

# Studi Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dan Pemupukan Fosfor Alami Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Biomassa Tanaman Pegagan (*Centella asiatica* L. Urban)

**Penulis** Budi Hartoyo<sup>1\*</sup>, Munif Ghulamahdi<sup>2</sup>, Irdika Mansur<sup>3</sup>, Sandra Aziz<sup>2</sup>

**Afiliasi** <sup>1</sup>Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah  
<sup>2</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
<sup>3</sup>Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

## Kata Kunci

- Biomassa
- Fungi mikoriza arbuskula
- Pegagan
- Pertumbuhan
- Pupuk P alami

**Diterima** 25 September 2014

**Direvisi** 3 Mei 2018

**Disetujui** 1 Agustus 2018

## \* Penulis Koresponding

**Budi Hartoyo**

Jl. Soekarno - Hatta KM. 26  
 No. 10 Kotak Pos 124, Bergas,  
 Kabupaten Semarang  
 Ungaran 50552 - Jawa Tengah  
 budyh4r@gmail.com

## ABSTRAK

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) sebagai agensia hayati pada beberapa jenis tanaman saat ini mulai banyak mendapat perhatian, karena kemampuannya dalam bersimbiosis dengan berbagai jenis tanaman, dan membantu tanaman dalam meningkatkan penyerapan unsur hara, serta memperbaiki kualitas hasil. Dewasa ini, penting artinya mendapatkan bahan alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber fosfor (P) yang harganya murah, aman bagi lingkungan, dan mudah tersedia. Batuan fosfat dan tepung tulang sapi merupakan jenis bahan alami yang dapat digunakan sebagai sumber P alternatif yang diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan biomassa tanaman pegagan. Percobaan rumah kaca dilaksanakan dengan tujuan menguji efektivitas FMA pada jenis dan dosis pupuk P alami terhadap pertumbuhan dan biomassa tanaman pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban). Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap yang disusun secara faktorial. Faktor pertama ialah perlakuan FMA (inokulasi FMA dan tanpa FMA). Faktor kedua ialah dosis pupuk P alami (4 taraf dosis batuan fosfat 150, 300, 450, 600 kg ha<sup>-1</sup> dan 4 taraf dosis tepung tulang sapi 125, 250, 375, 500 kg ha<sup>-1</sup> serta perlakuan kontrol/tanpa pemupukan), yang diulang tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan inokulasi FMA nyata meningkatkan jumlah daun, jumlah stolon, luas daun, bobot segar dan bobot kering biomassa tanaman pegagan. Demikian pula Pupuk P alami nyata meningkatkan jumlah daun, luas daun, bobot segar dan bobot kering biomassa tanaman pegagan. Perlakuan FMA dan pupuk P alami tidak saling berinteraksi terhadap peubah pertumbuhan dan biomassa tanaman pegagan.

## PENDAHULUAN

Pegagan merupakan komoditas tanaman obat yang akhir-akhir ini cukup mendapat perhatian masyarakat karena secara empiris dikenal memiliki khasiat yang cukup banyak. Efek farmakologis dari pegagan secara ilmiah antara lain untuk meningkatkan kemampuan kognitif (Anissa 2006; Kumar & Gupta 2002), mencegah



penurunan kemampuan kognitif serta stres oksidatif (Kumar & Gupta 2003), memberikan kontribusi utama pada aktivitas anti-oksidatif (Zainol *et al.* 2003), disamping dapat dimanfaatkan untuk kosmetik, dan perawatan kulit (Winarto & Surbakti 2003), sehingga pegagan merupakan salah satu tanaman obat yang potensial untuk dikembangkan. Permasalahan dalam pengembangan produk yang berasal dari tanaman pegagan adalah belum terjaminnya mutu dan pasokan, kualitas bahan baku masih sangat bervariasi serta jumlah pasokan yang tidak menentu (Winarto dan Surbakti 2002).

Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) sebagai agensia hayati pada beberapa jenis tanaman saat ini mulai banyak mendapat perhatian, karena kemampuannya untuk bersimbiosis dengan berbagai jenis tanaman, dan juga berpotensi memfasilitasi penyediaan berbagai unsur hara bagi tanaman terutama hara fosfat. FMA diyakini berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, produksi, dan mutu tanaman pertanian, 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 (Smith & Read 2008).

Pemanfaatan batuan fosfat dan tepung tulang sebagai sumber P alami pada kombinasi dengan FMA, didasarkan pada resistensi FMA terhadap bahan-bahan kimiawi. Pertumbuhan dan perkembangan FMA sangat dipengaruhi oleh kadar, bentuk dan kelarutan hara P. Kadar P yang tinggi akan menekan kolonisasi FMA (Zhu *et al.* 2005), pemupukan P dengan takaran yang tinggi dan kelarutan yang tinggi dilaporkan mengubah produksi kemelimpahan, daya mengkolonisasi, dan efektivitas propagul FMA (Azcon *et al.* 2003; Covacevich *et al.* 2006). Pada batas-batas tertentu penambahan P merangsang perkecambahan spora FMA, tetapi kadar P yang tinggi akan menghambat pertumbuhan FMA. Kadar hara substrat tidak boleh melampaui batas maksimum 70 ppm untuk P dan 50 ppm untuk N (Feldman & Idczak 1992). Penggunaan fosfat yang rendah kelarutannya, misalnya dalam bentuk batuan fosfat, kalsium fosfat, dan tepung tulang lebih efektif untuk memelihara perkembangan FMA dan meningkatkan kolonisasi akar (Nikolaou *et al.* 2002). Hasil penelitian Nusantara *et al.* (2007) mendapatkan bahwa tepung tulang ayam dan tepung kulit telur memberikan efek yang kurang baik terhadap

perkembangan FMA dan hasil terbaik adalah dengan tepung tulang sapi.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh FMA, jenis serta dosis pupuk P alami terhadap pertumbuhan dan produksi biomassa pegagan.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Bogor dari bulan April sampai dengan bulan September 2010. Percobaan faktorial dengan dua (2) faktor dan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jenis isolat FMA, yaitu: (1) tanpa FMA dan (2) dengan FMA. Faktor kedua adalah jenis dan dosis pupuk P alami dengan 9 taraf, yaitu: 0 (kontrol), 150, 300, 450, 600 kg ha<sup>-1</sup> batuan fosfat; 125, 250, 375, dan 500 kg ha<sup>-1</sup> tepung tulang sapi.

Pengamatan dilakukan terhadap karakter agronomi mengacu pada panduan deskriptor yang dikembangkan khusus untuk tanaman pegagan dengan beberapa modifikasi meliputi : jumlah daun, luas daun total, jumlah stolon primer, jumlah stolon sekunder, bobot kering terna, bobot kering daun, panjang akar, bobot kering akar. Pengamatan kolonisasi FMA dilakukan menggunakan metode pewarnaan akar dari Philips dan Hayman (1970) yang dimodifikasi Koske dan Gemma (1989). Aras kolonisasi ditentukan berdasarkan kriteria Rajapakse dan Miller (1992) yang dimodifikasi sebagai berikut: < 5% = Sangat rendah (Kelas 1), 6–25% = Rendah (Kelas 2), 26–50% = Sedang (Kelas 3), 51–75% = Tinggi (Kelas 4), dan > 75% = Sangat tinggi (Kelas 5).

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor dan interaksinya, jika hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda *Duncan's Multiple Range Test*. Analisis ragam menggunakan program SAS versi 9.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Jumlah daun, Luas daun, Jumlah stolon primer, dan jumlah stolon sekunder

Analisis ragam menunjukkan inokulasi FMA berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah daun, luas daun, jumlah stolon primer, dan jumlah stolon sekunder, (Tabel 1). FMA mampu meningkatkan jumlah daun 18, 70%, luas daun meningkat sebesar 17,22%, jumlah stolon primer 18.2%, dan jumlah stolon



**Tabel 1.** Pengaruh FMA dan dosis pupuk P alami terhadap jumlah daun, luas daun, jumlah stolon primer, dan jumlah stolon sekunder, pada umur 16 minggu setelah tanam (MST)

Perlakuan	Jumlah daun total	Luas daun total (cm <sup>2</sup> )	Jumlah stolon primer	Jumlah stolon sekunder
Pemberian FMA	175.90 <sup>a</sup>	900.32 <sup>a</sup>	6.30 <sup>a</sup>	12.10 <sup>a</sup>
Tanpa FMA	148.20 <sup>b</sup>	768.02 <sup>b</sup>	5.40 <sup>b</sup>	9.30 <sup>b</sup>
Dosis dan Sumber P alami (kg ha <sup>-1</sup> )				
0 (tanpa pupuk)	127.90 <sup>r</sup>	622.04 <sup>r</sup>	5.20	9.10
150 Batuan fosfat	149.90 <sup>pqr</sup>	802.77 <sup>pq</sup>	5.60	10.10
300 Batuan fosfat	158.50 <sup>pqr</sup>	777.83 <sup>qr</sup>	5.50	10.30
450 Batuan fosfat	143.80 <sup>r</sup>	806.83 <sup>pq</sup>	6.10	10.50
600 Batuan fosfat	181.60 <sup>pq</sup>	897.44 <sup>pq</sup>	5.70	11.30
125 Tepung tulang sapi	184.10 <sup>pq</sup>	965.63 <sup>p</sup>	6.30	11.50
250 Tepung tulang sapi	186.40 <sup>p</sup>	947.92 <sup>pq</sup>	6.20	11.40
375 Tepung tulang sapi	144.60 <sup>pqr</sup>	775.54 <sup>qr</sup>	5.90	11.60
500 Tepung tulang sapi	181.90 <sup>pq</sup>	911.54 <sup>pq</sup>	5.90	11.60
Interaksi FMA dan P alami	tn	tn	tn	tn

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap kolom, berbeda nyata pada uji DMRT 5%

sekunder 30.8%, lebih tinggi dibanding tanaman yang tidak diperlakukan inokulasi FMA, artinya inokulasi FMA berpengaruh secara langsung atau tidak langsung terhadap biomassa pegagan, fakta tersebut didukung oleh hasil analisis korelasi sederhana yang menunjukkan bahwa jumlah daun, luas daun, jumlah stolon primer, dan jumlah stolon berkorelasi positif sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap bobot kering daun dan bobot kering terna.

Pupuk P alami yang berasal dari tepung tulang sapi memberikan pengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap jumlah daun, dan pengaruh sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap luas daun, akan tetapi tidak menghasilkan pengaruh yang berbeda ( $P > 0.05$ ) terhadap jumlah stolon primer, dan jumlah stolon sekunder. Rerata jumlah daun tertinggi diperoleh pada perlakuan dosis 250 kg ha<sup>-1</sup> tepung tulang sapi dan meningkat 45.7% dibanding tanpa pemupukan, sedangkan luas daun total tertinggi diperoleh perlakuan dosis 125 kg ha<sup>-1</sup> tepung tulang sapi dan meningkat 55.2% dibanding tanpa pemupukan. Batuan fosfat dan tepung tulang sapi sebagai sumber pupuk P alami merupakan bentuk pupuk alami yang dikenal lambat kelarutannya sehingga tidak cepat tersedia bagi tanaman, sehingga sampai dengan tanaman pegagan di panen pada umur lima (5) bulan kemungkinan belum menunjukkan pengaruhnya.

Peran dan kemampuan FMA yang berasosiasi dengan tanaman pegagan mampu memfasilitasi

penyediaan unsur hara dan air yang akan mendorong pertumbuhan vegetatif yang lebih cepat. FMA mempunyai kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman, serta telah dibuktikan mampu memperbaiki nutrisi dan pertumbuhan tanaman (Setiadi 2007; Smith & Read 2008). FMA memiliki kapasitas untuk mengakses sumber-sumber hara baik an-organik maupun organik dalam tanah (Smith & Read 2008; Read & Perez-Moreno 2003). Peran tersebut menyebabkan FMA dapat meningkatkan serapan berbagai hara bagi tanaman, utamanya hara P (Smith & Read 1997; Ortas *et al.* 2011), hara N (Hawkins *et al.* 2000; Xiao *et al.* 2010), hara K (Porrás-Soriano *et al.* 2009), Ca (Rhodes & Gerdermann 1978), Zn (Subramanian *et al.* 2009; Ortas *et al.* 2011), Cu, Mn, dan Fe (Miransari *et al.* 2009).

**Bobot kering daun, bobot kering terna, dan bobot kering total**

Perubahan atau peningkatan nilai bobot kering merupakan salah satu indikator efektivitas FMA dalam bersimbiosis dengan tanaman. Perlakuan inokulasi FMA mampu meningkatkan bobot kering daun, bobot kering terna, dan bobot kering total sebesar 14.7, 17.1, dan 18.0% dan berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) dibanding perlakuan tanpa FMA. Perlakuan pupuk P alami berbeda nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap bobot kering daun, serta berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap bobot kering terna dan bobot kering total tanaman.



Pemberian sampai dengan 150 kg ha<sup>-1</sup> batuan fosfat nyata meningkatkan bobot kering daun sebesar 34.8% dibanding tanpa pemupukan, dan penambahan sampai dengan dosis 600 kg ha<sup>-1</sup> justru tidak efisien. Pemberian dosis 125 kg ha<sup>-1</sup> tepung tulang sapi mampu meningkatkan bobot kering daun sebesar 48.8% dan penambahan dosis tidak memberikan peningkatan yang nyata. Perlakuan batuan fosfat dan tepung tulang sapi pada dosis 150 dan 125 kg ha<sup>-1</sup> nyata meningkatkan bobot kering terna masing-masing sebesar 28.2 dan 42.8%, dan bobot kering total masing-masing sebesar 29.5 dan 41.0% dibanding tanpa pemberian pupuk. Penambahan dosis dari kedua jenis pupuk tidak memberikan hasil yang lebih tinggi (Tabel 2).

Peranan FMA dalam peningkatan pertumbuhan dan produktivitas biomassa tanaman pegagan melalui peningkatan serapan hara dapat terjadi karena mekanisme simbiosis FMA mendukung pertumbuhan tanaman lebih optimal yang sehat dan saling menguntungkan. Hifa adalah jaringan yang terbentuk pada FMA merupakan wahana untuk transpor 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). FMA mampu meningkatkan fotosintesis 14% lebih tinggi dibandingkan tanaman non FMA. Fotosintesis diekspresikan dengan peningkatan luas daun, hasil biomassa atau hasil keseluruhan tanaman (Kaschuk *et al.* 2009).

#### Panjang akar, bobot kering akar, infeksi FMA

Perlakuan FMA tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar, akan tetapi berbeda sangat nyata ( $P < 0.01$ ) terhadap bobot kering akar dengan meningkatkan 25.4% lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian FMA (Tabel 3). Akar adalah bagian tanaman yang merupakan tempat dimana FMA melekat dan melakukan aktivitas. Akar yang terinfeksi FMA akan tumbuh dan berkembang lebih cepat serta volume perakaran menjadi lebih luas. Kolonisasi FMA yang ditandai dengan besarnya nilai persentase akar tanaman yang terinfeksi menunjukkan perbedaan sangat nyata ( $P < 0.01$ ) tanaman yang diperlakukan dengan FMA dibandingkan dengan tanaman yang tidak diperlakukan, sedangkan antara dosis dan jenis pupuk P alami tidak menunjukkan perbedaan nyata. Kolonisasi tidak hanya terjadi pada akar tanaman induk, akan tetapi juga menginfeksi akar tanaman anakan.

Pemberian pupuk P alami berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap panjang akar dan sangat nyata terhadap

**Tabel 2.** Pengaruh FMA dan dosis pupuk P alami terhadap bobot kering daun, bobot kering terna, dan bobot kering total per tanaman pada umur 16 MST

Perlakuan	Bobot kering daun	Bobot kering terna	Bobot kering total
		..... g tan <sup>-1</sup> .....	
Pemberian FMA	4.45 a	21.72 a	24.92 a
Tanpa FMA	3.88 b	18.55 b	21.11 b
Dosis dan Sumber P alami (kg ha <sup>-1</sup> )			
0 (tanpa pupuk)	3.07 q	15.19 q	17.32 q
150 Batuan fosfat	4.14 p	19.48 p	22.43 p
300 Batuan fosfat	3.97 pq	19.01 p	21.87 p
450 Batuan fosfat	3.82 pq	19.47 p	22.33 p
600 Batuan fosfat	4.59 p	21.91 p	25.14 p
125 Tepung tulang sapi	4.57 p	21.69 p	24.42 p
250 Tepung tulang sapi	4.47 p	21.38 p	24.36 p
375 Tepung tulang sapi	4.09 p	20.96 p	23.93 p
500 Tepung tulang sapi	4.81 p	22.13 p	25.35 p
Interaksi FMA dan P alami	tn	tn	tn

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap kolom, berbeda nyata pada uji DMRT 5%



**Tabel 3.** Pengaruh FMA dan dosis pupuk P alami terhadap panjang akar tanaman induk, bobot segar dan bobot kering akar per tanaman pada umur 16 MST

Perlakuan	Panjang akar	Bobot kering akar	Infeksi FMA ( induk)	Infeksi FMA ( anakan)
	.... cm....	.... g ...	.....%.....	
Pemberian FMA	27.83 a	3.21 a	85.81 a	89.04 a
Tanpa FMA	26.82 a	2.56 b	13.57 b	14.75 b
Dosis dan Sumber P alami (kg ha <sup>-1</sup> )				
0	24.03 q	2.13 q	45.90	49.03
150 Batuan fosfat	29.70 p	2.95 p	49.36	52.75
300 Batuan fosfat	24.88 q	2.89 p	50.73	55.75
450 Batuan fosfat	27.89 pq	2.86 p	53.25	46.34
600 Batuan fosfat	30.82 p	3.23 p	44.72	52.28
125 Tepung tulang sapi	25.54 q	2.74 p	46.83	52.59
250 Tepung tulang sapi	27.99 pq	2.98 p	54.25	47.10
375 Tepung tulang sapi	27.13 pq	2.97 p	47.62	56.66
500 Tepung tulang sapi	27.90 pq	322 p	54.58	54.57
Interaksi FMA dan P alami	tn	tn	tn	tn

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada setiap kolom, berbeda nyata pada uji DMRT 5%

bobot kering akar ( $P < 0.01$ ). Perlakuan dosis 150 kg ha<sup>-1</sup> batuan fosfat mampu menambah panjang akar sebesar 23.5% dibanding tanpa pemupukan, sedangkan pemberian berbagai dosis tepung tulang sapi tidak memberikan hasil yang lebih baik dibanding kontrol. Pemupukan P alami mampu meningkatkan bobot kering akar dibandingkan tanpa pemupukan, tetapi tidak berbeda baik dosis maupun sumber pupuk P yang diberikan. Perlakuan dosis 150 kg ha<sup>-1</sup> batuan fosfat dan dosis 125 kg ha<sup>-1</sup> tepung tulang sapi sudah cukup untuk meningkatkan bobot kering akar sebesar 38.5 dan 28.6% dibandingkan dengan kontrol, dan penambahan dosis kedua pupuk tersebut justru tidak efisien (Tabel 3). Berbagai bentuk sumber P sukar larut, misalnya tepung tulang dapat meningkatkan serapan P pada tanaman yang ditumbuhkan dalam pot maupun lapangan (Klock & Taber 1996; Jeng *et al.* 2006; Romer 2006) dan efektif untuk memelihara FMA dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Cardoso 1996; Nikolaou *et al.* 2002).

Perlakuan dosis batuan fosfat pada pemanfaatan dengan FMA terhadap bobot kering daun membentuk hubungan linier positif dengan persamaan  $Y = 3.871 + 0.001 X$  ( $R^2 = 0.223$ ). Sebaliknya perlakuan dosis batuan fosfat tanpa pemberian FMA membentuk hubungan kuadratik terhadap bobot kering daun dengan persamaan  $Y = 2.629 + 0.008 X - 0.00001 X^2$  ( $R^2 = 0.608$ ). Penggunaan tepung tulang sapi sebagai sumber pupuk

P alami pada pemanfaatan dengan FMA maupun tanpa FMA membentuk hubungan kuadratik dengan persamaan  $Y = 3.480 + 0.007 X - 0.000009 X^2$  ( $R^2 = 0.455$ ), dan  $Y = 2.735 + 0.011 X - 0.00002 X^2$  ( $R^2 = 0.619$ ) (Gambar 1).

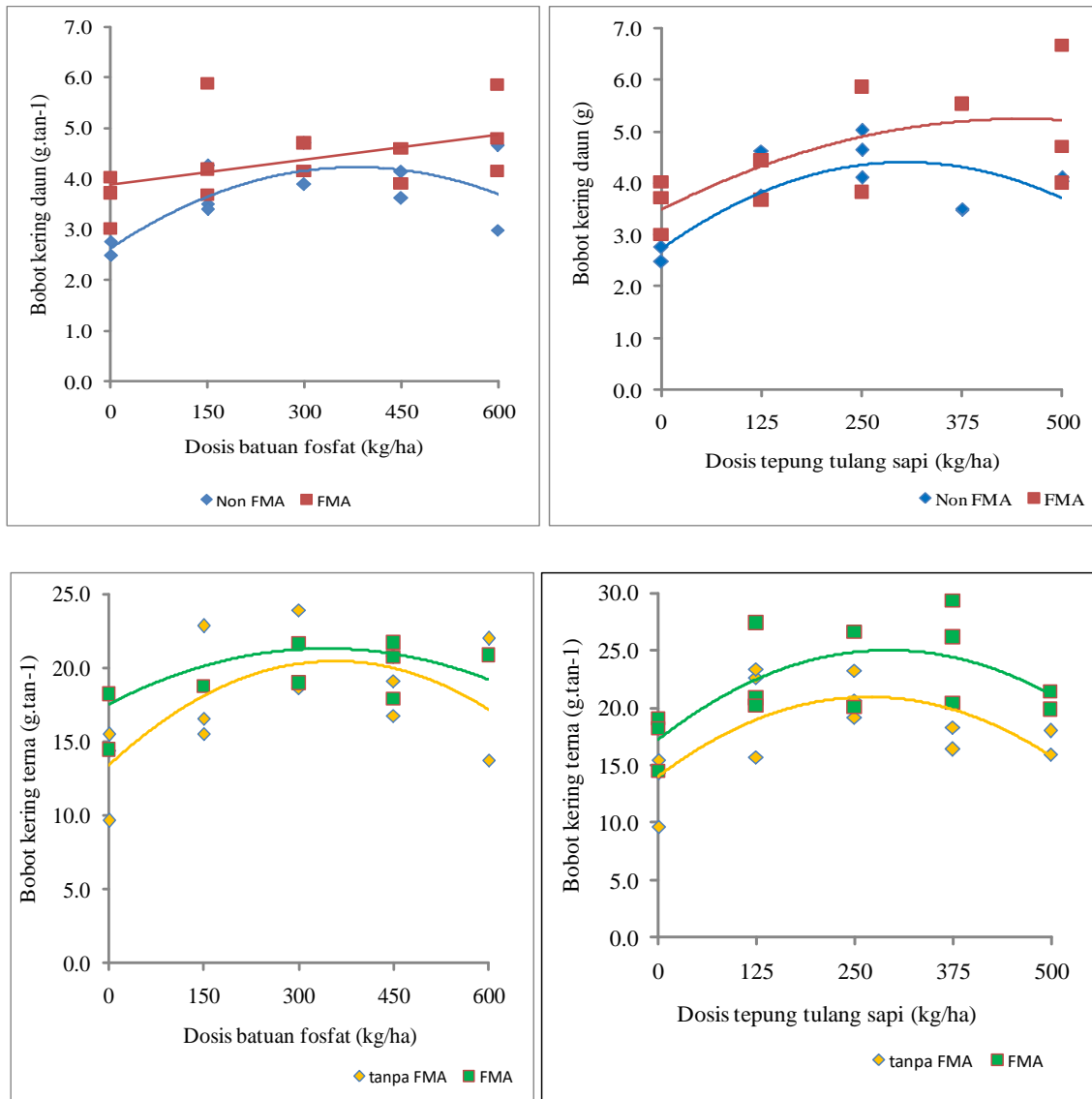
Perlakuan dosis pupuk batuan fosfat dan pemberian FMA dan tanpa FMA membentuk hubungan kuadratik terhadap bobot kering terna tanaman pegagan mengikuti persamaan  $Y = 17.48 + 0.022 X + 0.00003 X^2$  ( $R^2 = 0.207$ ), dan  $Y = 13.37 + 0.0039 X - 0.00006 X^2$  ( $R^2 = 0.429$ ). Sedangkan kombinasi perlakuan pemberian FMA dan tanpa FMA dengan dosis tepung tulang sapi pengaruhnya terhadap bobot kering terna membentuk hubungan kuadratik mengikuti persamaan  $Y = 17.25 + 0.052 X - 0.00009 X^2$  ( $R^2 = 0.469$ ), dan  $Y = 13.96 + 0.052 X - 0.0001 X^2$  ( $R^2 = 0.507$ ) (Gambar 2).

### SIMPULAN

Inokulasi FMA berpengaruh secara nyata dalam meningkatkan komponen pertumbuhan tanaman pegagan, diantaranya jumlah daun, jumlah stolon primer, jumlah stolon sekunder, luas daun, masing-masing sebesar 18,70%; 18,20%; 30,80% dan 17,22%, serta bobot kering biomassa tanaman pegagan 18,00%.

Pupuk P alami berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan biomassa pegagan, pupuk alami dari batuan fosfat sampai dengan dosis 150 kg ha<sup>-1</sup> fosfat nyata meningkatkan biomassa bobot kering daun





**Gambar 1.** Hubungan antara perlakuan FMA dengan dosis pupuk batuan fosfat dan tepung tulang sapi terhadap bobot kering daun dan bobot kering ternak.

sebesar 34.8% akan tetapi pemberian pada dosis 600 kg ha<sup>-1</sup> justru tidak efisien. Sedangkan pupuk alami dari tepung tulang sapi pada pemberian dosis 125 kg ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan luas daun total sebesar 55.2% dan biomassa bobot kering daun sebesar 48.8%. Akan tetapi penambahan dosis tidak memberikan peningkatan yang nyata.

Pemberian pupuk alami batuan fosfat pada pemanfaatan dengan FMA membentuk hubungan linier dan apabila tanpa FMA membentuk hubungan kuadrat terhadap biomassa tanaman pegagan obot kering daun, sedangkan pupuk alami dari tepung tulang sapi pada pemanfaatan dengan FMA maupun tanpa

FMA membentuk hubungan kuadrat terhadap bobot kering daun dan bobot kering ternak.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Badan Litbang Pertanian yang telah membiayai penelitian ini melalui KKP3SL, Kepala Balitro yang telah memberi fasilitas rumah kaca dan laboratorium, Kepala BPTP Jateng yang telah memberi ijin penelitian, serta Teknisi Litkayasa Balitro yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.



## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Azcon R, Ambrosano E, Charest C. 2003. Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. *Plant Science*. 165 (2003) 1137-1145.
- Bogidarmanti R. 2008. Pemanfaatan Pupuk Fosfat Alam dan Fungi Mikoriza Arbuskula dalam Mempercepat Pembentukan Kayu pada Bibit *Maesopsis eminii* Engl dan *Swietenia macrophylla* King. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor. 92 h.
- Covacevich F, Marino MA, Echeverría HE. 2006. The phosphorus source determines the arbuscular mycorrhizal potential and the native mycorrhizal colonization of tall fescue and wheatgrass. *European Journal of Soil Biology*. 42: 127–138.
- Feldman F, Idczak E. 1992. Inoculum Production of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Use in Tropical Nurseries. *Methods in Microbiology*. 24:339-357.
- Hawkins HJ, Johansen A, George E. 2000. Uptake and transport of organic and inorganic nitrogen by arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil*. 226:275–285.
- Jeng AS, Haraldsen TK, Gronlund A, Pedersen PA. 2006. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*. 76:183-191.
- Kaschuk G, Kuyper TW, Leffelaar PA, Hungria M, Giller KE. 2009. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses. *Soil Biology and Biochemistry*. 41:1233–1244.
- Klock KA, Taber HG. 1996. Comparison of bone products for phosphorus availability. *Horticultura Technology*. 6:257-260.
- Koske RE, Gemma JN. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*. 92:486-505.
- Kumar VMH, Gupta YK. 2003. Effect of *Centella asiatica* on cognition and oxidative stress in an intracerebroventricular streptozotocin model of Alzheimer's disease in rats. *Clinic Experiment Pharmacology Physiology*. 30(5-6):336-342.
- Kumar VMH, Gupta YK. 2002. Effect of different extracts of *Centella asiatica* on cognition and markers of oxidative stress in rats. *Journal of Ethnopharmacology*. 79(2):253-260.
- Miransari M, Bahrami HA, Rejali F, Malakouti MJ. 2009. Effects of arbuscular mycorrhiza, soil sterilization, and soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) nutrients uptake. *Soil and Tillage Research*. 104:48–55.
- Nikolaou NN, Karagiannidis S, Koundouras, Fysarakis I. 2002. Effects of different P sources in soil on increasing growth and mineral uptake of mycorrhizal *Vitis vinifera* L. (cv Victoria) vines. *Journal International Science Vigne Vin*. 36:195-204.
- 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 hal.
- Nusantara AD, Mansur I, Kusmana C, Darusman LK, Soedarmadi, 2007. Peran Substrat Alami, Kadar Air, dan Sterilisasi Dalam Produksi Spora Melalui Simbiosis *Pueraria javanica* dan *Glomus etunicatum*. *Jurnal Akta Agrosia*. Edisi Khusus No. 2:204-212.
- Ortas I, Sari N, Akpınar C, Yetisir H. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions *Scientia Horticulturae*. 128:92–98.
- Philips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transaction of this British Mycological Society* 55:158-161.
- Porrás-Soriano A, Soriano-Martín ML, Andrés Porrás-Piedra A, Azcón R. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*. 166:1350–1359.
- Read DJ, Perez-Moreno J. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems. *New Phytologist*. 157:475-492.
- Rhodes LH, Gerdermann JW. 1978. Translocation of calcium and phosphate by external hyphae of



- vesicular arbuscular mycorrhizae. *Soil Science*. 126:125–126.
- Romer W. 2006. Plant availability of P from recycling products and phosphate fertilizers in a growth-chamber trial with rye seedling. *Plant Nutrition Soil Science*. 169:826–832.
- Setiadi Y. 2007. Bekerja dengan Mikoriza untuk Daerah Tropik. Paper pada Workshop Mikoriza. Kongres Nasional Mikoriza II. “Percepatan Sosialisasi Teknologi Mikoriza untuk Mendukung Revitalisasi Kehutanan, Pertanian dan Perkebunan. Bogor. 10 hal.
- Smith SE, Read DJ. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Third edition: Academic Press. Elsevier Ltd. New York, London, Burlington, San Diego. 768 p.
- Subramanian KS, Tenshia V, Jayalakshmi K, Ramachandran V. 2009. Biochemical changes and zinc fractions in arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) inoculated and uninoculated soils under differential zinc fertilization. *Applied Soil Ecology*. 43: 32–39.
- Winarto WP, dan Surbakti M. 2003. Khasiat dan manfaat pegagan. Tanaman penambah daya ingat. Agromedia Pustaka, Jakarta. 64 h.
- Xiao TJ, Yan QS, Ran W, Xu GH, Shen QR. 2010. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on nitrogen and phosphorus utilization in upland rice-mungbean intercropping system. *Agricultural Sciences in China*. 9: 528–535.
- Zainol MK, Abd-Hamid A, Yusof S, Muse R. 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.

