

Respon Pertumbuhan, Produksi dan Kualitas Rumput terhadap Penambahan Fungi Mikoriza Arbuskula dan Asam Humat pada Tanah Masam dengan Aluminium Tinggi

PANCA DEWI MANU HARA KARTI¹ dan Y. SETIADI²

¹Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

²Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Email: pancadewi_fapetipb@yahoo.com

(Diterima Dewan Redaksi 4 April 2011)

ABSTRACT

KARTI, P.D.M.H. dan Y. SETIADI. 2011. Growth response, production and quality of grass resulted from addition of arbuscular mycorrhizal fungi and humic acid on acid soil with high aluminium content. *JITV* 16(2): 104-111.

Arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) can help plant to uptake of low P availability in acid soils because of the ability of AMF to adapt from acid soil. Humic acid plays a role in metal absorption such as Al. The purpose of this research was to study the effect of addition of AMF and humic acid to acid soil on growth, yield and quality of grass. A complete randomized design with factorial pattern was applied to two types of grasses, namely: *Setaria splendida* (Al-tolerance) and *Chloris gayana* (Al-sensitive). The first factor is the addition of AMF, which consists of two levels, namely: -AMF = without AMF. +AMF = with AMF. The second factor was the addition of humic acid which consists of four levels, namely: Ho = without humic acid, H₆₀ = 60 ppm humic acid usage, H₁₂₀ = 120 ppm humic acid usage and H₁₈₀ = 180 ppm humic acid usage. Variables measured were dry matter production of shoot and roots, uptake of P and N, the production of phosphatase, root infection, the number of spores. AMF and humic acid augmentation on *Setaria splendida* did not affect on growth and production, but they improved the uptake of P and N total. AMF augmentation enhanced growth, yield and quality of the *Chloris gayana*. The use of 180 ppm of humic acid could improve the quality of *Setaria splendida* and *Chloris gayana*.

Key Words: Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Humic Acid, Acid Soil, *Setaria splendida*, *Chloris gayana*

ABSTRAK

KARTI, P.D.M.H. dan Y. SETIADI. 2011. Respon pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput terhadap penambahan fungi mikoriza arbuskula dan asam humat pada tanah masam dengan aluminium tinggi. *JITV* 16(2): 104-111.

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) dapat membantu tanaman untuk penyediaan dan penyerapan unsur P yang rendah ketersediaannya pada tanah masam karena kemampuan FMA untuk beradaptasi pada tanah masam. Asam humat berperan dalam pengkelatan logam seperti Al. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari penambahan FMA dan asam humat pada tanah masam terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor yang dilakukan pada dua jenis rumput, yaitu: *Setaria splendida* (rumput toleran Al) dan *Chloris gayana* (rumput peka Al). Faktor pertama adalah penambahan FMA, yang terdiri dari 2 taraf, yaitu: -FMA = tanpa penggunaan FMA. + FMA = penggunaan FMA. Faktor kedua adalah penambahan asam humat yang terdiri dari 4 taraf yaitu: Ho = tanpa penggunaan asam humat. H₆₀ = penggunaan asam humat 60 ppm. H₁₂₀ = penggunaan asam humat 120 ppm. H₁₈₀ = penggunaan asam humat 180 ppm. Peubah yang diamati adalah produksi bahan kering tajuk dan akar, serapan P dan N, produksi masam fosfatase, infeksi akar, jumlah spora. Pemberian FMA dan asam humat pada rumput *Setaria splendida* tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi, tetapi berpengaruh terhadap peningkatan kualitas yaitu serapan P dan N total. Pemberian FMA mampu meningkatkan pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput *Chloris gayana*. Penggunaan asam humat 180 ppm dapat meningkatkan kualitas rumput *Setaria splendida* dan *Chloris gayana*.

Kata Kunci: Fungi Mikoriza Arbuskula, Asam Humat, Tanah Masam, *Setaria splendida*, *Chloris gayana*

PENDAHULUAN

Pakan hijauan merupakan pakan utama bagi ternak ruminansia. Ternak ruminansia mengkonsumsi pakan hijauan lebih kurang 60% dari seluruh pakan yang dikonsumsi. Permasalahan yang timbul dalam upaya penyediaan pakan hijauan yang berkualitas baik maupun kuantitas yang cukup dan tersedia sepanjang

tahun adalah rendahnya produktivitas lahan yang digunakan. Jenis tanah masam yang paling luas di Indonesia adalah jenis tanah podzolik merah kuning dan meliputi hampir 30% dari luas daratan Nusantara. Sebagian besar (82%) dari semua spesies tumbuhan tinggi memiliki kapasitas untuk membentuk hubungan simbiosis dengan jamur mikoriza (BRUNDRETT, 2002). Tanaman pakan dapat bersimbiosis dengan fungi

mikoriza arbuskula (KRAMADIBRATA dan GUNAWAN, 2006; LUKIWATI, 2007). Fungi mikoriza arbuskula (FMA) memiliki berbagai pengaruh yang memberikan kontribusi pada perbaikan dari berbagai cekaman yang dialami oleh tanaman, misalnya toksisitas logam berat, cekaman oksidatif, cekaman air, dan tanah masam (FINLAY, 2004). FMA telah terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah yang masam (KANNO *et al.*, 2006). Dilaporkan pula fungi mikoriza arbuskula dapat membantu tanaman untuk penyediaan dan penyerapan unsur P yang rendah ketersediaannya pada tanah masam karena kemampuan FMA untuk beradaptasi pada tanah masam (CUMMING dan NING, 2003). Peningkatan pertumbuhan tanaman pada tanah masam bervariasi dengan isolat dari fungi mikoriza arbuskula yang digunakan dan pH tanah, dan ini menunjukkan adaptasi isolat FMA terhadap kondisi tanah masam (CLARK dan ZETO, 1996). Terjadi peningkatan penyerapan mineral P dan Zn oleh tanaman yang bermikoriza pada tanah masam dan terjadi peningkatan konsentrasi mineral yang umumnya defisien pada tanah masam yaitu Ca, Mg, K. Dilaporkan pula beberapa isolat FMA efektif dalam mengatasi masalah yang terdapat pada tanah masam, khususnya keracunan Al yang merupakan faktor pembatas pertumbuhan tanaman pada pH rendah (CUMMING dan NING, 2003).

Pertumbuhan mikroorganisme tanah tersebut berlangsung bila ditambahkan bahan organik yang merupakan sumber nutrisi. Selain itu bahan organik dapat menghasilkan asam organik yang dapat mendetoksifikasi Al pada tanah masam. Asam humat merupakan bio-organik yang berfungsi sebagai *soil conditioner* (pembenah tanah). Pengaruh menguntungkan dari bio-organik tersebut yaitu dapat melarutkan mineral yang tidak larut, meningkatkan penyerapan unsur hara, memperbaiki kesuburan tanah dan aktivitas mikroba, mempercepat proses dekomposisi, mengurangi penggunaan kapur dan pupuk, dan memperbaiki pertumbuhan, kesehatan dan kualitas dari tanaman pertanian pada daerah sub-tropik.

Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh cendawan mikoriza arbuskula dan asam humat serta interaksinya terhadap pertumbuhan, produksi, dan kualitas rumput pakan yang tumbuh pada tanah masam (podzolik merah kuning) dengan kadar Aluminium tinggi.

MATERI DAN METODE

Penelitian dalam pot dilakukan di rumah kaca di Laboratorium Agrostologi, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 jenis rumput pakan yaitu: *Setaria splendida* (rumput toleran Al) dan *Chloris gayana* (rumput peka Al). Rumput ini berasal dari

Laboratorium Agrostologi, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. FMA yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Bioteknologi Hutan dan Lingkungan, Pusat Penelitian Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Asam humat yang digunakan diperoleh dari PT Green Planet, Sunter, Jakarta. Tanah yang digunakan adalah podzolik merah kuning dengan kandungan Al³⁺ yang tinggi sebesar 28,19 me/100g, berasal dari Cigudeg, Jasinga, Bogor. Tanah tersebut dianalisis sebelum dan setelah diberikan asam humat tanpa ditanami rumput.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor yang dilakukan pada dua jenis rumput, yaitu: rumput toleran Al (*Setaria splendida*) dan rumput peka Al (*Chloris gayana*), dengan penelitian yang terpisah. Faktor pertama adalah penambahan FMA, yang terdiri dari 2 taraf, yaitu: -FMA = tanpa penggunaan FMA, dan +FMA = penggunaan FMA. Faktor kedua adalah penambahan asam humat yang terdiri dari 4 taraf yaitu: Ho = tanpa penggunaan asam humat, H₆₀ = penggunaan asam humat 60 ppm, H₁₂₀ = penggunaan asam humat 120 ppm, dan H₁₈₀ = penggunaan asam humat 180 ppm.

Tanah diambil secara komposit dari kedalaman 0-20 cm dibersihkan dari kerikil, batuan dan sisa perakaran sebelum dikeringudarkan. Tanah kering udara yang lolos dari ayakan dengan diameter 2 mm disterilkan dengan cara di *auto clave* untuk percobaan dengan pot. Media tanam dari setiap percobaan ditempatkan dalam *polybag* dengan bobot tanah sebesar 5 kg bobot kering udara. Bibit yang akan digunakan disterilkan dengan larutan 2,6% NaOCl dan direndam selama 5 menit, kemudian dibilas dengan aquades sampai 5 kali.

Inokulum fungi mikoriza arbuskula diberikan pada setiap lubang dengan dosis 20 g/pot. Penempatan satuan percobaan dilakukan berdasarkan sistem pengacakan dengan jarak antar pot 30 x 30 cm.

Pemeliharaan yang dilakukan adalah penyiraman dengan air dengan volume 100% kapasitas lapang. Pengamatan dilakukan setiap minggu. Bahan kering tajuk, bahan kering akar, kadar P, N, infeksi akar, diamati setelah tanaman dipanen. Pemanenan dilakukan setelah tanaman berumur 60 hari. Pemanenan dilakukan sebanyak 2 kali.

Peubah yang diamati: (1) Berat kering tajuk, diukur pada akhir percobaan dengan cara mengeringudarkan terlebih dahulu bagian atas tanaman, kemudian dimasukkan oven pada suhu 70°C selama 24 jam; (2) Berat kering akar, diukur pada akhir percobaan dengan cara mengeringudarkan terlebih dahulu bagian akar, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 70°C selama 24 jam; (3) Analisis kadar P pada jaringan tanaman dan dilakukan dengan metode WATANABE dan OLSEN (1965) menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS); (4) Jumlah spora, dihitung dengan cara mengisolasi terlebih dahulu sporanya

melalui metode penyaringan basah dari GERDEMAN dan NICOLSON (1963); (5) Persentase infeksi akar, diukur dengan melihat akar yang terinfeksi oleh mikoriza. Untuk menghitung banyaknya akar yang terinfeksi oleh cendawan mikoriza arbuskula terlebih dahulu dilakukan teknik pewarnaan akar yang dikembangkan oleh PHYLLIP dan HAYMAN (1970); (6) Serapan fosfor atau nitrogen total diperoleh dari hasil perkalian bobot kering tajuk (BKT) dengan kadar fosfor atau nitrogen tajuk (KPT) ditambah dengan bobot kering akar (BKA) dikalikan dengan kadar fosfor atau nitrogen akar (KPA). Serapan fosfor atau nitrogen total dihitung dengan rumus:

$$\text{SFT} = \text{BKT (g)} \times \text{KPT (\%)} + \text{BKA (g)} \times \text{KPA (\%)}$$

$$\text{SNT} = \text{BKT (g)} \times \text{KNT (\%)} + \text{BKA (g)} \times \text{KNA (\%)}$$

Keterangan:

SFT = Serapan Fosfor Total

SNT = Serapan Nitrogen Total

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa tanah dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel tersebut terlihat bahwa penambahan asam humat

menyebabkan peningkatan kandungan Ca, Mg, K, Na, KTK dan penurunan kandungan P₂O₅, Al³⁺, Fe, Mn, Cu, Al-P. Penurunan P₂O₅ yang merupakan P potensial, dengan adanya asam humat P₂O₅ yang terikat tersebut menurun sehingga P yang tersedia akan meningkat.

Hasil sidik ragam terhadap produksi berat kering tajuk pada *S. splendida* dan *C. gayana* pada panen I dan II dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3. Hasil tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada *S. splendida* akan tetapi pada *C. gayana* terlihat perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) baik pada panen I dan II untuk perlakuan dengan penambahan FMA tetapi tidak berbeda nyata dengan penambahan asam humat dan interaksinya. Pada perlakuan yang menggunakan FMA, tanaman mampu memanfaatkan sumber P melalui peningkatan laju pelarutan P anorganik atau hidrolisis P organik (CUMMING dan NING, 2003), sehingga konsentrasi ion-ion fosfat pada larutan tanah meningkat (NING dan CUMMING, 2001). Adanya peningkatan ion-ion fosfat larut kemudian diserap oleh hifa-hifa eksternal sehingga meningkatkan penyerapan fosfor, yang pada akhirnya akan meningkatkan produksi bahan kering tanaman (LUX dan CUMMING, 2001).

Tabel 1. Hasil analisa tanah sebelum (kontrol) dan setelah penambahan asam humat 60 ppm (H₆₀) sebelum ditanami rumput

Sifat tanah	Ho (tanpa asam humat)	H ₆₀ penambahan asam humat (60 ppm)	Kriteria
pH (H ₂ O)	4,30	4,20	Sangat masam
C-organik (%)	0,77	0,65	Sangat rendah
N-total (%)	0,08	0,08	Sangat rendah
C/N	10,00	8,00	Rendah
P ₂ O ₅ (mg/100g)	10,40	5,70	Sangat rendah
K ₂ O (mg/100g)	11,00	17,00	Rendah
Ca (me/100 g)	3,10	4,20	Rendah
Mg (me/100 g)	2,91	3,07	Tinggi
K (me/100 g)	0,18	0,26	Rendah
Na (me/100 g)	0,07	0,77	Sangat rendah
KTK (me/100 g)	30,01	36,53	Tinggi
KB (%)	21,00	23,00	Rendah
Al ³⁺ (me/100 g)	28,19	23,46	Tinggi
H ⁺ (me/100 g)	0,99	1,96	Tinggi
Fe (ppm)	51179,00	6259,60	Sangat tinggi
Mn (ppm)	409,00	348,50	Sangat tinggi
Cu (ppm)	17,70	16,70	Sangat tinggi
Zn (ppm)	77,40	79,00	Sangat tinggi
Al-P (%)	49,19	28,46	Tinggi

Analisis dilakukan di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor

Tabel 2. Produksi berat kering tajuk dari rumput *Setaria splendida* pada panen I dan II

Perlakuan	H ₀	H ₆₀	H ₁₂₀	H ₁₈₀	Rataan
Panen I (g/pot)					
- FMA	8,617	10,417	10,533	12,283	10,464
+ FMA	8,967	7,657	9,767	10,200	9,148
Rataan	8,792	9,037	10,150	11,242	
Panen II (g/pot)					
- FMA	18,833	21,767	23,033	29,767	23,350
+ FMA	23,500	22,133	21,533	23,567	22,683
Rataan	21,167	21,950	22,283	26,667	

Tabel 3. Produksi berat kering tajuk dari rumput *Chloris gayana* pada panen I dan II

Perlakuan	H ₀	H ₆₀	H ₁₂₀	H ₁₈₀	Rataan
Panen I (g/pot)					
- FMA	0,990	1,766	2,233	1,250	1,560 ^B
+ FMA	3,433	4,206	3,216	3,183	3,510 ^A
Rataan	2,211	2,986	2,725	2,216	
Panen II (g/pot)					
- FMA	3,367	3,767	5,767	4,867	4,442 ^B
+ FMA	7,767	8,133	10,067	8,067	8,508 ^A
Rataan	5,567	5,950	7,917	6,467	

Huruf besar yang berbeda pada lajur yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

Tabel 4. Produksi berat kering akar dari rumput *Setaria splendida* dan *Chloris gayana*

Perlakuan	H ₀	H ₆₀	H ₁₂₀	H ₁₈₀	Rataan
<i>S. splendida</i> (g/pot)					
- FMA	14,243	16,300	13,563	22,540	16,662
+ FMA	15,767	17,150	18,333	18,617	17,467
Rataan	15,005	16,725	15,948	20,578	
<i>C. gayana</i> (g/pot)					
- FMA	0,636	0,723	2,526	0,833	1,180 ^b
+ FMA	2,270	1,483	3,420	2,063	2,984 ^a
Rataan	1,453	1,103	2,973	1,448	

Huruf kecil berbeda pada lajur yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Hasil analisa ragam untuk produksi berat kering akar pada tanaman *S. splendida* tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada perlakuan penambahan FMA dan asam humat, maupun interaksinya. Pada *C. gayana* menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) pada perlakuan FMA, sedangkan perlakuan

penambahan asam humat dan interaksinya tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 4). Penambahan FMA terlihat nyata ($P < 0,05$) terjadi peningkatan produksi akar. Produksi bahan kering tajuk dan akar yang meningkat dapat disebabkan cukup tersedianya fosfor pada rumput yang peka terhadap

aluminium. Menurut pendapat SMITH dan READ (2008) dan KARTI (2004) tanaman bermikoriza dapat meningkatkan penyerapan unsur hara seperti P, N, K, Ca dan Mg. Pada perlakuan yang tidak mendapatkan FMA terlihat bahwa perkembangan akar terhambat karena tingginya kandungan aluminium. Aluminium menyebabkan penghambatan pada perpanjangan akar dan menyebabkan gangguan pada penyerapan dan penggunaan P, Ca dan Mg dan unsur hara esensial lainnya. Selain itu, aluminium di dalam jaringan tanaman menggantikan Ca pada dinding sel sehingga menyebabkan penghambatan pertumbuhan akar (DELHAIZE dan RYAN, 1995), secara fisik akar menjadi pendek-pendek dan gemuk. Pada tanaman yang toleran Al (*S. splendida*) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada produksi bahan kering tajuk dan akar. Hal ini disebabkan tanaman yang toleran Al mampu mengikat Al karena tanaman tersebut mampu mengsekresikan asam organik. Eksudasi asam organik umumnya diyakini memainkan peran penting dalam mengatasi toksisitas Al melalui pembentukan non-toksik Al kelat, yang telah didokumentasikan dengan baik dalam beberapa spesies, seperti asam malat disekresikan oleh *Triticum aestivum*, eksudasi asam sitrat pada kacang (*Phaseolus vulgaris*), jagung (*Zea mays*), *Cassia tora* dan *Glycine max* (MIYASAKA *et al.*, 1991; DELHAIZE *et al.*, 1993; PELLET *et al.*, 1995; MA *et al.*, 1997; YANG *et al.*, 2001).

Pada rumput *S. splendida* interaksi antara penambahan FMA dan asam humat menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap serapan P, N dan jumlah spora, sedangkan aktivitas fosfatase dan persentase infeksi akar tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 5). Serapan N dan P meningkat akan tetapi belum terlihat perbedaan yang nyata pada berat kering tajuk dan akar pada *S. splendida* karena tanaman tersebut merupakan tanaman yang

toleran pada tanah masam yang mempunyai kemampuan untuk dapat tumbuh pada tanah tersebut. Nilai serapan P terbaik terlihat pada perlakuan -FMAH₁₈₀ diikuti dengan +FMAHo. Serapan N tertinggi pada perlakuan -FMAH₁₈₀ dan +FMAH₁₈₀. Jumlah spora tertinggi pada Perlakuan +FMAHo.

Pada rumput toleran Al menunjukkan bahwa penambahan asam humat sangat diperlukan untuk mengikat Al, sehingga terlihat bahwa dengan peningkatan asam humat akan terjadi peningkatan serapan P. Interaksi yang terlihat bahwa dengan penambahan FMA tanpa asam humat (+FMAHo) mampu meningkatkan serapan P dan apabila ditambahkan asam humat akan mengalami penurunan serapan P. Penggunaan asam humat sampai 180 ppm dengan atau tanpa penambahan FMA memberikan hasil yang terbaik pada serapan N.

Pada rumput *C. gayana* interaksi antara penambahan FMA dan asam humat menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap serapan P, N dan berbeda nyata ($P < 0,05$) pada aktivitas fosfatase, sedangkan jumlah spora tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 6). Nilai serapan P terbaik terlihat pada perlakuan +FMAH₆₀ diikuti dengan +FMAH₁₂₀. Serapan N tertinggi pada perlakuan +FMAH₁₂₀ dan +FMAH₁₈₀. Aktivitas fosfatase yang terbaik pada perlakuan -FMAH₁₂₀ dan diikuti dengan +FMA H₁₈₀. Infeksi akar tertinggi pada perlakuan +FMAH₁₈₀ dan diikuti dengan perlakuan +FMAH₆₀ dan +FMAHo.

Inokulasi FMA meningkatkan serapan P (RICARDO *et al.*, 2000; SHUKLA *et al.*, 2009) dan mampu meningkatkan serapan N pada kondisi Al yang tinggi di tanah masam. Fosfor akuisisi dan metabolisme karbon, mirip dengan nitrogen dan serapan sulfur dan metabolisme karbon (LEJAY *et al.*, 2003).

Tabel 5. Serapan P, N, aktivitas fosfatase, infeksi akar dan jumlah spora dari rumput *Setaria splendida*

Perlakuan	Serapan P (mg/pot)	Serapan N (mg/pot)	Fosfatase (ppm)	Infeksi akar (%)	Jumlah spora (unit)
- FMAH ₀	5,092 ^B	255,08 ^C	0,198	38,08	248,67 ^F
+ FMAH ₀	14,402 ^A	312,31 ^{BC}	0,157	67,54	492,33 ^A
- FMAH ₆₀	8,974 ^B	315,30 ^{BC}	0,204	47,68	289,00 ^{EF}
+ FMAH ₆₀	13,813 ^A	311,71 ^{BC}	0,216	64,82	422,00 ^B
- FMAH ₁₂₀	12,044 ^{AB}	305,41 ^{BC}	0,221	52,65	334,00 ^{DE}
+ FMAH ₁₂₀	9,650 ^B	356,18 ^{BC}	0,195	78,24	389,33 ^{BC}
- FMAH ₁₈₀	17,813 ^A	487,26 ^A	0,181	45,04	348,67 ^{CD}
+ FMAH ₁₈₀	13,837 ^A	448,01 ^{AB}	0,183	51,71	433,33 ^B

Huruf besar yang berbeda pada lajur yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

Tabel 6. Serapan P, N, aktivitas fosfatase, infeksi akar dan jumlah spora dari rumput *Chloris gayana*

Perlakuan	Serapan P (mg/pot)	Serapan N (mg/pot)	Fosfatase (ppm)	Infeksi akar (%)	Jml spora (unit)
-FMAHo	2,261 ^B	38,37 ^B	0,474 ^{ab}	43,23 ^{CD}	95,33
+FMAHo	8,272 ^{AB}	11,97 ^{AB}	0,211 ^{ab}	70,48 ^{AB}	239,00
-FMAH ₆₀	3,061 ^B	52,68 ^{AB}	0,484 ^{ab}	46,35 ^{CD}	94,33
+FMAH ₆₀	11,574 ^A	147,45 ^{AB}	0,165 ^{ab}	71,08 ^{AB}	231,00
-FMAH ₁₂₀	7,928 ^{AB}	110,91 ^{AB}	0,496 ^a	58,04 ^{BC}	111,33
+FMAH ₁₂₀	9,692 ^A	179,60 ^A	0,094 ^b	49,73 ^{CD}	240,33
-FMAH ₁₈₀	6,623 ^{AB}	74,52 ^{AB}	0,253 ^{ab}	37,47 ^D	94,33
+FMAH ₁₈₀	7,478 ^{AB}	157,56 ^A	0,348 ^a	77,96 ^A	303,00

Huruf besar yang berbeda pada lajur yang sama menunjukkan berbeda sangat nyata ($P < 0,01$)

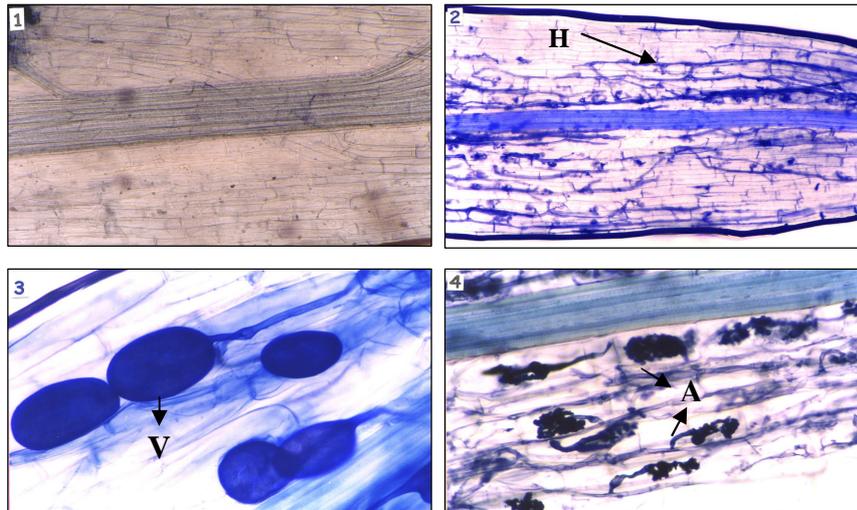
Huruf kecil yang berbeda pada lajur yang sama menunjukkan berbeda nyata ($P < 0,05$)

Akar tanaman mengeluarkan fosfatase (TARAFDAR dan CLAASSEN, 2005). Fosfatase tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada rumput *S. splendida* yang merupakan rumput toleran, sedangkan pada rumput yang peka kadar fosfatase terlihat berbeda nyata ($P < 0,05$) dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6. Pada rumput yang toleran terdapat suatu mekanisme dimana tanaman mampu mendapatkan fosfor yang terikat oleh Al melalui sekresi asam organik yaitu asam oksalat dan asam sitrat, sehingga pada tanaman tersebut tidak diperlukan peningkatan aktivitas fosfatase. Pada rumput yang peka perlakuan yang tidak menggunakan FMA terlihat kadar fosfatase lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan FMA. Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan yang tidak menggunakan FMA memerlukan peningkatan fosfatase untuk mendapatkan fosfor bagi pertumbuhannya di tanah podzolik yang tinggi Al. Pada perlakuan yang menggunakan FMA kadar fosfatasanya rendah. Hal ini menunjukkan bahwa FMA membantu meningkatkan serapan P, dapat dilihat pada perlakuan +FMAH₆₀ pada *C. gayana* (rumput peka). Total P yang diserap oleh mikoriza merupakan 24-33% dalam bentuk P anorganik dan 48-59% dalam bentuk P organik. Fungi mikoriza arbuskula dapat menggunakan P yang terikat oleh phytat secara efisien karena adanya enzim fosfatase yang dikeluarkan oleh hifa (SMITH dan READ, 2008). Pengkodean gen transporter yang tinggi afinitasnya dan fosfatase mengandung urutan pendek yang identik dengan tempat pengikatan aktivator transkripsi bagi gen defisien P di *A. thaliana* (RUBIO *et al.*, 2001). Fosfatase dapat menghidrolisis berbagai senyawa P organik (TARAFDAR dan CLAASSEN, 2001), dan enzim ini

melimpah di rhizosphere saat tanaman kekurangan P (YUN dan KAEPLER, 2001; WASAKI *et al.*, 2003).

FMA merupakan Fungi yang dapat berfungsi hanya jika telah menginfeksi akar tanaman inangnya (READ dan PEREZ, 2003). Dalam penelitian ini perhitungan persentase akar terinfeksi dilakukan terhadap bentuk-bentuk infeksi berupa hifa, vesikel dan arbuskula yang teramati dalam contoh akar. Persentase infeksi akar pada rumput *S. splendida* tidak berbeda nyata, sedangkan infeksi pada *C. gayana* berbeda sangat nyata ($P < 0,01$), dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan +FMAH₁₈₀ tidak berbeda dengan +FMAH₆₀ dan +FMAHo. Nilai infeksi akar terendah pada perlakuan -FMAH₁₈₀. Akar rumput yang tidak terinfeksi oleh FMA dan yang terinfeksi oleh FMA dengan terlihat adanya struktur hifa, vesikel dan arbuskula dapat di lihat pada Gambar 1.

Penghitungan jumlah spora dilakukan untuk mengetahui seberapa tinggi suatu jenis mikoriza dapat berkembang biak pada kondisi media dan jenis inang yang ada. Hasil sidik ragam pada rumput *S. splendida* menunjukkan bahwa perlakuan interaksi antara FMA dan asam humat memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap jumlah spora. Pada Tabel 5 terlihat bahwa semakin meningkat pemberian asam humat menyebabkan semakin meningkatnya jumlah spora pada perlakuan yang diinokulasi FMA dibandingkan dengan yang tidak diinokulasikan FMA. Hasil sidik ragam pada rumput *C. gayana* menunjukkan jumlah spora tidak berbeda pada perlakuan yang diinokulasi dengan FMA dan asam humat, akan tetapi perlakuan tunggal dengan pemberian FMA mampu meningkatkan jumlah spora ($P < 0,01$).



Gambar 1. Penampang mikroskopi akar *Setaria splendida*. (1) Akar yang tidak terinfeksi FMA (100 x perbesaran); (2) Akar yang terinfeksi FMA (100 x perbesaran); (3) Vesikel (400 x perbesaran); (4) Arbuskula (100 x perbesaran)

KESIMPULAN

Pemberian FMA dan asam humat pada tanah masam dengan Aluminium tinggi pada *Setaria splendida* (rumput toleran Al) tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi, tetapi berpengaruh terhadap peningkatan kualitas yaitu serapan P dan N total. Pemberian FMA mampu meningkatkan pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput *Chloris gayana* (rumput peka Al). Penggunaan asam humat 180 ppm dapat meningkatkan kualitas rumput *Setaria splendida* dan *Chloris gayana*.

DAFTAR PUSTAKA

- BRUNDRETT, M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytol.* 154: 275-304.
- CLARK, R.B. and S.K. ZETO. 1996. Growth and root colonization of mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. *Soil Biol. Biochem.* 28: 1505-1511.
- CUMMING, R.J. and J. NING. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance aluminium resistance of broomsedge (*Andropogon virginicus* L.). *J. Exp. Bot.* 54: 1447-1459.
- DELHAIZE, E. and P.R. RYAN. 1995. Aluminium toxicity and tolerance in plant. *Plant Physiol.* 107: 315-321.
- DELHAIZE, E., P.R. RYAN and P.J. RANDALL. 1993. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). II. Aluminum-stimulated excretion of malic acid from root apices. *Plant Physiol.* 103: 695-702.
- FINLAY, R.D. 2004. Mycorrhizal fungi and their multifunctional roles. *Mycologist* 18: 91-96

GERDEMAN, J.W. and T.H. NICOLSON. 1963. Spores of *Mycorrhizal endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 235-244.

KANNO, T., M. SAITO, Y. ANDO, M. C.M. MACEDO, T. NAKAMURA and C.H.B. MIRANDA. 2006. Importance of indigenous arbuscular mycorrhiza for growth and phosphorus uptake in tropical forage grasses growing on an acid soil, infertile soil from the Brazilian savannas. *Trop. Grasslands* 40: 94-101.

KARTI, P.D.M.H. 2004. Pengaruh penggunaan bakteri penambat nitrogen, cendawan mikoriza arbuskula dan penambahan bahan organik pada *Stylosanthes guyanensis*. *Med. Petern.* 27: 63-68.

KRAMADIBRATA, K. and A.W. GUNAWAN. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi surrounding tropical kudzu and para grass. *J. Mikrobiol. Indones.* 11: 97-102.

LEJAY, L., X. GANSEL, M. CEREZO, P. TILLARD, C. MULLER and A. KRAPP. 2003. Regulation of root ion transporters by photosynthesis: Functional importance and relation with hexokinase. *Plant Cell.* 15: 2218-2232.

LUKIWATI, D.R. 2007. Peningkatan produksi bahan kering dan pencernaan *Pueraria phaseoloides* dan *Centrosema pubescens* dengan batuan fosfat dan inokulasi Mikoriza arbuskula. *J. Ilmu Pert.* 9: 1-5.

LUX H.B and J.R. CUMMING. 2001. Mycorrhizae confer aluminium resistance to tulip-poplar seedlings. *Can. J. Forest Res.* 31: 694-702.

MA, J.F., S.J. ZHENG and H. MATSUMOTO. 1997. Specific secretion of citric acid induced by Al stress in *Cassia tora* L. *Plant Cell Physiol.* 38: 1019-1025.

- MIYASAKA, S.C., J.G. BUTA, R.K. HOWELL and C.D. FOY. 1991. Mechanism of aluminum tolerance in snapbean, root exudation of citric acid. *Plant Physiol.* 96: 737-743.
- NING, J. and J.R. CUMMING. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi alter phosphorus relations of broomsedge (*Andropogon virginicus* L.) plants. *J. Expl. Bot.* 52: 1883-1891.
- PELLET, D.M., D.L. GRUNES and L.V. KOCHIAN. 1995. Organic acid exudation as an aluminum-tolerance mechanism in maize (*Zea mays* L.). *Planta* 196: 788-795.
- PHYLLIP, J.M. and D.S. HAYMAN. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transact. British Mycolog. Soc.* 55: 158-160.
- READ, D.J. and J. PEREZ-MORENO. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems: A Journey towards relevance. *New Phytol.* 157: 475-492
- RICARDO, L., L. NESS and L.G. VLEK. 2000. Mechanism of calcium and phosphate release from hydroxyl-apatite by mycorrhizal hyphae. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 949-955.
- RUBIO, V, F. LINHARES, F. SOLANO, A. MARTIN, J. IGLESIAS, A. LEYYA and J. PAZ-ARES. 2001. A conserved MYB transcription factor involved in phosphate starvation signaling both in vascular plants and in unicellular algae. *Genes Dev.* 15: 2122-2133.
- SHUKLA, G., E. SALAZAR and J.P. DA SILVA JR. 2009. Soil Nitrogen mineralization under tree crops and a legume cover crop in multi strata agroforestry in Central Amazonia Spatial and temporal pattern. *Expl. Agric.* 37: 253-267.
- SMITH, S.E. and D.J. READ. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd ed. Academic Press. p.605
- TARAFDAR, J.C. and N. CLAASSEN. 2001. Comparative efficiency of acid phosphatase originated from plant and fungal sources. *J. Plant Nut. Soil Sci.* 164: 279-282.
- TARAFDAR, J.C. and N. CLAASSEN. 2005. Preferential utilization of organic and inorganic sources of phosphorus by wheat plant. *Plant Soil* 27: 285-293.
- WASAKI, J., YAMAMURAT, T. SHINANO and M. OSAKI. 2003. Secreted acid phosphatase is expressed in cluster roots of lupin in response to phosphorus deficiency. *Plant Soil* 248: 129-136.
- WATANABE, F.S. and S.R. OLSEN. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soils. *Soil Sci. Soc. America Proc.* 29: 677-678.
- YANG, Z.M, M. SIVAGURU, W.J. HORT and H. MATSUMOTO. 2001. Aluminum tolerance is achieved by exudation of citric acid from roots of soybean (*Glycine max*). *Physiolog Plantarum.* 110: 72-74.
- YUN, S.J. and S.M. KAEPLER. 2001. Induction of maize acid phosphatase activities under phosphorus starvation. *Plant Soil* 237: 109-115.