induced aberrant crypt focus formation and carcinogenesis in the intestines of F344 rats. *Food and Chemical Toxicology* 42: 1987-1997.
- Brundrett MC, N Melville and L Peterson. 1994. Practical methods in mycorrhiza research. Mycologue Publications. Ontario, Canada. 161 p.
- Cardoso IM, TW Kuyper. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 72-84.
- Chaurasia B, A Pandey and LMS Palni. 2005. Distribution, colonization and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with central Himalayan rhododendrons. *Forest Ecology and Management* 207: 315-324.
- Cuenca G, DZ Andrade and E Meneses. 2001. The presence of aluminium in arbuscular mycorrhizas of *Clusia multiflora* exposed to increased acidity. *Plant and Soil* 231: 233-241.
- De La Cruz RE, MQ Manalo, NS Aggangan and JD Tambalo. 1988. Growth of three legume trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and rhizobium. *Plant Soil*. 108: 111-115.
- Delvian. 2003. Keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di hutan pantai dan potensi pemanfaatannya. [Disertasi]. Program Pascasarjana. IPB. Bogor. 159 hlm.
- Douds DD Jr and NC Johnson. 2007. Contributions of arbuscular mycorrhizas to soil biological fertility. Di dalam: Abbott LK, Murphy DV. (editor). *Soil Biological Fertility – A Key to sustainable land use in agriculture*. New York: Springer Science Business Media. pp. 129-162.
- Ghulamahdi M, SA Aziz, N Bermawie dan O Trisilawati, 2008. Studi penyiapan standar operasional prosedur budidaya untuk produksi bioaktif mendukung standarisasi mutu pegagan. Laporan Hasil Penelitian KKP3T. 71 hlm.
- Ghulamahdi M, SA Aziz, N Bermawie dan O Trisilawati, 2009. Studi Penyiapan Standar Operasional Prosedur Budidaya untuk Produksi Bioaktif Mendukung Standarisasi Mutu Pegagan. Laporan Hasil Penelitian KKP3T. 98 hlm.
- Hanum C. 2004. Penapisan beberapa galur kedelai (*Glycine max*. Merr.) toleran cekaman aluminium dan kekeringan serta tanggap mikoriza vesikular arbuskular [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor. 162 hlm.
- Hartoyo B, M Ghulamahdi, LK Darusman, ZA Aziz dan I Mansur. 2011. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada rizosfer tanaman pegagan (*Centella asiatica* L. Urban). *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 17(1): 32-40.
- Haryantini BA dan HM Santoso. 2006. Pertumbuhan

dan hasil cabai merah (*Capsicum annum*) pada andisol yang diberi mikoriza, pupuk fosfor dan zat pengatur tumbuh. http://72.14.235.104/search?q=cache:Gut_m4d67ZgJ:images.soemarno.multiply.com/. 11 p.

- Heyne K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid III, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan, Jakarta: 1.884 hlm.
- Hong SS, JH Kim, H Li and CK Shim. 2005. Advanced Formulation and Pharmacological Activity of Hydrogel of the Titrated Extract of *C. asiatica*. *Arch Pharm Res*. 28(4): 502-508.
- Hsu YL, PL Kuo, LT Lin and CC Lin. 2005. Asiatic acid, a triterpene, Induces apoptosis and cell cycle arrest through activation of extracellular signal-regulated kinase and p38 mitogen-activated protein kinase pathways in human breast cancer cells. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 313(1): 333-344.
- IPB (Institut Pertanian Bogor). 2005. Pasar domestik dan ekspor produk tanaman obat. Pusat Studi Biofarmaka Institut Pertanian Bogor. 3 hlm.
- Januwati M dan M Yusron. 2005. Budidaya tanaman pegagan. Sirkuler No. 11. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika, Bogor. 4 hlm.
- Jeong BS. 2006. Structure-activity relationship study of asiatic acid derivatives for new wound healing agent. *Arch Pharm Res* 29(7): 556-562.
- Kabirun S. 2002. Tanggap padi gogo terhadap inokulasi jamur mikoriza arbuskula dan pemupukan fosfat di entisol. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2): 49-56.
- Kartika E. 2006. Tanggap pertumbuhan, serapan hara dan karakter morfologi terhadap cekaman kekeringan pada bibit kelapa sawit yang bersimbiosis dengan CMA. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor. 188 hlm.
- Kumar VMH and YK Gupta. 2002. Effect of different extracts of *Centella asiatica* on cognition and markers of oxidative stress in rats. *J Ethnopharmacol* 79(2): 253-60.
- _____. 2003. Effect of *Centella asiatica* on cognition and oxidative stress in an intracerebroventricular streptozotocin model of Alzheimer's disease in rats: *Clin Exp Pharmacol Physiol* 30(5-6): 336-42.
- Li T and ZW Zhao. 2005. Arbuscular mycorrhizas in a hot and ecosystem in Southwest China. *Appl Soil Ecol* 29: 135-141.
- Lynch JP and KM Brown. 2001. Topsoil foraging: an architectural adaptation of plants to low phosphorus availability. *Plant Soil* 237: 225-237.
- Mathew G, L Joseph and Ramaswamy. 2009. Anti-allergic, anti-pruritic, and anti-inflammatory activities of *Centella asiatica* extracts. *Afr. J. Trad. CAM* 6(4): 554-559.
- Mathur A, AK Mathur, SYadav and P Verma. 2007. *Centella asiatica* (L.) Urban-status and scope for commercial cultivation. *J. Med. Arom. Plant Sci* 129: 151-162.
- Miransari M, HA Bahrami, F Rejali and MJ Malakouti. 2009. Effects of arbuscular mycorrhiza, soil sterilization, and soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) nutrients uptake. *Soil Till. Res.* 104: 48-55.
- Musyarofah N, S Susanto, SA Aziz dan S Kartosoewarno. 2007. Respon tanaman pegagan (*Centella asiatica* L. Urban) terhadap pemberian pupuk alami di bawah naungan. *Bul Agron* 35: 217-224.
- Nusantara AD. 2011. Pengembangan produksi inokulan fungi mikoriza arbuskula berbasis bahan alami dan pemanfaatannya untuk produksi bibit jati (*Tectona grandis* L.f). [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 186 hlm.
- Ortas I. 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8: S116-S122.
- Ortas I, N Sari, C Akpınar and H Yetisir. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions *Scientia Horticulturae* 128: 92-98.
- Ouahmane L, J Thioulouse, M Hafidi, Y Prin, M Ducousso, A Galiana, C Planchette, M Kisa and R Duponnois. 2007. Soil functional diversity and P solubilization from rock phosphate after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi *Forest Ecology and Management* 241: 200-208.
- Porrás-Soriano A, ML Soriano-Martín, AA Porrás-Piedra and R Azcón. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *J. Plant Physiol* 166: 1350-1359.
- Read DJ, J Perez-Moreno. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems—a journey towards relevance. *New Phytologist* 157: 475-492.

- Rhodes LH, JW Gerdemann. 1978. Translocation of calcium and phosphate by external hyphae of vesicular arbuscular mycorrhizae. *Soil Sci* 126: 125-126.
- Sasli I, S Yahya, Sudradjat, Y Setiadi dan Sudarsono. 2008. Perbaikan pertumbuhan dan kualitas tanaman lidah buaya di tanah gambut dengan aplikasi mikoriza arbuskula dan pemupukan. *Bul. Agron* 36(3): 248-254.
- Setiadi Y. 1996. The practical application of arbuscular mycorrhizal fungi for enhancing tree establishment in degraded nickel mine sites at PT INCO Soroako. Paper presented on IUFRO International Symposium on Accelerating Natural Succession of Degraded Tropical Lands. 11-13 June 1996. Washington DC.
- Setiadi Y. 2001. Arbuscular Mycorrhizal Inoculum Production for Reforestation in Indonesia. Proceedings of International Workshop BIOREFOR. Tokyo, Japan. 7-11 October 2001. pp. 102-107
- Sieverding E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agroecosystems. Bremen, Germany: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit.
- Smith SE dan DJ Read. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Second edition. Harcourt Brace and Company Publisher. pp. 34-160.
- _____. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Third edition: Academic Press. Elsevier Ltd. New York, London, Burlington, San Diego. 768 p.
- Subramanian KS, V Tenshia, K Jayalakshmi and V Ramachandran. 2009. Biochemical changes and zinc fractions in arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) inoculated and uninoculated soils under differential zinc fertilization. *Appl. Soil Eco.* 43: 32-39.
- Sutardi. 2008. Kajian waktu panen dan pemupukan fosfor terhadap pertumbuhan dan produksi asiaticosida tanaman pegagan (*Centella asiatica* L. Urban) di dataran tinggi. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor. 82 hlm.
- Swasono DH. 2006. Peranan mikoriza arbuskula dalam mekanisme adaptasi beberapa varietas bawang merah terhadap cekaman kekeringan di tanah pasir pantai. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 160 hlm
- Syarif AA. 2007. Adaptasi dan Ketenggangan genotipe padi terhadap defisiensi fosfor di tanah sawah. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor. 131 hlm.
- Taiwo LB and AA Adegbite. 2001. Effect of arbuscular mycorrhizal and Braadyrhizobium inoculums on growth, N₂ fixation and yield of promiscuously modulating soybean (*Glycine max*). *Moor J. Agri. Res* 2: 110-118.
- Trisilawati O. 2005. Respon Tiga Klon Kumis Kucing (*Orthosipon aristatus*) terhadap Mikoriza Arbuskula. *Bul. Littro* 16(1): 18-26.
- _____. 2007. Efektivitas mikoriza arbuskula dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produksi nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). Prosiding Konggres Nasional Mikoriza Indonesia II. Bogor, 7-9 Juli 2007. Hlm. 45-51.
- _____. 2010. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap pertumbuhan dan produksi nilam varietas Tapaktuan. Prosiding Konferensi Nasional Minyak Atsiri. Bandung 20-21 Oktober 2010. 75-82.
- Wang XS and JN Liu L. 2005. Immunological activities and structure of pectin from *Centella asiatica*. *Carbohydrate Polymers* 60: 95-101.
- Wang B and YL Qui. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299-363.
- Winarto WP dan M Surbakti. 2003. Khasiat dan manfaat pegagan. Tanaman penambah daya ingat. Agromedia Pustaka, Jakarta. 64 hlm.
- Xiao TJ, QS Yan, W Ran, GH Xu, QR Shen. 2010. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on nitrogen and phosphorus utilization in upland rice-mungbean intercropping system. *Agric. Sci. China* 9: 528-535.
- Zainol MK, A Abd-Hamid, S Yusof and R Muse. 2003. Antioxidative activity and total phenolic compounds of leaf, root and petiole of four accessions of *Centella asiatica* (L.) Urban. *Food Chemistry* 81: 575-581.
- Zhang LN, JJ Zheng, L Zhang, X Gong, H Huang, CD Wang, B Wang, MJ Wu, XH Li, WJ Sun, YJ Liu and JY Wan. 2011. Protective effect of asiaticoside on septic lung injury in mice. *Experiment and Toxicologic Pathology* 63: 519-525.
- Zhu YG, TR Cavagnaro, SE Smith and S Dickson. 2001. Backseat driving. Accessing phosphate beyond the rhizosphere-depletion zone. *Trends Plant Sci* 6: 194-195.