

# Aktivitas Fosfatase Alkalin dalam Rizosfer dan dalam Akar Bibit Jati (*Tectona grandis* Linn. F) Bermikoriza dengan Tiga Takaran Pupuk NPK

## Phosphatase activity in the rhizosphere and root of mycorrhizal teak seedlings with three levels of NPK fertilization

CORRYANTI<sup>1</sup>, J.SOEDARSONO<sup>2</sup>, B. RADJAGUKGUK<sup>2</sup>, S.M. WIDYASTUTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Puslitbang Perum Perhutani, Cepu 58300

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

<sup>3</sup>Fakultas Kehutanan Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

Diterima: 19 April 2007. Disetujui: 5 Juli 2007

### ABSTRACT

To examine the phosphatase alkaline activity of VA mycorrhizal fungi in the rhizosphere and in root, teak seedlings inoculated spores of VA mycorrhizal fungi were grown in sterilized soils. Teak seedlings were fertilized with NPK fertilizer consisting three levels, i.e. 0; 0.0625; 0.125 g per seedling. Phosphatase alkaline in rhizosphere was measured in terms of pNP on soil dry weight basis, meanwhile alkaline phosphatase activity in roots were quantified in using method developed by Tisserant. The results showed that alkaline phosphatase activity increased on inoculated seedlings compare to with uninoculated. NPK fertilization of 0.0625 g per seedling and inoculation on teak seedlings showed alkaline phosphatase activity in range 90-201 EU, and in roots indicated in range 14-72%. *Gigaspora* sp inoculation on teak seedlings was showing the highest of alkaline phosphatase activity. Increasing phosphatase alkaline activity relevant to hyphae growth, and increasing of root infection decreased alkaline phosphatase activity. Arbuscular mycorrhizal inoculation increased seedling dry weight.

© 2007 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

**Key words:** teak, alkaline phosphatase activity, *Gigaspora* sp, *Glomus* sp

### PENDAHULUAN

Fosfatase di dalam zona rizosfer berperan penting membantu akar menyerap hara, terutama fosfor ke dalam jaringan tanaman. Aktivitas fosfatase di dalam rizosfer dapat berasal dari akar-akar tanaman, jamur tanah pada umumnya, jenis-jenis jamur mikoriza ekto dan endo atau dari bakteri, yang distimulasi oleh adanya bahan-bahan organik dan senyawa fosfat organik (Tarafdar & Marschner, 1994). Aktivitas fosfatase akar disebutkan Helal (1990), merupakan faktor yang signifikan mengefisiensikan serapan nutrisi dalam kondisi lingkungan hara terbatas. Dari beberapa penelitian sebelumnya mikoriza arbuskula terbukti tersebar dalam tanah dan akar tanaman tingkat tinggi di berbagai ekosistem dan memberikan respon yang positif terhadap pertumbuhan inangnya (Harley, 1994; Tarafdar & Marschner, 1994; Tommerup, 1994; Brundrett *et al.*, 1996; Clark, 1997; Joner *et al.*, 2000). Dodd *et al.* (1987) cit Tarafdar & Marschner, 1994) menyebutkan telah ditemukan konsentrasi yang tinggi akan aktivitas fosfatase alkalin dalam rizosfer tanaman bermikoriza arbuskula dan diduga terkait pada sekresi jamur atau distimulasi oleh akar-akar tanaman. Hal tersebut berkaitan

dengan peran hifa eksternal untuk membantu menyerap hara kemudian mentransfernya ke tanaman (Tisserant *et al.*, 1993; Gianinazzi & Gianinazzi, 1994, Janos *et al.*, 2001). Beberapa laporan penelitian menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi fosfat terlarut di dalam tanah dapat menurunkan kemampuan infeksi jamur pada akar. Penurunan ini karena terjadi hambatan pertumbuhan hifa eksternal dan laju perkembangannya, atau secara tidak langsung terbentuk faktor yang memengaruhi infeksi jamur mikoriza arbuskula (Moutoglis & Widden, 1996; van Der Heijden & Kuyper, 2001). Sebaliknya, ketika konsentrasi fosfat dalam larutan tanah dalam kondisi kritis, penambahan fosfat dalam jumlah rendah dapat meningkatkan infeksi secara signifikan (Boddington & Dodd, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari aktivitas fosfatase alkalin yang dihasilkan oleh tanaman jati bermikoriza dengan tiga takaran pupuk NPK, di dalam rizosfer dan dalam akar.

### BAHAN DAN METODE

Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, faktor pertama adalah inokulasi terdiri dari tiga taraf, kontrol dan dua inokulasi spora jamur mikoriza arbuskula, dan faktor kedua adalah takaran pupuk terdiri dari tiga takaran, dengan masing-masing sepuluh ulangan.

#### ▼ Alamat Korespondensi:

Jl. Wonosari Tromolpos 6 Cepu 58300  
Tele: 0296- 442123/ 446316/ mobil: 0812 9940 918  
Email : corry0301@hotmail.com

Bibit ditanam dalam pot berisi tanah asal hutan tanaman jati Tengen, Surakarta, dicampur dengan pasir 1:1 (v/v) yang disterilisasi sebelumnya. Tanah lapangan bertipe *grumosol* dengan ciri kimia tanah, yaitu pH 7,6 dengan kandungan karbon 1,8%, N total 0,2%, P tersedia 11,9 ppm, kalium tertukarkan 0,5 me/100g, kalsium tertukarkan 6,9 me/100g, magnesium tertukarkan 0,9 me/100g, kapasitas pertukaran kation 30,8 me/100g, bahan organik 3,2 % dan tekstur tanah lempung. Bibit jati diinokulasi dengan spora jamur mikoriza arbuskula hasil isolasi tanah hutan tanaman jati dengan tanaman inang *Centrocoma pubescense*. Tipe jamur mikoriza arbuskula yang dijumpai yaitu *Gigaspora* sp diinokulasikan sebanyak 30 spora per bibit atau *Glomus* sp sebanyak 50 spora per bibit. Sebelum diinokulasikan, spora disterilisasi dengan HClO<sub>4</sub> selama sepuluh detik, kemudian dibilas dengan akuades. Bibit ditanam tanpa atau dengan pupuk NPK, berturut-turut 0 g, 0,0625 g dan 0,125 g, yang masing-masing diberikan selama dua kali dalam masa percobaan. Bibit dirawat dalam persemaian dan dipanen pada usia lima bulan.

Bobot kering bibit diamati saat panen lima bulan (g), perkembangan asosiasi mikoriza arbuskula diamati melalui ekspresi infeksi akar (persentase infeksi dibandingkan keseluruhan akar yang diamati) sesuai prosedur Brundrett *et al.* (1996) dan perkembangan hifa mengikuti Sylvia (1994). Pengukuran aktivitas fosfatase alkalin di dalam akar dilakukan sesuai prosedur Tisserant *et al.* (1993). Akar direndam dalam larutan yang mengandung 0,1 M *Tris-acetat* dengan 1 mg ml<sup>-1</sup>  $\alpha$ -*naphthyl phosphate Na salt* dan 1 mg ml<sup>-1</sup> *fast blue RR*, dibiarkan semalam, dibersihkan dengan larutan akuades dan dicelupkan dengan larutan *acid fuchsin* dalam asam laktat. Cuplikan disusun di atas gelas objek dan ditetesi dengan laktogliserol. Aktivitas fosfatase alkalin dinyatakan dalam % dan menunjukkan besarnya aktivitas fosfatase dalam akar, ditandai dengan warna yang lebih gelap dihitung berdasarkan skala, masing-masing 0 = 0%, 1 = 20%, 2 = 40%, 3 = 60%, 4 = 8%, dan 5 = 100%.

Untuk menentukan aktivitas fosfatase alkalin dalam rizosfer dilakukan dengan mengukur *pNP*, *p-nitrophenol* berdasarkan berat kering tanah (Tabatabai dan Bremer, Eivazi dan Tabatabai *cit.* Alef *et al.*, 1998). Sebanyak 1 g tanah cuplikan ditambahkan 0,25 ml toluene, 4 ml larutan bufer MUB pH 11, 1 ml larutan *p-nitrophenyl phosphate*. Campuran diinkubasikan dalam suhu 37 °C, selama 1 jam dan ditambahkan CaCl<sub>2</sub> 0,5 M dan 4 ml NaOH 0,5 M. Setelah tercampur merata, selanjutnya campuran disaring dengan kertas whatman no 2 V. Hasil saringan selanjutnya diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 400 nm. Aktivitas fosfatase alkalin dinyatakan dalam satuan unit enzim (EU =  $\mu$ g/ g BKb/ jam(EU)g *p-nitrophenol*/g/jam, pada suhu 37 °C).

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik dengan analisis sidik ragam dengan uji F terhadap peubah. Jika terdapat pengaruh yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan untuk mengetahui besarnya perbedaan rata-rata antar perlakuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bobot kering

Tabel 1 menunjukkan bibit jati tanpa inokulasi spora jamur mikoriza mencapai peningkatan bobot kering dalam kisaran 15-78 %, dengan inokulasi spora *Gigaspora* sp dalam

kisaran 26-148 % dan dengan inokulasi spora *Glomus* sp dalam kisaran 35-85 % dibandingkan kontrol (bibit tanpa diinokulasi dan tanpa diberi pupuk). Bobot kering tajuk dan akar bibit jati yang diinokulasi spora jamur mikoriza arbuskula meningkat lebih besar dibandingkan bibit yang tanpa diinokulasi. Takaran pupuk yang meningkat tidak serta merta meningkatkan berat kering bibit jati, tetapi terkait pada inokulasi jamur mikoriza arbuskula. Hal ini ditunjukkan bibit jati dengan inokulan spora jamur mikoriza arbuskula meningkatkan berat kering lebih besar daripada dengan menambahkan takaran pupuk dan tanpa memberi inokulan. Tanpa pupuk dengan inokulasi jamur mikoriza arbuskula menghasilkan berat kering total lebih besar daripada yang tidak diinokulasi dan peningkatan terbesar terjadi pada berat kering bibit jati yang diinokulasi spora *Gigaspora* sp, mencapai 58,21 % dibandingkan kontrol. Pupuk NPK dengan takaran rendah, 0,0625 g per bibit menghasilkan peningkatan berat kering dibandingkan kontrol yang paling besar, baik pada bibit yang tidak diberi inokulan maupun yang diberikan inokulan, dan di antara perlakuan pada takaran pupuk ini terbesar terjadi pada berat kering total yang diinokulasi spora *Gigaspora* sp, mencapai 148 % dibandingkan kontrol. Adapun pupuk dengan takaran NPK tinggi, 0,125 g per bibit menghasilkan berat kering bibit jati terbesar pada bibit yang diinokulasi *Glomus* sp, mencapai hanya 82 % daripada yang diinokulasi *Gigaspora* sp yang hanya mencapai 27 % dan keduanya lebih besar dibanding tanpa pemberian inokulan. Penelitian ini menunjukkan pemberian inokulan meningkatkan berat kering total bibit jati, dan pemberian inokulan *Gigaspora* sp dengan pupuk NPK rendah menghasilkan berat kering terbesar dan menunjukkan berbeda signifikan terhadap perlakuan lainnya. Pemberian pupuk berbeda signifikan dengan tanpa pupuk, demikian pula pemberian inokulan spora jamur mikoriza arbuskula terhadap yang tanpa diinokulasi dan tanpa pupuk.

Efektivitas inokulasi jamur mikoriza arbuskula dapat dilihat dari rasio pucuk akar bibit. Hasil menunjukkan rasio tampak rendah pada bibit dengan keterbatasan hara dan setiap tipe inokulan memberikan respon yang berbeda (Tabel 1).

**Tabel 1.** Bobot kering bibit jati pada umur lima bulan dengan medium tanam asal tanah hutan tanaman jati

Perlakuan	BKpc	Bkak	Bktot	BK(Pc/AK)
	(gram)	(gram)	(gram)	
NMP0	0.14 <sup>d</sup>	0.39 <sup>u</sup>	0.53 <sup>p</sup>	0.36
NMP1	0.45 <sup>b</sup>	0.49 <sup>zt</sup>	0.94 <sup>n</sup>	0.91
NMP2	0.39 <sup>c</sup>	0.22 <sup>e</sup>	0.61 <sup>op</sup>	1.80
GiP0	0.41 <sup>b</sup>	0.62 <sup>y</sup>	1.03 <sup>n</sup>	0.67
GiP1	0.58 <sup>a</sup>	0.73 <sup>x</sup>	1.31 <sup>m</sup>	0.79
GiP2	0.23 <sup>c</sup>	0.43 <sup>t</sup>	0.67 <sup>o</sup>	0.55
GloP0	0.29 <sup>c</sup>	0.43 <sup>t</sup>	0.72 <sup>o</sup>	0.68
GloP1	0.34 <sup>b</sup>	0.64 <sup>y</sup>	0.98 <sup>n</sup>	0.53
GloP2	0.45 <sup>b</sup>	0.51 <sup>z</sup>	0.96 <sup>n</sup>	0.88

Keterangan: NM=tanpa diinokulasi spora jamur mikoriza arbuskula; Gi=diinokulasi spora *Gigaspora* sp; Glo= diinokulasi spora *Glomus* sp. P0=tanpa pemberian pupuk NPK; P1=pupuk NPK takaran 0,0625g; P2=pupuk takaran 0,125 g.

Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata berdasarkan uji Duncan dengan taraf uji 0,05.

Pada pertumbuhan bibit yang tinggi pada pupuk rendah dengan inokulasi *Gigaspora* sp menghasilkan peningkatan pertumbuhan akar dan meningkatkan berat kering bibit. Inokulasi spora jamur mikoriza arbuskula memungkinkan efisiensi pemberian pupuk. Disebutkan Liu *et al.* (2000), bila tanaman bermikoriza memiliki rasio pucuk yang tinggi

maka tanaman memiliki potensi fotosintetik yang lebih tinggi dan kapasitas akar yang lebih rendah untuk menstimulasi meningkatkan perkembangan mikoriza. Pertumbuhan bagian pucuk bibit yang lebih besar dibandingkan bagian akar, pada yang diinokulasikan spora jamur mikoriza diduga karena terjadi kompetisi pemanfaatan hasil-hasil fotosintat, yang bukan hanya dibutuhkan oleh tanaman saja tetapi juga oleh jamur mikoriza arbuskula. Kondisi sifat fisika kimia tanah yang didominasi lempung, sehingga memungkinkan terjerapnya hara-hara yang dibutuhkan, menyebabkan jamur mikoriza melangsungkan adaptasi yang keras.

Harley (1994) dan Thorn (1997) mengungkapkan, dalam kondisi kompetitif memperoleh karbon, kedua simbiosis tanaman maupun jamur mikoriza satu sama lain saling mempertahankan hidupnya.

#### Asosiasi mikoriza.

Infeksi akar bibit jati dengan inokulasi, *Gigaspora* sp atau *Glomus* sp mulai terukur pada bibit berusia 1,5 bulan. Hasil pengamatan antar bibit yang diinokulasi *Gigaspora* sp dengan *Glomus* sp menunjukkan pola tanggapan infeksi akar yang berbeda. Pada usia bibit 1,5 bulan infeksi akar pada yang diinokulasi *Glomus* sp mencapai 11-16 %, sementara belum terlihat pada yang diinokulasi *Gigaspora* sp. Tanggapan infeksi akar atas kedua inokulan meningkat tajam mulai usia bibit 2,5 bulan dan hingga akhir pengamatan, yakni mencapai kisaran 40-78 %. Tanpa pemberian pupuk dan pada pupuk NPK takaran rendah atau pada takaran 0,0625 g per bibit dan dengan inokulan *Gigaspora* sp menunjukkan infeksi akar meningkat tajam, mencapai kisaran 37-78 % dan lebih tinggi daripada yang diinokulasi *Glomus* sp, yang mencapai kisaran 25-54 %, yaitu sejak usia bibit 2,5 bulan hingga akhir pengamatan. Pada pupuk NPK takaran tinggi, 0,125 g bibit yang diinokulasi *Gigaspora* sp infeksi akar tampak lebih rendah, mencapai kisaran 1-40 % dibandingkan dengan yang diinokulasi *Glomus* sp, mencapai kisaran 10-44 % hingga akhir pengamatan (Tabel 2). Hasil ini menunjukkan infeksi akar menurun sejalan dengan meningkatnya pupuk, sementara pada tingkat hara terbatas dan tersedia rendah maka infeksi akar meningkat, baik pada yang diinokulasi *Gigaspora* sp maupun *Glomus* sp. Pengamatan yang sama untuk respon ini dilaporkan Khare (1991) terhadap jagung yang diberi pupuk P lebih tinggi ditanam di tanah *vertisol*, sementara diungkapkan Clark (1997), Abbot & Robson (1995), Brundrett *et al.* (1996) dan Sylvia (2005) pupuk takaran terbatas akan lebih menggiatkan berkembangnya infeksi dalam perakaran bibit tanaman inangnya. Penelitian ini menunjukkan tanggapan antar inokulan yang berbeda dan pada takaran pupuk yang berbeda akan menghasilkan perbedaan pula terhadap besar infeksi akar bibit jati, dengan penjelasan inokulasi *Gigaspora* sp dan takaran pupuk rendah tampak lebih tanggap daripada *Glomus* sp. Ada tiga mekanisme yang menyebabkan terjadinya tanggapan perkembangan asosiasi mikoriza pada pemberian hara, yaitu a) perubahan anatomi dan fisiologi yang terjadi di dalam akar sehingga menentukan perkembangan jamur; b) adanya perubahan kuantitatif dan kualitatif eksudat akar yang memengaruhi perkembangan miselium ekstra; c) aliran karbon dari inang ke jamur akan menentukan perkembangan spora dan hifa jamur (Nagahashi *et al.*, 1996). Penelitian menunjukkan dengan meningkatnya pertumbuhan dan berat kering tanaman memungkinkan meningkatnya infeksi akar, karena tanaman memproduksi karbon yang dapat diberikan bagi jamur mikoriza. Hal senada diungkapkan Liu *et al.* (2000) pada tanaman jagung dengan tingkat N dan P yang bervariasi.

**Tabel 2.** Persentase infeksi akar pada bibit jati bermikoriza selama lima bulan dengan tiga takaran pupuk NPK

Perlakuan	waktu pengamatan			
	1,5 bl (%)	2,5 bl (%)	3,5 bl (%)	5 bl (%)
NMP0	1.00 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>
NMP1	1.00 <sup>e</sup>	36.92 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>
NMP2	10.57 <sup>e</sup>	25.41 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>
GiP0	1.01 <sup>e</sup>	36.92 <sup>c</sup>	58.46 <sup>b</sup>	63.76 <sup>b</sup>
GiP1	1.01 <sup>e</sup>	37.22 <sup>b</sup>	71.93 <sup>a</sup>	78.12 <sup>a</sup>
GiP2	1.01 <sup>e</sup>	1.01 <sup>e</sup>	11.74 <sup>d</sup>	40.17 <sup>bc</sup>
GloP0	10.57 <sup>d</sup>	25.41 <sup>cd</sup>	39.86 <sup>c</sup>	43.24 <sup>bc</sup>
GloP1	15.67 <sup>d</sup>	22.02 <sup>cd</sup>	43.19 <sup>bc</sup>	54.02 <sup>b</sup>
GloP2	1.01 <sup>e</sup>	9.53 <sup>d</sup>	25.41 <sup>cd</sup>	43.90 <sup>bc</sup>

Keterangan: NM=tanpa diinokulasi spora jamur mikoriza arbuskula; Gi=diinokulasi spora *Gigaspora* sp; Glo= diinokulasi spora *Glomus* sp. P0=tanpa pemberian pupuk NPK; P1=pupuk NPK takaran 0,0625g; P2=pupuk takaran 0,125 g.

Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata berdasarkan uji Duncan dengan taraf uji 0,05.

**Tabel 3.** Pertumbuhan hifa (cm/100g) dalam zona rizosfer bibit jati bermikoriza selama lima bulan dengan tiga takaran pupuk NPK

Perlakuan	Waktu pengamatan			
	1,5 bl	2,5 bl	3,5 bl	5 bl
NMP0	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>
NMP1	1.60 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>
NMP2	37.01 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>	0.71 <sup>d</sup>
GiP0	0.71 <sup>d</sup>	100.90 <sup>a</sup>	105.40 <sup>a</sup>	79.38 <sup>b</sup>
GiP1	26.28 <sup>c</sup>	48.49 <sup>b</sup>	46.98 <sup>b</sup>	76.14 <sup>a</sup>
GiP2	5.69 <sup>cd</sup>	36.27 <sup>b</sup>	46.24 <sup>b</sup>	36.59 <sup>b</sup>
GloP0	37.01 <sup>c</sup>	64.15 <sup>b</sup>	71.01 <sup>b</sup>	66.38 <sup>a</sup>
GloP1	54.16 <sup>ab</sup>	55.58 <sup>ab</sup>	68.14 <sup>a</sup>	62.48 <sup>a</sup>
GloP2	9.03 <sup>cd</sup>	26.80 <sup>c</sup>	64.49 <sup>a</sup>	26.30 <sup>c</sup>

Keterangan: NM=tanpa diinokulasi spora jamur mikoriza arbuskula; Gi=diinokulasi spora *Gigaspora* sp; Glo= diinokulasi spora *Glomus* sp. P0=tanpa pemberian pupuk NPK; P1=pupuk NPK takaran 0,0625g; P2=pupuk takaran 0,125 g.

Angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata

Pertumbuhan hifa dalam zona rizosfer menunjukkan pola tanggapan yang hampir sama antara inokulan *Gigaspora* sp dengan *Glomus* sp, sementara tanpa diinokulasi tidak menghasilkan pertumbuhan hifa (Tabel 3). Pertumbuhan hifa berfluktuasi dalam masa pengamatan sejalan dengan bertambahnya usia bibit. Tanggapan pertumbuhan hifa antar inokulan *Gigaspora* sp dan *Glomus* sp dapat dikatakan mengikuti fisiologi tanaman inang. Hal ini dapat dijelaskan, bahwa pada kondisi hara terbatas dan tanpa diberikan pupuk NPK pertumbuhan hifa menunjukkan pergerakan-tumbuh yang cepat. Pada yang diinokulasi *Glomus* sp usia bibit 1,5 bulan pertumbuhan hifa mencapai 37 cm dalam 100 g tanah dan lebih besar daripada yang diinokulasi *Gigaspora* sp, sebaliknya pada usia bibit bertambah *Gigaspora* sp menyusuli pertumbuhan hifa *Glomus* sp dan meningkat lebih cepat sehingga pertumbuhan hifa lebih tinggi pada akhir pengamatan, mencapai 79,38 cm dalam 100 g tanah. Pada pengamatan usia bibit 3,5 bulan pada takaran ini pertumbuhan hifa mulai menurun. Pada pemberian pupuk NPK rendah, yaitu

0,0625 g menghasilkan pertumbuhan hifa yang lebih tinggi bila dibandingkan pada yang tanpa dipupuk sejak awal pengamatan. Pada bibit jati yang diinokulasi spora *Gigaspora* sp, pertumbuhan hifa mencapai kisaran 26-76 cm maupun *Glomus* sp mencapai kisaran 54-69 cm dalam 100 g tanah. Perkembangan lanjut pertumbuhan hifa pada kedua takaran ini menunjukkan dengan inokulan *Gigaspora* sp meningkat sesuai dengan usia bibit, sementara inokulan *Glomus* cenderung menurun pada masa akhir pengamatan. Pupuk takaran tinggi (0,125 g) masing-masing yang diberi inokulan tidak menunjukkan pertumbuhan yang baik, yaitu dalam 100 g tanah mencapai kisaran 6-46 cm pada *Gigaspora* sp dan 9-64 mm pada *Glomus* sp dalam 100 g tanah, sedang pada akhir pengamatan pertumbuhannya menunjukkan penurunan. Kejadian ini membuktikan bahwa pupuk yang tinggi menghasilkan pertumbuhan hifa yang rendah pada jamur mikoriza arbuskula, baik pada yang diinokulasi *Gigaspora* sp maupun *Glomus* sp. Pada takaran pupuk NPK yang rendah membuktikan tipe *Gigaspora* sp dapat tumbuh lebih baik dibandingkan *Glomus* sp. Bila keadaan hara terbatas dan tidak dilakukan penambahan pupuk menunjukkan pertumbuhan hifa pada awalnya meningkat tajam namun pada akhirnya menurun. Dalam penelitian ini terlihat tipe *Gigaspora* sp menunjukkan lebih dapat menyesuaikan perubahan lingkungan, sehingga perkembangannya tidak terganggu atau tidak berfluktuasi terlalu besar, sekalipun terjadi perubahan takaran pupuk. Bila dibandingkan dengan persentase infeksi yang dihasilkan maka pada kondisi hara terbatas dan pemberian pupuk NPK takaran rendah maka infeksi yang meningkat menunjukkan meningkat pula pertumbuhan hifa. Dalam Liu *et al.* (2000) disebutkan pada takaran hara rendah yang diberikan pada tanaman mikoriza menunjukkan hubungan yang positif antara tingkat kolonisasi akar dan pertumbuhan hifa. Menyebarnya hifa dalam zona rizosfer merupakan faktor yang penting dalam penyerapan hara, utama fosfor ke tanaman inangnya (Jakobsen *et al.*, 1992). Dengan demikian, pertumbuhan hifa *Gigaspora* sp pada tingkat pupuk NPK 0,0625 g dapat dijadikan dasar dalam memanfaatkan jamur mikoriza dalam lingkungan petak tanaman jati di Tangen, berkaitan dengan penyerapan hara dari lingkungan. Sebagaimana disebutkan, miselium ekstra merupakan salah satu propagul infeksi yang baik untuk menyebarkan kolonisasi mikoriza dalam asosiasi mikoriza yang dipengaruhi oleh kondisi-kondisi ketersediaan fosfor, sifat tanaman inang dan jenis jamur (Tommerup, 1994; Jøner & Jakobsen, 1995; Vivas *et al.*, 2003).

#### Aktivitas fosfatase alkalin.

Bibit jati yang diinokulasi spora jamur mikoriza arbuskula menghasilkan aktivitas fosfatase dalam zona rizosfer mencapai kisaran 90-201 EU dibandingkan yang tanpa diinokulasi, yang hanya mencapai kisaran 83-147 EU. Perlakuan antar tipe inokulan menunjukkan bibit jati yang diinokulasi *Gigaspora* sp menghasilkan aktivitas fosfatase dalam zona rizosfer dengan kisaran 90-201 EU dan yang diinokulasi *Glomus* sp mencapai kisaran 107-170 EU (Tabel 4). Pengamatan aktivitas fosfatase alkalin dalam zona rizosfer pada bibit yang tidak diberikan pupuk NPK menunjukkan nisbi rendah dibandingkan bila diberikan pupuk. Aktivitas fosfatase alkalin tampak meningkat dengan pupuk, dan pada pupuk takaran rendah (NPK 0,0625 g per bibit) menghasilkan aktivitas fosfatase lebih tinggi dibandingkan pemberian pupuk NPK takaran tinggi, 0,125 g per bibit. Sejalan dengan pertumbuhan bibit jati, aktivitas fosfatase alkalin menurun pada akhir pengamatan dibandingkan pengamatan awal. Kejadian yang tidak

konstan pada aktivitas fosfatase terlihat pada semua perlakuan, dengan penjelasan hal ini tampak pada bibit bila diberi pupuk, sementara bila tidak dipupuk aktivitas fosfatase alkalin akan terus meningkat hingga akhir pengamatan meskipun kenaikan ini tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar waktu pengamatan baik yang diinokulasi maupun yang tidak diinokulasi. Hal ini pernah dilaporkan oleh Press & Lee (1983), yang mengamati aktivitas fosfatase pada 11 jenis tanaman *sphagnum* yang menurun dengan meningkatnya suplai fosfat, dan sebaliknya meningkat dengan terbatasnya fosfat.

Fosfatase alkalin dihasilkan juga oleh akar tanaman (Tarafdar dan Marschner, 1994), sehingga pertumbuhan akar yang lebih besar dapat menyebabkan meningkatnya aktivitas fosfatase di dalam tanah. Pada pupuk NPK takaran rendah bibit jati tanggap dengan pertumbuhan bibit dan akar yang lebih besar dibandingkan perlakuan lain. Dalam Gianinazzi *et al.* (1992), Tisserant *et al.* (1993) dan Vivas *et al.* (2003), disebutkan aktivitas fosfatase alkalin menunjukkan efisiensi dan efektivitas pengambilan hara dalam asosiasi mikoriza terhadap tanaman, sementara asosiasi disebutkan efektif bila terjadi kontak yang sesuai di antara dua simbiosis (Jeffries & Dodd, 1991; Bagyaraj, 1994; Rajan *et al.*, 2000). Perkembangan mikoriza arbuskula mengikuti stimulasi secara fisiologik maupun metabolik jamur atas fungsinya bagi tanaman inang. Dalam Tarafdar dan Marschner (1994) dan van Aarle *et al.* (2002) dilaporkan produksi enzim fosfatase alkalin meningkat pada kondisi hara medium tanam terbatas namun mencukupi kebutuhan tanaman. Bibit jati tanpa pupuk NPK menunjukkan aktivitas fosfatase dalam rizosfer rendah dimungkinkan karena perkembangan hifa yang juga rendah, sementara pada kondisi pupuk bertakaran tinggi, stimulasi perkembangan hifa menurun sehingga aktivitas fosfatase juga menurun.

Perbedaan aktivitas fosfatase alkalin terjadi di antara yang diinokulasi *Gigaspora* sp dengan *Glomus* sp. Perbedaan ini dimungkinkan berkaitan dengan adanya perbedaan siklus hidup jamur mikoriza arbuskula, yaitu berkaitan dengan perkembangan miselium intra dan ekstra dalam pembentukan asosiasi dengan tanaman inangnya serta mekanisme fungsi fisiologis yang terjadi dalam asosiasi. Bila inokulasi dengan *Gigaspora* sp dapat meningkatkan pertumbuhan, maka akan diikuti dengan meningkatnya aktivitas akar dan menyebabkan meningkatnya aktivitas (Gianinazzi *et al.*, 1992; Tisserant *et al.*, 1993). Aktivitas fosfatase alkalin dari *Glomus* dalam penelitian relevan menghasilkan aktivitas yang tinggi (Gianinazzi *et al.*, 1992; Tisserant *et al.*, 1993; Boddington dan Dodd, 1998 dan Vivas *et al.*, 2003), namun Boddington dan Dodd (1998) dan Vivas *et al.* (2003) melaporkan terdapat perbedaan aktivitas fosfatase diantara dua jenis *Glomus* yang diinokulasikan ke tanaman inang. Perbedaan hasil yang terjadi pada penelitian ini membuktikan pada lingkungan yang berbeda terjadi adaptasi ekologis yang berbeda pula dari jamur mikoriza arbuskula. *Gigaspora* sp pada tanah di Tangen meningkatkan produksi fosfatase alkalin dalam tanah. Hasil penelitian menguatkan apa yang dilaporkan Zhao *et al.* (1997), bahwa aktivitas enzim fosfatase alkalin dalam tanah terkait pada faktor lingkungan. Dalam kaitan ini pemupukan menentukan ketersediaan hara bagi tanaman, karenanya perkembangan miselium dalam tanah berkaitan kondisi hara di dalam tanah akan menentukan aktivitas enzim fosfatase alkalin.

Aktivitas fosfatase alkalin di dalam akar dinyatakan dalam persentase pelokasian aktivitas. Antar tipe inokulan menunjukkan tanggapan aktivitas yang berbeda satu

dengan lainnya. Pengaruh inokulasi *Gigaspora* sp menunjukkan aktivitas fosfatase alkalin yang lebih besar, yaitu mencapai kisaran 14-72 % daripada *Glomus* sp, yang hanya mencapai kisaran 6-37 %, sementara tanpa diinokulasi mencapai kisaran 11-35% (Tabel 4). Aktivitas fosfatase alkalin akan meningkat pada pupuk dengan kadar rendah (NPK 0,0625 g per bibit). Pada pupuk takaran ini masing-masing perlakuan menunjukkan pola tanggapan yang berbeda. Tanggapan aktivitas fosfatase yang diinokulasi *Gigaspora* sp menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan yang diinokulasi *Glomus* sp. Sejalan dengan bertambahnya usia bibit pada takaran ini aktivitas fosfatase menurun pada yang diinokulasi *Gigaspora* sp, sementara meningkat pada yang diinokulasi *Glomus* sp, meskipun peningkatannya masih berada dibawah *Gigaspora* sp. Perbedaan mekanisme dan tanggapan fisiologis menimbulkan perbedaan aktivitas fosfatase (Tommerup, 1994; Guillemin *et al.*, 1995; van Aarle *et al.*, 2002). Pada kondisi hara terbatas dan tidak dilakukan pemupukan dan tanpa inokulasi pertumbuhan akar tampak terhambat dan menyebabkan aktivitas fosfatase yang dihasilkan juga rendah. Tarafdar dan Marschner (1994) menyebutkan pada pupuk NPK 0,0625 g namun mencukupi keperluan tumbuhan dapat meningkatkan infeksi dan aktivitas fosfatase dalam akar tanaman inang.

Besarnya aktivitas fosfatase dimungkinkan seiring dengan tingkat infeksi akar yang terjadi di dalam akar. Dalam laporan Zhao *et al.* (1997) pengamatan aktivitas fosfatase alkalin pada tumbuhan yang diinokulasi jamur mikoriza arbuskula menunjukkan pada awalnya tinggi namun kemudian menurun pada umur enam minggu setelah diinokulasi dan ini sejalan dengan kolonisasi akar yang makin meningkat (*cit.* Zhao *et al.*, 1997). Pemupukan bertakaran tinggi menghasilkan persentase aktivitas fosfatase alkalin di dalam akar relatif menurun. Adapun dengan pemupukan bertakaran rendah ditunjukkan persentase aktivitas fosfatase alkalin yang meningkat dan lebih tinggi dibanding tanpa pupuk NPK. Disebutkan dalam Dharmarajan dan Mahadevan (1995), aktivitas fosfatase terstimulasi oleh kondisi stres hara dalam tanaman selama masa pertumbuhan. Dalam penelitian ini dapat dikatakan, meningkatnya kerja jamur mikoriza dan meningkatnya persentase aktivitas fosfatase alkalin terjadi pada pupuk beraras rendah. Masih sejalan dengan hasil penelitian ini, dilaporkan Vivas *et al.* (2003) meningkatnya aktivitas fosfatase alkalin menunjukkan meningkatnya fungsi mikoriza arbuskula, yaitu adanya penambahan fosfor dalam jumlah rendah akan meningkatkan aktivitas fosfatase, sedangkan penambahan fosfor yang tinggi tidak menunjukkan pengaruh pada aktivitas fosfatase alkalin. Bila meningkat fosfat tersedia maka kolonisasi akar akan menurun pula (Guillemin *et al.*, 1995). Fosfatase alkalin terkait pada serapan fosfat oleh akar. Oleh karena itu aktivitas yang menurun dengan adanya fosfat menunjukkan menurunnya efek mikoriza dalam penyerapan fosfor dan stimulasi pertumbuhan (Gianinazzi *et al.*, 1992)

Bila diperhatikan aktivitas fosfatase di luar dan di dalam akar terdapat keterkaitan satu sama lain. Tanpa pupuk NPK aktivitas di luar akar terjadi peningkatan aktivitas fosfatase yang cenderung perlahan, namun aktivitas dalam perakaran terjadi titik kondisi dengan persentase aktivitas yang menurun untuk kemudian kembali meningkat. Sementara pada pupuk NPK 0,0625 g, aktivitas di luar akar menunjukkan peningkatan, demikian pula pola aktivitas di dalam akar yang secara umum meningkat perlahan. Pada pupuk bertakaran tinggi tanggap aktivitas fosfatase alkalin di dalam akar seiring dengan besar dan

rendahnya aktivitas fosfatase alkalin di luar akar. Aktivitas fosfatase yang diketahui selanjutnya dapat digunakan dalam menetapkan konsentrasi pemupukan yang diberikan bagi tanaman dalam suatu lingkungan (Press & Lee, 1983). Konsentrasi hara dalam tanaman menentukan inokulasi jamur mikoriza arbuskula dan merefleksikan kapasitas hifa untuk mentranslokasikan hara ke dalam akar tanaman. (Tisserant *et al.*, 1993).

## KESIMPULAN

Aktivitas fosfatase alkalin dalam zona rizosfer dan di dalam akar bibit jati yang diinokulasi spora jamur mikoriza arbuskula menunjukkan hasil yang lebih besar daripada tanpa inokulasi.

Takaran pupuk NPK dan inokulasi spora jamur mikoriza arbuskula yang diberikan akan menentukan peningkatan aktivitas fosfatase alkalin. Pada bibit yang diinokulasi *Gigaspora* sp aktivitas fosfatase dalam zona rizosfer meningkat hingga mencapai 201 EU, sedang yang diinokulasi *Glomus* sp mencapai hingga 170 EU. Aktivitas fosfatase alkalin di dalam akar bibit jati terkait dengan keadaan aktivitas fosfatase alkalin di luar akar atau dalam zona rizosfer. Aktivitas fosfatase atas inokulasi *Gigaspora* sp mencapai 72 % dan *Glomus* sp mencapai 37 %, dengan aktivitas terbesar terjadi pada saat pemupukan NPK rendah, sementara pada pemupukan NPK tinggi aktivitas fosfatase dalam akar akan menurun, yaitu dalam kisaran 14 -16 %.

Penelitian ini menunjukkan aktivitas fosfatase yang meningkat pada tanaman bermikoriza berkaitan dengan meningkatnya bobot kering bibit dan perkembangan asosiasi mikoriza yang terbentuk.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbot L. K. and Robson A. D., 1995. *The effect of mycorrhizas on plant growth*. In Powel, L.E. Conway & Bagyaraj J. (Eds) Vesicular arbuscular mycorrhizal. CRC Press Inc. Boca Raton Florida.
- Alef, K., Nannipieri, P., Trazar-Cepeda, C., 1998. *Phosphatase activity*. In: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Alef K and Paolo, Nannipieri (Eds.). Academic Press, London. P.: 335 - 344
- Bagyaraj, J., 1994. *Handbook of applied mycology: Ecology of VAM*. Marcel Decker, Inc New York. p. 1-34.
- Boddington, C.L., Dodd, J.C., 1998. *A comparison of the development and metabolic activity of mycorrhizas formed by arbuscular mycorrhizal fungi from different genera on two tropical forage legumes*. Mycorrhiza 8: 149-157.
- Boddington, C.L., Dodd, J.C., 2000. *The effect of agricultural practices on the development of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. II. Studies in experimental microcosms*. Plant and Soil 218: 145-157.
- Brundrett M., Bougher N., Dell B, Grove T. dan Malajczuk N., 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. ACIAR Monograph 32, Canberra, Australia.
- Clark, R.B., 1997. *Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH*. Plant and Soil 192: 15-22
- Dharmarajan dan Mahadevan, 1995. *Enzymatic studies of vesicular-arbuscular mycorrhizae and their host*. In Biology and Biotechnology of Mycorrhizae. Biotrop special publication No. 56. SEAMEO BIOTROP. Bogor.
- Gianinazzi, S., Gianinazzi-Pearson, V., Tisserant, B., Lemoine, M.C., 1992. *Protein activities as potential markers of functional endomycorrhizas in plants*. In: D J Read, D H Lewis, A H Fitter, I J Alexander (Eds) Mycorrhizas in Ecosystems. CAB International, pp: 333-339.
- Gianinazzi, S & Gianinazzi-Perason, V., 1994. *Cytology, histochemistry and immunocytochemistry as tools for studying structure and function in endomycorrhiza*. In: Techniques for mycorrhizal research. J.R. Norris, Read, D.J., Varma, A.K. (Eds). Academic Press. London. p.: 569-600.
- Guillemin, J.P., Orozco, M.O., Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S., 1995. *Influence of phosphate fertilization on fungal alkaline phosphatase and succinate dehydrogenase activities in arbuscular mycorrhiza of soybean*

- and pineapple. *Agriculture Ecosystems & Environment* 53: 63-69.
- Helal, H.M., 1990. *Varietal differences in root phosphatase activity as related to the utilization of organic phosphates*. *Plant and Soil* 123: 161-163.
- Harley, J.L., 1994. *The state of the art*. In.: *Techniques for Mycorrhizal Research* Norris J.R., Read, D.J., Varma, A.K. (Eds) . Academic Press London. 1-24
- Jakobsen, I., Abbot, L.K., Robson, A.D., 1992. *External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with T. subterranean L.* *New Phytology* 120: 371-380.
- Janos, D.P., Schroeder, M.S., Schaffer, B., Crane, J.H., 2001. *Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi enhance growth of Litchi chinensis Sonn tress after propagation by air layering*. *Plant and Soil* 233: 85-94.
- Jeffries, P. dan Dodd, J.C., 1991. *The use of mycorrhizal inoculants in forestry and agriculture*. In.: Arora, D.K., Rai, B., Mukerji, K.G., Knudsen, G.R. (Eds), *Handbook of applied mycology*. Plant and Soil. Volume 1: 155-185.
- Joner, E.J. dan Jakobsen, I., 1995. *Growth and extracellular phosphatase activity of arbuscular mycorrhizal hyphae as influenced by soil organic matter*. *Soil biology Biochemistry* Vol. 27 No. 9: 1153-1159.
- Joner, E.I., van Aarle, I.M., Vosatka, M., 2000. *Phosphatase activity of extraradical arbuscular mycorrhizal hyphae: a review*. *Plant and Soil* 226: 199-210.
- Khare, A.K., 1991. *Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth, phosphorus, and zinc nutrition on maize in a vertisol*. *Proceedings of Second Asian Conference on Mycorrhiza*. Bogor, 11-15 March 1991.: 133-141.
- Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I., Smith, D. L., 2000. *Mycorrhizae formation and nutrient uptake of new corn (Zea mays L.) hybrids with extreme canopy and leaf architecture as influenced by soil N and P levels*. *Plant and Soil* 221: 157-166.
- Moutoglis, P. and Widden, P., 1996. *Vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in sugar maple (Acer saccharum marsh. L) forest*. *Mycorrhiza* 6: 91-97.
- Nagahashi, G., Douds Jr, D.D., Abney, G.D., 1996. *Phosphorus amendment inhibits hyphal branching of the VAM fungus Gigaspora margarita directly and indirectly through its effect on root exudation*. *Mycorrhiza* 6: 403-408.
- Press, M.C. & Lee, J. A. 1983. *Phosphatase activity in sphagnum species in relation to phosphate nutrition*. *New Phytology*: 567-573.
- Rajan, S.K., Reddy B.J.D, Bagyaraj, D.J. 2000. *Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with Tectona Grandis*. *Forest ecology and management* 126: 91-95.
- Sylvia, D.M., 1994. *Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi*. In. *Techniques for mycorrhizal research*. J.R. Norris, D.J. Read, A.K. Varma (Eds). Academic Press. London.
- Sylvia, D.M., 2005. *Mycorrhizal symbioses*. In.: Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J, Hartel, P.G., Zuberer, D.A. (Eds). *Principles and applications of soil microbiology*. Upper Saddle River, New Jersey.: 263-282.
- Tarafdar, J.C., Marschner, H., 1994. *Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus*. *Soil Biol. Biochemistry*. Vol.26, No.3: 387-395.
- Thorn, G 1997 *The Fungi in soil*. In.: *Modern Soil Mycorobiology*, Elsas, J.D., Trevors, J.T., Wellington, E.M.H. (Eds). Marcel Dekker, New York – Basel: 63-127.
- Tommerup I. C. 1994. *Methods for the study of the population biology of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi*. In.: *Techniques for mycorrhizal research*. J.R. Norris, D.J. Read, A.K. Varma (Eds). Academic Press. London.
- Tisserant, B., Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S., Gollotte, A., 1993. *In planta histochemical staining of fungal alkaline phosphatase activity for analysis of efficient arbuscular mycorrhizal infections*. *Mycological Research* 97: 245-250.
- van Aarle, I.M., Rouhier, H., Saito, M., 2002. *Phosphatase activities of arbuscular mycorrhizal intraradical and extraradical mycelium, and their relation to phosphorus availability*. *Mycology Resources* (10): 1224-1229.
- van der Heijden, E.W., Kuyper, T.W., 2001. *Does origin of mycorrhizal fungus or mycorrhizal plant influence effectiveness of the mycorrhizal symbiosis?* *Plant and Soil* 230: 161-174.
- Vivas, A., Marulanda, A., Gomez, M., Barea, J.M., Azcon, R., 2003. *Physiological characteristics (SDH and ALP activities) of arbuscular mycorrhizal colonization as effected by Bacillus thuringiensis inoculation under two phosphorus levels*. *Soil Biology & iochemistry* 35 987-996.
- Zhao, B., Trovelot, A., Gianinazzi, S 1997. *Influence of two legume species on hyphal production and activity of two arbuscular mycorrhizal fungi*. *Mycorrhiza* 7: 179-185.