

Peranan Cendawan Mikoriza Arbuskula terhadap Peningkatan Serapan Hara oleh Bibit Pepaya

Muas, I.

Balai Penelitian Tanaman Buah, Jl. Raya Solok-Aripan Km. 8, Solok 27301

Penelitian bertujuan mengetahui peran lima jenis isolat cendawan mikoriza arbuskula dalam meningkatkan serapan hara dan biomassa dua kultivar pepaya. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Bandung, dari bulan Agustus 2001 hingga Januari 2002. Penelitian ini disusun berdasarkan rancangan acak kelompok pola faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah jenis isolat cendawan mikoriza terdiri dari kontrol, *Glomus etunicatum*, *Glomus manihotis*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora tuberculata*, dan *Scutellospora heterogama*, dan faktor ke dua adalah kultivar pepaya dampit dan sari rona. Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat infeksi akar pada bibit pepaya umur dua bulan setelah inokulasi dipengaruhi oleh efek interaksi antara isolat cendawan mikoriza dan kultivar pepaya. Isolat *A. tuberculata*, *G. etunicatum*, dan *Gi. margarita* menunjukkan derajat infeksi akar yang sangat tinggi, yaitu lebih dari 76% untuk kedua kultivar pepaya, sedangkan dua jenis isolat lainnya menunjukkan tingkat infeksi yang lebih rendah (21,33-59,67%). Serapan hara N, P, K, dan bobot kering pupus, secara mandiri dipengaruhi oleh jenis isolat cendawan mikoriza dan kultivar pepaya. *Acaulospora tuberculata* dan *G. etunicatum* meningkatkan bobot kering total bibit berturut-turut 1,028 dan 1,632% lebih tinggi dibanding kontrol. Kultivar sari rona menunjukkan serapan hara N, P, K, dan bobot kering pupus lebih tinggi dibanding kultivar dampit. Prospek aplikasi cendawan mikoriza untuk tanaman pepaya cukup baik, namun masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui keefektifan dalam efisiensi penggunaan pupuk.

Kata kunci: *Carica papaya*; Bibit; Mikoriza arbuskula; Serapan hara; Pertumbuhan.

ABSTRACT. Muas, I. 2003. **Role of arbuscular mycorrhizal fungus in nutrient uptake of papaya seedlings.** The experiment was aimed to find out the role of five arbuscular mycorrhizal fungus isolates in increasing nutrient uptake and biomass production on seedlings of two cultivars of papaya. The research was conducted at a screen house of Agriculture Faculty, Padjadjaran University, Bandung, from August 2001 until January 2002. This experiment was laid on a randomized block design of factorial pattern with three replications. The first factor was the kind of mycorrhizal isolate, control, *Glomus etunicatum*, *Glomus manihotis*, *Gigaspora margarita*, *Acaulospora tuberculata*, and *Scutellospora heterogama*, and the second factor was papaya cultivars of dampit and sari rona. The results showed that root infection level of papaya seedlings at two months after inoculation was influenced by interactions between mycorrhizal isolates and papaya cultivars. *Acaulospora tuberculata*, *G. etunicatum*, and *Gi. margarita* isolates showed very high root infection level which were higher than 76% for both papaya cultivars, whereas two other mycorrhizal isolates showed lower infection 21.33-59.67%. Nutrient uptake of N,P,K, and shoot dry weight, in autonomous caused by kinds of mycorrhizal isolates and papaya cultivars. *Acaulospora tuberculata* and *G. etunicatum* isolates increased total dry weight 1.028% and 1.632% respectively higher than control. Sari rona showed higher nutrient uptake of N, P, K, and shoot dry weight than dampit. The mycorrhizal application for papaya has good prospect, but further studies are required to determine the fertilizer efficiency.

Keywords : *Carica papaya*; Seedlings; Arbuscular mycorrhizal fungus; Nutrient uptake; Growth.

Pepaya (*Carica papaya* L.) di Indonesia biasanya ditanam secara tumpang sari dengan tanaman lain, seperti ketela pohon, nanas, pisang, dan tanaman lainnya. Masih sangat sedikit dijumpai petani yang menanamnya secara komersial. Kultivar pepaya yang banyak diusahakan, antara lain dampit, jingga, paris, dan sunrise solo, sedangkan kultivar yang paling banyak disukai konsumen adalah dampit (Broto *et al.* 1991). Untuk memperkaya kultivar unggul nasional, Balai Penelitian Tanaman Buah Solok, telah menghasilkan dua kultivar pepaya, yaitu sari rona dan sari gading yang pada tahun 1999 telah dilepas oleh Menteri Pertanian.

Pertumbuhan tanaman pepaya tergolong relatif cepat dan membutuhkan pemupukan berat (Cruz *et al.* 2000). Pemberian kapur juga sangat dibutuhkan oleh pepaya, terutama untuk pertanaman pada lahan bereaksi masam seperti pada tanah ordo *inceptisols* dan *ultisols*. Upaya penambahan pupuk yang tinggi serta tindakan pengapuran biasanya cukup mahal. Selain itu pemberian pupuk anorganik dalam jumlah besar dan terus menerus dapat merusak sifat fisik, mengganggu keseimbangan lingkungan, dan menurunkan aktivitas mikroba tanah (Thirukkumaran & Parkinson 2000).

Untuk mengatasi permasalahan di atas, maka perlu dicari alternatif lain yang efektif, ekonomis, dan bersahabat dengan lingkungan. Aplikasi teknologi mikroba tanah berupa pengembangan agens biologis dari cendawan mikoriza arbuskula (CMA) merupakan salah satu strategi yang perlu dicoba dan dikembangkan.

Cendawan mikoriza arbuskula sebagai mikrosimbion dapat berfungsi dalam meningkatkan serapan hara, menstimulasi pertumbuhan, meningkatkan kualitas buah, meningkatkan ketahanan terhadap kekurangan air, serta serangan patogen tanah (Fortuna *et al.* 1996). Aplikasi CMA pada beberapa tanaman komersial telah menunjukkan respons yang cukup baik, dengan meningkatkan bobot kering tanaman, jumlah daun, dan pertumbuhan pada bibit jeruk (Dutra *et al.* 1996; Camprubi & Calvet 1996), dan pada bibit apel (Matsubara *et al.* 1996). Inokulasi *Glomus mosseae* pada pepaya kultivar sunrise, dapat meningkatkan biomassa sebanyak 85%, serta kandungan hara N, P, dan K berturut-turut sebanyak 28,4%; 54,5%; dan 73,3% lebih tinggi dibanding kontrol (Jaizme-Vega & Azcon 1995). Peningkatan serapan hara akan menunjang pertumbuhan dan meningkatkan bobot kering tanaman (Matsubara *et al.* 1996).

Sampai sekarang informasi mengenai pemanfaatan CMA untuk tanaman pepaya di Indonesia belum dilaporkan. Oleh karena itu penelitian ke arah tersebut dipandang perlu untuk dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui peran lima jenis isolat CMA dalam meningkatkan serapan hara dan biomassa dua kultivar pepaya pada fase pembibitan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca, dan laboratorium Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Bandung Kampus Jatinangor, pada ketinggian 700 m dpl. Percobaan dilakukan dari bulan Agustus 2001 hingga Januari 2002.

Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih pepaya dan isolat CMA. Media tumbuh yang digunakan adalah campuran tanah dengan pasir (2 : 1). Tanah yang digunakan adalah ordo insectisols (pH H₂O 4,8;

N total 0,20%; P tersedia 5,15 ppm; K 0,58 me/100 g), diambil dari Kebun Percobaan Universitas Padjadjaran Kampus Jatinangor.

Penelitian ini merupakan percobaan pot, yang dilakukan di rumah kaca. Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok, dengan pola faktorial dan diulang tiga kali. Sebagai faktor pertama adalah isolat CMA, terdiri dari (1) tanpa inokulasi CMA (kontrol), (2) *Glomus etunicatum* (NPI-126), (3) *Glomus manihotis* (INDO-1), (4) *Gigaspora margarita* (Gi-mf), (5) *Acaulospora tuberculata* (INDO-2), dan (6) *Scutellospora heterogama* (YS). Faktor kedua adalah jenis pepaya, yaitu kultivar dampit dan sari rona. Satu unit perlakuan pada setiap ulangan terdiri dari lima pot (tanaman).

Inokulum CMA diperbanyak secara kultur pot, menggunakan media pasir steril dan tanaman inang *Pueraria javanica*. Untuk media tumbuh, tanah dipisahkan dari material kasar dan diaduk dengan pasir (2:1), kemudian difumigasi dengan fumigan dazomet 98% selama dua minggu (cara dan dosis sesuai dengan anjuran pada label/kemasan). Benih pepaya dari masing-masing kultivar disemai pada kotak persemaian dengan media pasir steril. Penyemaian berlangsung hingga bibit berdaun dua helai, yaitu ± empat minggu setelah tanam.

Media tanam yang telah difumigasi dimasukkan ke dalam pot (kantong plastik hitam), setiap pot berisi 2 kg media kering udara. Aplikasi CMA bersamaan dengan penanaman bibit pepaya. Pada bagian tengah media dari masing-masing pot dibuat lubang sedalam 5 cm. Ke dalam lubang tersebut dimasukkan inokulum sesuai dengan perlakuan, yang mengandung lebih kurang 70 spora (Cruz *et al.* 2000). Masing-masing jenis isolat diberikan 15 g inokulum per tanaman, yang sebelumnya sudah distandarisasi kepadatan sporanya. Selanjutnya pada lubang yang telah berisi inokulum, ditanamkan bibit pepaya. Untuk kontrol (m₀), digunakan inokulum yang telah distrerilisasi pada autoklaf pada tekanan 1,2 kg/cm, dan suhu 121°C, selama satu jam guna mematikan CMA.

Penambahan hara N, P, K (25:5:20) dilakukan dengan konsentrasi 5 g/10 l air, disiramkan ke media tumbuh sekali dalam seminggu dengan takaran 100 ml/tanaman. Penambahan hara dimulai tiga minggu setelah inokulasi (tanam).

Parameter yang diamati meliputi persentase infeksi CMA pada akar menurut metode Kormanik & McGraw's (1982) dalam Setiadi *et al.* (1992), serapan hara (N, P, K), bobot kering pupus, dan bobot kering akar. Pengamatan dilakukan sampai bibit berumur dua bulan. Untuk pengamatan bobot kering tanaman dan analisis serapan hara, diambil dua tanaman, pada masing-masing unit perlakuan pada setiap ulangan.

Analisis data dilakukan menggunakan sidik ragam dan uji lanjutan dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%. Nilai persentase dari infeksi CMA, sebelum dianalisis dilakukan transformasi data ke Arcsin $\sqrt{x+1}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat infeksi akar pada dua bulan setelah inokulasi, secara statistik menunjukkan adanya

pengaruh interaksi antara jenis isolat CMA dengan kultivar pepaya (Tabel 1). Keadaan ini terjadi disebabkan oleh perbedaan respons dari kombinasi kultivar pepaya dengan jenis CMA yang diinokulasikan. Tingkat kolonisasi yang terbentuk pada akar bervariasi antarspesies cendawan dengan tanaman inang (Declerck *et al.* 1995; Khalil *et al.* 1999). Fenomena tingkat infeksi yang rendah dan tinggi sangat ditentukan oleh kecocokan CMA dengan tanaman (Brundrett & Walker 1999), faktor lingkungan beserta interaksinya, serta senyawa-senyawa kimia yang dihasilkan tanaman (Anderson 1992).

Apabila dihubungkan dengan penggolongan tingkat infeksi akar berdasarkan *The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA* (dalam Setiadi *et al.* 1992), ternyata efek inokulasi dari lima jenis isolat pada penelitian ini berkisar dari rendah hingga sangat tinggi. Inokulasi *S. heterogama* pada kedua kultivar

Tabel 1. Derajat infeksi akar dua kultivar pepaya, umur dua bulan setelah diinokulasi dengan CMA (Infection level of two papaya cultivars, two months after arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) inoculation)

| Kultivar (Cultivar) | Isolat CMA (AMF isolates) | | | | | |
|---|---------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| | Kontrol (Control) | <i>G. etu</i> | <i>G. man</i> | <i>Gi. mar</i> | <i>A. tub</i> | <i>S. het</i> |
|Derajat infeksi I(Infection level) % | | | | | | |
| Dampit | 0,00 A d | 86,00 B a | 59,67 A b | 82,33 A a | 89,33 A a | 24,67 A c |
| Sari rona | 0,00 A e | 98,67 A a | 44,33 B c | 90,00 A ab | 82,67 A b | 21,33 A d |

Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama dalam satu baris dan huruf besar dalam satu kolom, berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5% (Means followed by the same small letter at the same row, and capital letters at the same column are not significantly different at 5% Duncan Multiple Range Test).

(*G. etu*) = *Getunicatum*, (*G. man*) = *G. manihotis*, (*Gi. mar*) = *Gi. margarita*, (*A. tub*) = *A. tuberculata*, (*S. het*) = *S. heterogama*.

Tabel 2. Serapan nitrogen, fosfor, dan kalium dua kultivar pepaya pada umur dua bulan setelah diinokulasi dengan CMA (Nitrogen, phosphor and potassium uptake of two papaya cultivars on two months after AMF inoculation)

| Perlakuan (Treatment) | N mg/tan. (plant) | P µg mg/tan. (plant) | K mg/ tan. (plant) |
|---|----------------------|-------------------------|-----------------------|
| Kultivar pepaya (Papaya cultivar): | | | |
| Dampit | 4,23 b | 11,44 b | 0,43 b |
| Sari rona | 6,08 a | 16,17 a | 0,62 a |
| Isolat CMA (AMF isolate) | | | |
| Kontrol (Control) | 0,71 c | 1,84 c | 0,07 c |
| <i>G. etunicatum</i> | 14,95 a | 41,50 a | 1,54 a |
| <i>G. manihotis</i> | 1,33 c | 3,34 c | 0,13 c |
| <i>Gi. margarita</i> | 3,07 c | 6,84 c | 0,31 c |
| <i>A. tuberculata</i> | 9,79 b | 26,67 b | 0,99 b |
| <i>S. heterogama</i> | 1,10 c | 2,67 c | 0,11 c |

Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5% (Means at the same column followed by the same letter are not significantly different at 5% Duncan Multiple Range Test).

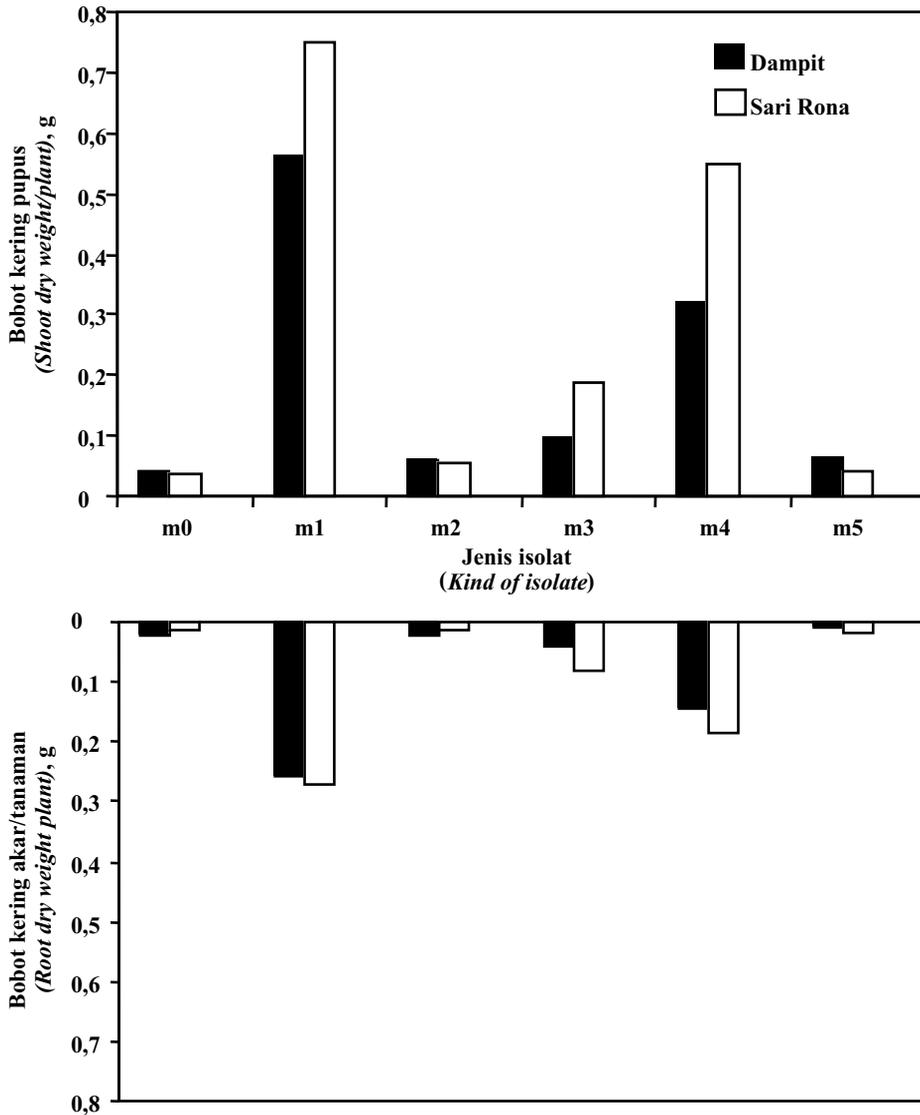
pepaya hanya menghasilkan tingkat infeksi yang tergolong rendah, yaitu rata-rata 23%. Jenis isolat *A. tuberculata*, *G. etunicatum*, dan *Gi. margarita*, memberikan efek dengan tingkat infeksi sangat tinggi, yaitu mencapai lebih besar dari 76% untuk kedua kultivar pepaya. Berdasarkan hasil pengamatan ini, diharapkan ketiga jenis isolat tersebut di atas dapat dikembangkan untuk diaplikasikan pada tanaman pepaya, namun demikian untuk mengetahui lebih jauh keefektifannya diperlukan pengamatan lebih lanjut.

Serapan hara nitrogen, fosfor, dan kalium pada pupus tanaman hanya ditentukan oleh efek mandiri dari faktor jenis CMA dan kultivar pepaya (Tabel 2). Serapan N, P, dan K yang lebih tinggi diperoleh pada inokulasi dengan *G. etunicatum* dan *A. tuberculata* yang juga mempunyai tingkat infeksi yang sangat tinggi (Tabel 1). Sedangkan pada inokulasi dengan *Gi. margarita* yang juga mempunyai derajat infeksi sangat tinggi (90%), serapan hara pada kedua kultivar pepaya lebih rendah. Keadaan ini dapat terjadi karena perbedaan keefektifan dari isolat tersebut di atas dalam hal meningkatkan serapan hara. Sieverding (1991) mengemukakan bahwa tingkat infeksi CMA yang tinggi pada suatu tanaman, tidak selalu diiringi dengan keefektifan yang tinggi dalam penyerapan hara. Perbedaan keefektifan beberapa jenis isolat CMA dalam meningkatkan penyerapan hara, antara lain dipengaruhi oleh kemampuannya membentuk penyebaran hifa yang sempurna di dalam tanah, kemampuan dalam membentuk kolonisasi yang luas, efisiensi penyerapan hara terutama fosfor dari larutan tanah, dan waktu yang dibutuhkan dalam transportasi hara melalui hifa menuju tanaman (Bagyaraj 1992). Peran suatu jenis isolat CMA untuk meningkatkan serapan hara akan terlihat nyata pada tanah dengan kondisi kahat hara (Sieverding 1991). Indikasi ke arah tersebut juga terlihat pada penelitian ini, dengan kondisi tanah yang kandungan haranya tergolong rendah.

Penyerapan nitrogen oleh hifa CMA terutama dalam bentuk amonium (NH_4^+) telah banyak dibuktikan, sedangkan nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) yang sifatnya agak mobil, pengaruh langsung dari CMA dalam proses penyerapannya belum banyak diketahui (Sieverding 1991).

Akan tetapi Bago *et al.* (1996) mengemukakan bahwa hifa CMA juga mengandung *nitrate reductase* (NR), sehingga hifa eksternalnya juga mempunyai kapasitas dalam penyerapan nitrat. Selain itu juga telah diketahui indikasi bahwa hifa eksternal dari *G. intraradices* memiliki sistem enzim dan *glutamate synthase* (GS) (Johansen *et al.* 1996). Selanjutnya Faure *et al.* (1998) menambahkan bahwa pada tanaman *Lolium perenne* yang dikolonisasi oleh *G. fasciculatum*, kandungan ^{15}N dalam pupus lebih tinggi dan berbeda nyata dibanding kontrol. Di samping itu, respons tanaman terhadap serapan nitrogen ini juga sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara inang dengan cendawan. Dalam penelitian ini, tingginya serapan nitrogen pada pupus tanaman pepaya yang berasosiasi dengan *G. etunicatum*, dapat disebabkan karena tingkat infeksinya termasuk sangat tinggi, diduga hifa eksternalnya berkembang lebih banyak dan NR yang dihasilkan juga lebih banyak.

Hifa eksternal dari akar bermikoriza yang berkembang pada zona perakaran akan meningkatkan volume tanah yang dapat dieksploitasi untuk penyerapan fosfor (Bagyaraj 1992). Penyerapan dan transportasi fosfor secara langsung oleh hifa CMA telah banyak dipelajari menggunakan isotop ^{32}P (Sieverding 1991). Peningkatan kemampuan penyerapan P oleh tanaman yang terinfeksi CMA diduga karena adanya peningkatan aktivitas enzim fosfatase asam (AP) pada rizosfir dan akar tanaman tersebut. Dodd *et al.* (1987) telah membuktikan bahwa aktivitas AP pada akar dan rizosfir tanaman gandum yang terinfeksi *G. mosseae* dan *G. geosporum* lebih tinggi dibanding dengan tanaman kontrol dan secara nyata meningkatkan pertumbuhan dan kandungan P tanaman. Aktivitas enzim AP telah diketahui secara positif berkorelasi dengan penyerapan P dan pertumbuhan tanaman pada tanah dengan kahat fosfat (Khalil *et al.* 1999). Inokulasi CMA pada bibit pepaya meningkatkan aktivitas AP dan konsentrasi P pada daun (Mohandas 1992 dalam Cruz *et al.* 2000). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini, bahwa inokulasi CMA dapat meningkatkan serapan P pada tanaman (pupus). Namun, efek dari beberapa jenis isolat yang diinokulasikan tidak sama. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kesesuaian



Gambar 1. Pengaruh asosiasi CMA terhadap bobot kering bibit dua kultivar pepaya pada umur dua bulan setelah inokulasi (*AMF association effect on plant dry weight of two papaya cultivars at two months after inoculation*)
 m0 = kontrol, m1 = *G. etunicatum*, m2 = *G. manihotis*,

cendawan dengan inang dan perbedaan tingkat *relative mycorrhizal dependency* (RMD) (Khasa *et al.* 1992; Declerck *et al.* 1995; Fortuna *et al.* 1996).

Unsur hara makro esensial lainnya, yaitu K, juga sering ditemukan dalam konsentrasi yang lebih tinggi pada tanaman bermikoriza dibanding yang tidak terinfeksi cendawan mikoriza. Elemen K ini lebih bersifat mobil di dalam tanah dibanding P, dan mekanisme pengangkutan K secara langsung dalam hifa CMA belum

diketahui dengan jelas. Namun dalam banyak kasus, penyerapan yang lebih tinggi dari hara ini pada tanaman bermikoriza mungkin merupakan efek tidak langsung dari eliminasi defisiensi P melalui CMA (Sieverding 1991). Pada penelitian ini, walaupun peningkatan serapan K diduga tidak merupakan efek langsung dari CMA, pada kenyataannya semua jenis CMA memberikan efek yang tidak sama terhadap serapan K pada bibit pepaya. Hal yang hampir sama juga dikemukakan oleh Jaizme-Vega &

Azcon (1995) pada tanaman apokat, nanas, pisang, dan pepaya, serta pada tanaman jeruk Dutra *et al.* (1996). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan K pada tanah yang kahat K, berkaitan dengan spesies CMA, yang mengindikasikan bahwa K mungkin ditransportasikan oleh hifa CMA.

Hasil pengamatan terhadap serapan hara pada kedua kultivar pepaya, menunjukkan bahwa serapan N, P, maupun K pada kultivar sari rona lebih tinggi dibanding dampit. Perbedaan serapan hara ini tampaknya lebih menonjol pada tanaman pepaya yang mempunyai tingkat infeksi lebih tinggi, yaitu pada inokulasi dengan *G. etunicatum*, *Gi. margarita* dan *A. tuberculata*. Beberapa penelitian yang dilakukan terhadap berbagai kultivar, hibrid, dan mutan dari sejumlah tanaman menunjukkan bahwa respons genotip terhadap N, P, dan K, antara lain dipengaruhi oleh ukuran atau perkembangan akar dan aktivitas metabolik. Respons genotip terhadap N, berkorelasi dengan aktivitas enzim NR, dan P dengan AP (Klimashevsky 1990). Ekskresi proton seperti produksi dari ion H⁺ oleh akar dan pelepasannya ke arah perakaran (rizosfir), merupakan proses sentral dalam nutrisi tanaman dan tergantung pada *adenosine triphosphatase* (ATP-ase) yang berlokasi pada plasma-lemma, yang mengeluarkan proton ke medium perakaran yang secara simultan mengkomsumsi ATP. Enzim ini menghasilkan suatu perubahan dalam keseimbangan kimia dalam bentuk potensial elektrokimia membran, yang dapat meningkatkan penyerapan kation (Schaller & Lohnertz 1990). Lebih lanjut Schaller & Lohnertz (1990) menjelaskan bahwa dalam penelitiannya mengenai kapasitas ekskresi proton pada beberapa varietas batang bawah anggur, memberikan gambaran secara jelas pengaruh genetik terhadap penyerapan hara pada tanaman anggur.

Nilai rataan bobot kering pupus tertinggi didapatkan pada bibit pepaya yang diinokulasi dengan *G. etunicatum*, kemudian diikuti oleh *A. tuberculata*, yaitu 0,654 dan 0,433 g/tanaman yang secara statistik berbeda nyata. Untuk perlakuan inokulasi lainnya memberikan efek dengan bobot kering pupus yang rendah dan berbeda tidak nyata dengan kontrol. Di samping itu, kultivar sari rona juga mempunyai bobot kering pupus yang lebih tinggi (0,269 g/tanaman)

dibanding kultivar dampit dengan nilai 0,189 g/tanaman (Gambar 1).

Perbedaan bobot kering pupus bibit pepaya ini tampaknya berkaitan erat dengan tingkat keefektifan CMA yang diinokulasikan, terutama dalam hal meningkatkan serapan hara. Peran CMA terhadap peningkatan bobot kering pupus sudah banyak diungkapkan. Produksi bahan kering pada simbiosis *Trifolium subterraneum* L. dengan *Acaulospora leavis* nyata lebih tinggi dibanding simbiosis dengan *Glomus* sp. dan *Scutellospora calospora* pada 47 hari setelah inokulasi (Jakobsen *et al.* 1992). Inokulasi CMA pada batang bawah jeruk (*Carrizo citrange*) menghasilkan bobot kering pupus yang lebih tinggi dan signifikan dibanding dengan yang tidak diinokulasi (Dutra *et al.* 1996).

Bobot kering akar secara nyata hanya ditentukan oleh faktor jenis isolat CMA. Bobot kering akar tertinggi didapatkan pada bibit pepaya yang diinokulasi dengan *G. etunicatum*, yaitu 0,264 g/tanaman, kemudian diikuti oleh *A. tuberculata* dengan nilai 0,165 g/tanaman. Sedangkan perlakuan penggunaan isolat lainnya memberikan efek lebih rendah dan berbeda tidak nyata dengan kontrol.

Glomus etunicatum masih unggul dalam meningkatkan bobot kering akar. Apabila dihubungkan dengan serapan hara, maka bobot kering akar mempunyai tendensi yang sama dengan kemampuan CMA dalam meningkatkan serapan N, P, dan K. Pola yang sama juga terjadi dalam hubungannya dengan bobot kering pupus yang dapat dilihat pada Gambar 1. Sesuai dengan yang telah dikemukakan oleh beberapa peneliti lain bahwa infeksi CMA akan mempengaruhi perkembangan akar (Fidelibus *et al.* 2001), serapan hara, dan air (Sieverding 1991; Fortuna *et al.* 1996), peningkatan pertumbuhan dan bobot kering tanaman (Blal *et al.* 1990; Matsubara *et al.* 1996; Dutra *et al.* 1996). Keadaan yang mirip dengan hasil pengamatan ini misalnya pada asosiasi *G. etunicatum* dengan bibit apel, yang dapat meningkatkan bobot kering akar lebih tinggi untuk sebagian besar kultivar dibanding asosiasi dengan *Gi. margarita* (Matsubara *et al.* 1996). Fortuna *et al.* (1996) mengemukakan bahwa respons pertumbuhan baik pada akar maupun pupus dari batang bawah apel dan plum yang dikolonisasi oleh *G. mosseae* lebih besar dibanding tanaman yang dikolonisasi oleh *G.*

intraradices, meskipun persentase infeksi akarnya berbeda tidak nyata. Selain itu tanaman yang berasosiasi dengan *G. mosseae*, mempunyai konsentrasi P yang lebih tinggi dibanding dengan tanaman yang dikolonisasi oleh *G. intraradices*. Sehubungan dengan hal ini, secara umum dapat dikatakan bahwa tanaman dengan bobot kering tinggi, mempunyai serapan P, bobot kering akar, serta tingkat infeksi akar yang tinggi. Matsubara *et al.* (1996) mengemukakan bahwa ada indikasi peningkatan konsentrasi P pada tanaman yang diinfeksi CMA berhubungan dengan peningkatan pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

1. Seluruh isolat yang diuji dapat berasosiasi dengan pepaya kultivar dampit dan sari rona.
2. Isolat *A. tuberculata*, *G. etunicatum*, dan *Gi. margarita* memberikan derajat infeksi sangat tinggi, sedangkan isolat *G. manihotis*, dan *S. heterogama* memberikan tingkat infeksi yang lebih rendah pada bibit pepaya umur dua bulan setelah inokulasi.
3. Inokulasi dengan *A. tuberculata*, dan *G. etunicatum* memberikan nilai serapan hara N, P, K, dan bobot kering tanaman kedua kultivar pepaya yang lebih tinggi dibanding *G. manihotis*, *S. heterogama*, dan kontrol. Isolat *A. tuberculata*, *G. etunicatum* dapat meningkatkan bobot kering total tanaman berturut-turut adalah 1,028 dan 1,632% lebih tinggi dibanding kontrol.
4. Kultivar sari rona menunjukkan serapan hara dan bobot kering pupus yang lebih tinggi dibanding dampit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tulus disampaikan kepada Prof. Dr. Hj. Dedeh, H. Arief, Prof. Dr. Yuyun Sumarni, M.S. dan Dr. Nenny Nurlaeni, staf pengajar Program Pascasarjana UNPAD, serta Dr. Irdika Mansur, Pusat Penelitian Bioteknologi IPB, yang telah banyak memberikan saran pada penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pemimpin Proyek ARM-II, yang telah membiayai penelitian ini

PUSTAKA

1. Anderson, A. J. 1992. The influence of the plant root on mycorrhizal formation. In M. F. Allen (ed.). *Mycorrhizal functioning, an integrative plant-fungal process*. Chapman and Hall, Inc. p. 37-64.
2. Bago, B., H. Vierhellig, Y. Piche, and C. Azcon-Agullar. 1996. Nitrate depletion and pH changes induced by the extraradical mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* grown in monoxenic culture. *New Phytol.* 133:273-280.
3. Bagyaraj, D.J. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhiza: Application in agriculture. *Methods in Microbiol.* 24:359-373
4. Blal, B., C. Morel, V. Gianinazzi-Pearson, J.C. Fardean, and S. Gianinazzi. 1990. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae of phosphate fertilizer efficiency in two tropical acid soils planted with micropropagated oil palm (*Elaeis guineensis* Jack.). *Biol Fertil. Soil.* 9:43-48.
5. Broto, W., Suyanti, dan Sjaifullah. 1991. Karakterisasi varietas untuk standarisasi mutu buah pepaya (*Carica papaya* L.). *J. Hort.*1(2):41-44.
6. Brundrett, M. and C. Walker. 1999. Understanding the diversity of glomalean fungi in tropical Australian habitats. In: F.A. Smith *et al.* (eds.). *Proc. Int. Conf. Mycorrhizae in Sustainable Trop. Agric. and Forest Ecosystem*. Bogor, Indonesia, Oct. 27-30, 1997. p. 219-220.
7. Camprubi, A., and C. Calvet. 1996. Isolation and screening of mycorrhizal fungi from citrus nurseries and orchards and inoculation studies. *Hort Sci.* 31(3):366-369.
8. Cruz, A.F., T. Ishii and K. Kadoya. 2000. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on tree growth, leaf water potential, and levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and ethylene in the roots of papaya under water-stress conditions. *Mycorrhiza.* 10:121-123.
9. Declerck, S., C. Plenchette, and D.G. Strullu. 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. *Plant and Soil.* 176:183-187.
10. Dodd, J. C., C. C. Burton, R. G. Burns, and P. Jeffries. 1987. Phosphatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytol.*107:163-172.
11. Dutra, P.V., M. Abad, V. Almela, and M. Agusti. 1996. Auxin interaction with the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* Schenck & Smith improves vegetative growth of two citrus rootstocks. *Scientia Hort.* 66:77-83.
12. Faure, S., JB. Cliquet, G. Thephany, and J. Boucaud. 1998. Nitrogen assimilation in *Lolium perenne* colonized by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. *New Phytol.*138:411-417.
13. Fidelibus, M. W., C. A. Martin, and J. C. Stutz. 2001. Geographic isolates of *Glomus* increase root growth and whole-plant transpiration of citrus seedlings grown with high phosphorus. *Mycorrhiza.* 10:231-236.

14. Fortuna, P., A.S. Citernesi, S. Morini, C. Vitagliano, and M. Giovannetti. 1996. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphate fertilization on shoot apical growth of micropropagated apple and plum rootstocks. *Tree Physiol.*16(9):757-763.
15. Jaizme-Vega, M.C., and R. Azcon. 1995. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizae fungi. *Mycorrhiza*. 5:213-217.
16. Jakobsen, I., L.K. Abbott, and A.D. Robson. 1992. External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trifolium subterraneum* L. 1. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. *New Phytol.* 120:371-380.
17. Johansen, A., R.D. Finlay, and P.A. Olsson. 1996. Nitrogen metabolism of external hyphae of arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *New Phytologist*. 133:705-712.
18. Khasa, P., V. Furlan, and J.A. Fortin. 1992. Response of some tropical plant species to endomycorrhizal fungi under field conditions. *Trop. Agric.* 69(3):279-283.
19. Khalil, S., T. E. Loynachan, and M. A. Tabatai. 1999. Plant determinants of mycorrhizal dependency in soybean. *Agron. J.* 91:135-141.
20. Klimashevsky, E. L. 1990. Physiological basis of genotypic plant distinctions in mineral nutrition. In: N. El Bassam, M. Dambroth, and B. C. Loughman (eds.). *Genetic aspects of plant mineral nutrition*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. p. 19-23.
21. Matsubara, Y., T. Karikomi, M. Ikuta, H. Hori, S. Ishikawa, and T. Harada. 1996. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus inoculation on growth of apple (*Malus* ssp.) seedlings. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 65(2):297-302.
22. Setiadi, Y., I. Mansur, S.W. Budi, dan Achmad. 1992. *Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan*. Dep. P dan K, Dirjen Pend. Tinggi, PAU-IPB. Bogor.
23. Sieverding, E. 1991. *Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems*. GTZ GmbH. Germany. pp371.
24. Thirukkumaran, C.M., and D. Parkinson. 2000. Microbial respiration, biomass, metabolic quotient and litter decomposition in a lodgepole pine forest floor amended with nitrogen and phosphorus fertilizers. *Soil Biol. Biochem.* 32:59-66.

Lampiran 1. Data bobot kering pupus dan bobot kering akar bibit pepaya umur dua bulan (Data of shoot and roots dry weight of papaya seedlings at two months)

| Perlakuan (Treatment) | Berat kering pupus (Shoot dry weight) g | Berat kering akar (Root dry weight) g |
|--------------------------|---|---|
| M0P1 | 0,040 | 0,023 |
| M1P1 | 0,560 | 0,257 |
| M2P1 | 0,060 | 0,023 |
| M3P1 | 0,95 | 0,040 |
| M4P1 | 0,318 | 0,141 |
| M5P1 | 0,062 | 0,010 |
| M0P2 | 0,035 | 0,013 |
| M1P2 | 0,748 | 0,272 |
| M2P2 | 0,057 | 0,013 |
| M3P2 | 0,187 | 0,083 |
| M4P2 | 0,548 | 0,187 |
| M5P2 | 0,043 | 0,020 |

M0 = kontrol (control)

M1 = *G. etucatum*

M2 = *G. manihotis*

M3 = *Gi. margarita*

M4 = *A. tuberculata*

M5 = *S. heterogama*

P1 = Dampit

P2 = Sari rona