

KARAKTERISTIK AKAR BEREKTOMIKORIZA PADA *Shorea pinanga*, *Pinus merkusii* DAN *Gnetum gnemon*

Root Characteristics of Ectomycorrhizal Fungi on Shorea pinanga, Pinus merkusii, and Gnetum gnemon

Melya Riniarti, Irdika Mansur, Arum Sekar Wulandari, dan Cecep Kusmana

ABSTRACT

Morphology and anatomy characteristics often used to identify ectomycorrhizal fungi. We used three *Scleroderma* spp. (*Scleroderma columnare*, *S. dictyosporum*), and *S. sinnamariense*) and inoculated to *Shorea pinanga*, *Pinus merkusii*, and *Gnetum gnemon*. After 6, 8, and 10 months, each root tips were collected to determined hyphae colour, branching pattern, clamp-connection, *hartig net* and mantle. This result revealed that *S. sinnamariense* did not form association with *S. pinanga* and *P. merkusii* but form association with *G. gnemon*. On the other hand, *S. columnare* and *S. dictyosporum* could form association with all the host plants. *S. columnare* and *S. dictyosporum* formed white hyphae while *S. sinnamariense* formed yellow hyphae with monopodial branching pattern. The depth of *hartig net* and mantle was increased by timed.

Key words: ectomycorrhizal fungi, hartig net, mantle, Scleroderma

PENDAHULUAN

Ektomikoriza merupakan simbiosis mutualisme antara fungi dan akar tanaman, dalam hubungan ini fungi memperoleh hasil fotosintesis sementara akar mendapat bantuan unsur hara dan air dan keuntungan lainnya melalui perantara hifa fungi (Allen *et al.* 2003; Dehlin *et al.* 2004). Sebagian besar tanaman yang membentuk simbiosis dengan fungi ektomikoriza adalah jenis pohon, sekalipun beberapa jenis semak dan perdu juga ditemukan dapat berasosiasi dengan fungi ini (Onguene dan Kuyper 2002). Fungi ektomikoriza diketahui dapat berasosiasi dengan jenis-jenis tanaman dari family Dipterocarpaceae (Turjaman *et al.* 2005, Turjaman *et al.* 2006), Pinaceae (Chen 2006, Linda 2006) dan Gnetaceae (Wulandari 2002; Watling *et al.* 2002), yang merupakan bagian dari angiospermae dan gymnospermae.

Hubungan fungi dengan tanaman inang ini dapat disebut ektomikoriza bila terdapat beberapa karakteristik morfologi dan anatomi pada akar tanaman akibat masuknya hifa pada sel-sel akar. Terdapat berbagai variasi dalam karakteristik morfologi dan struktur akar berektomikoriza, namun terdapat tiga bentuk utama yang secara umum disepakati sebagai karakteristik penting, yaitu terbentuknya sebuah mantel atau lapisan hifa

dan miselium fungi yang menutupi sebagian dari ujung akar, berkembangnya hifa di antara sel-sel akar yang membentuk sel-sel yang kompleks yang disebut *hartig net*, dan hifa-hifa yang menonjol keluar dari mantel dan berkembang ke tanah (hifa ekstra radikal) (Pettersson *et al.* 2004). Bahkan menurut Smith dan Read (2008) bila salah satu dari tiga ciri utama ini tidak terbentuk dengan sempurna maka peranan fungi ektomikoriza pada tanaman inang tidak akan berjalan dengan baik.

Masing-masing fungi ektomikoriza akan memiliki karakteristik morfologi dan anatomi yang khas pada tanaman inang yang diinfeksi. Keunikan ini menjadi ciri yang akan digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan jenis-jenis fungi tersebut (Agerer 2002), sehingga akan lebih meningkatkan pemahaman akan fungsi dan mekanisme yang terjadi antara fungi dan tanaman inangnya.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh informasi tentang karakteristik morfologi dan anatomi akar pada *Shorea pinanga*, *Pinus merkusii*, dan *Gnetum gnemon* yang telah diinokulasi dengan tiga jenis *Scleroderma* spp. selama 6, 8 dan 10 bulan.

BAHAN DAN METODE

Bahan Tanaman

Akar *S. pinanga*, *P. merkusii* dan *G. gnemon* (berumur 6, 8, dan 10 bulan setelah inokulasi) dicuci perlahan dan hati-hati di bawah air mengalir untuk melepaskan partikel-partikel tanah yang menempel. Akar-akar tersebut kemudian diamati di bawah mikroskop, dan dipilih yang memiliki ciri-ciri akar yang terinfeksi fungi ektomikoriza, yaitu cenderung lebih pendek dan memiliki diameter lebih besar, serta diselubungi oleh lapisan hifa. Akar-akar tersebut kemudian direndam dalam larutan FAA (*Formaldehyde acetic acid*) selama 24 jam untuk proses analisis lebih lanjut.

Analisis Histologi

Penyiapan preparat untuk pengamatan anatomi akar dilakukan dengan metode Sass (1958). Metode ini dimulai dengan fiksasi akar menggunakan FAA selama 24 jam, lalu diteruskan dengan proses dehidrasi, yaitu upaya pengeluaran air dari dalam jaringan tanaman, proses ini menggunakan alkohol. Proses selanjutnya adalah paraparafinasi, yang bertujuan menghilangkan alkohol dari jaringan tanaman agar dapat diisi dengan parafin, proses ini menggunakan alkohol 100% dan xylol dengan beberapa tahapan. Proses paraparafinasi dilakukan menggunakan xylol dan parafin dengan konsentrasi berbeda-beda dengan empat tahapan dan selama 24 jam, dalam oven dengan suhu 55°C.

Hasil paraparafinasi kemudian dicetak dan hasilnya dipotong menggunakan mikrotom dengan ukuran 5–10 µm, dan dilanjutkan pada tahapan

pewarnaan akar. Teknik pewarnaan akar dilakukan dalam 19 tahapan. Pewarna yang digunakan adalah safranin 0,5% dan *alcian blue* 1%. Setelah keseluruhan proses ini dilakukan maka preparat akar dapat diamati di bawah mikroskop untuk melihat anatomi akar.

Parameter yang Diamati

Pengamatan dilakukan pada morfologi dan anatomi akar berektomikoriza. Tipe morfologi yang diamati adalah warna miselium, bentuk percabangan, dan *clamp-connection*. Pengamatan anatomi akar dilakukan dengan mengamati diameter akar, bentuk dan ketebalan mantel, ketebalan dan jumlah mantel, serta kedalaman *hartig net*. Pengamatan dilakukan pada setiap akar *S. pinanga*, *P. merkusii*, dan *G. gnemon* yang terinfeksi fungi ektomikoriza pada tiga bulan pengamatan (6, 8 dan 10 bulan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Karakteristik akar berektomikoriza pada P. merkusii

S. columnare dan *S. dictyosporum* dapat membentuk ektomikoriza dengan akar *P. merkusii*. Kedua jenis fungi ektomikoriza memiliki hifa dan miselium berwarna putih, dan dengan percabangan monopodial (Gambar 1). Hifa eksternal yang terbentuk dari *S. columnare* memiliki septa dan tidak memiliki *clamp-connection*, sedangkan hifa dari *S. dictyosporum* memiliki septa dan membentuk *clamp-connection*.

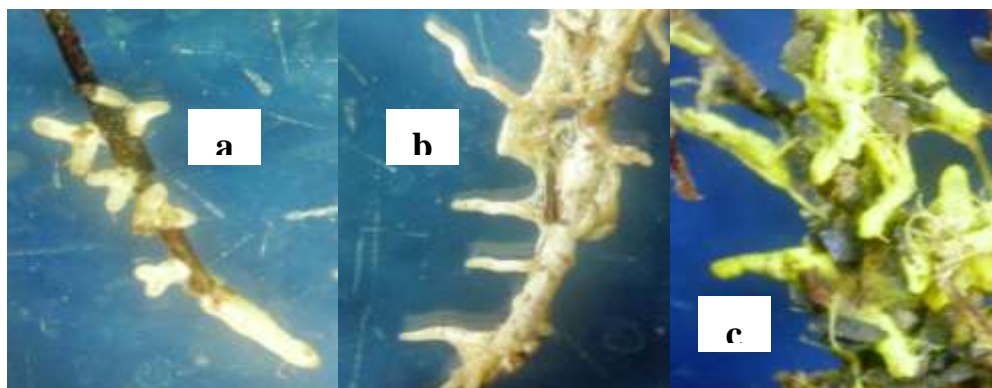


Figure 1 Ectomycorrhizal root tip (10x3): (a) *S. dictyosporum* on *P. Merkusii*, (b) *S. columnare* on *S. Pinanga*, and (c) *S. sinnamariense* on *G. gnemon*.

Table 1. Mean value of root histology of *P. merkusii* inoculated with *S. columnare* and *S. dictyosporum* after 6, 8, dan 10 months of inoculation

| Treatments | Months | Hartig net thickness (μm) | Mantle thickness (μm) | Number of mantle | r of root (μm) |
|------------------------|--------|--|------------------------------------|------------------|-----------------------------|
| <i>S. columnare</i> | 6 | 53,75 | 9,38 | 1 | 156,93 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 6 | 75,25 | 13,75 | 1 | 202,76 |
| <i>S. columnare</i> | 8 | 79,38 | 21,25 | 1 | 229,14 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 8 | 88,13 | 28,13 | 2 | 212,48 |
| <i>S. columnare</i> | 10 | 68,75 | 19,38 | 1 | 163,87 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 10 | 82,88 | 25,00 | 2 | 162,48 |

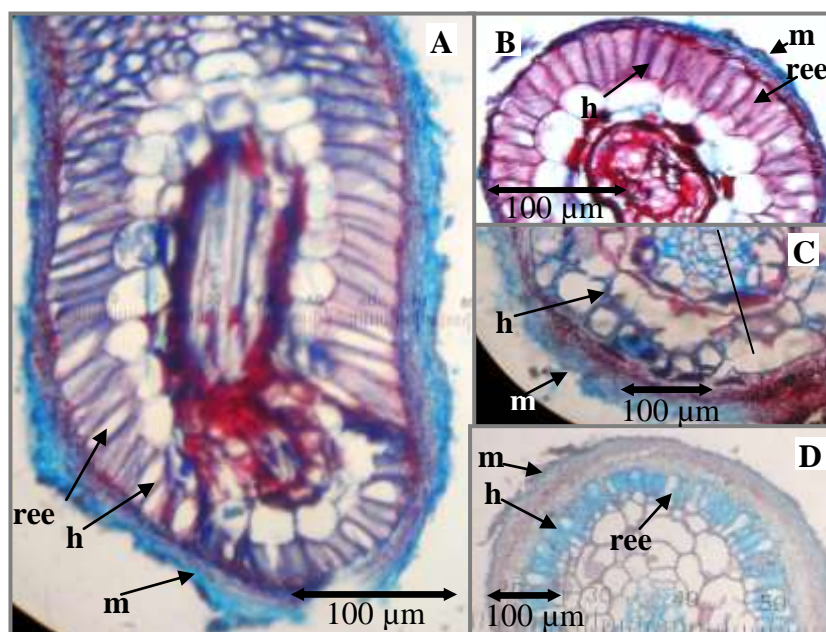
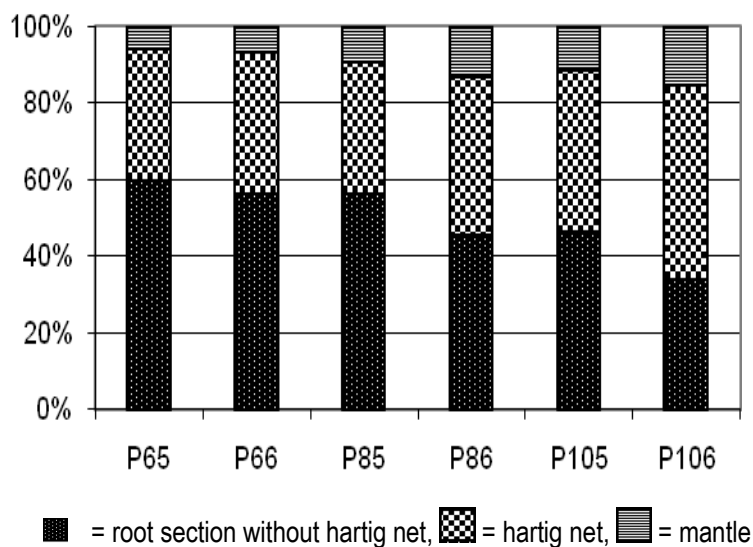


Figure 2. Ectomycorrhizal root: left side (A) longitudinal section of *S. pinanga* root (mag. 10x40); right side (B) transverse section of *S. pinanga* (mag. 10x40), (C) *P. merkusii* root (mag. 10x40), (D) *G. gnemon* root (mag. 10x10); (h) hartig net, (m) mantle, (ree) radial elongation epidermis.

Nilai rata-rata jari-jari akar berektomikoriza yang terbentuk dengan *S. columnare* berkisar 156–229 μm , sementara akar yang terbentuk dengan *S. dictyosporum* memiliki kisaran 162–202 μm (Tabel 1). Kedalaman hartig net dan ketebalan mantel juga meningkat setiap bulan pengamatan pada kedua fungi, namun *S. dictyosporum* cenderung memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan *S. columnare*. Pada tanaman ini hartig net terbentuk

hingga ke lapisan korteks (Gambar 2). Komposisi pembuluh akar, hartig net dan mantel disajikan pada Gambar (3). Hartig net dan mantel yang terbentuk semakin dalam dan tebal seiring dengan meningkatnya waktu baik oleh *S. columnare* maupun pada *S. dictyosporum*. *S. dictyosporum* tampaknya memiliki kompatibilitas yang lebih baik dengan *P. merkusii* dibandingkan dengan *S. columnare*.



Remarks: P65 : *S. columnare* umur 6 bulan P86 : *S. dictyosporum* umur 8 bulan
 P66 : *S. dictyosporum* umur 6 bulan P105 : *S. columnare* umur 10 bulan
 P85 : *S. columnare* umur 8 bulan P106 : *S. dictyosporum* umur 10 bulan

Figure 3. Composition of root section without hartig net, root section with hartig net, and mantle of *P. merkusii* ectomycorrhizal root inoculated with *S. columnare* and *S. dictyosporum* after 6, 8, and 10 months inoculation.

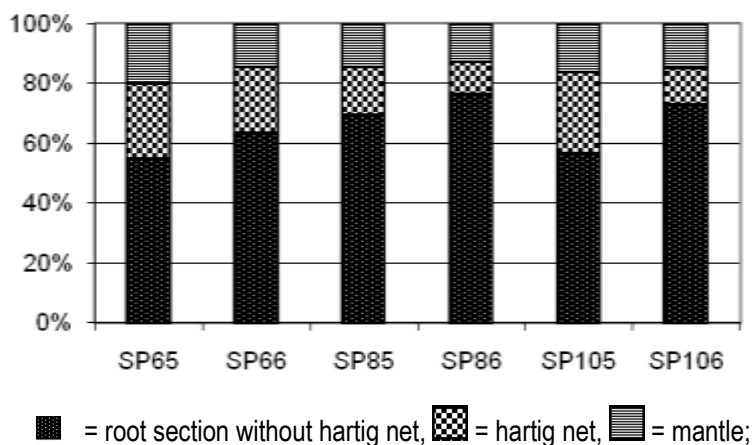
Karakteristik akar berektomikoriza pada *S. pinanga*

Pada *S. pinanga*, hanya *S. columnare* dan *S. dictyosporum* yang membentuk ektomikoriza. Dan seperti pada *P. merkusii*, kedua fungi ini memiliki hifa berwarna putih dan memiliki percabangan monopodial (Gambar 1). Hifa *S. columnare* memiliki septa dan tidak membentuk *clamp-connection*. Sementara hifa dari *S. dictyosporum* memiliki septa dan membentuk *clamp-connection*.

Berbeda dengan *P. merkusii*, *hartig net* dan mantel yang terbentuk pada *S. pinanga* hanya terbentuk pada lapisan epidermis dan cenderung lebih dalam dan tebal di bulan ke enam, dan menurun pada bulan ke delapan dan ke sepuluh (Tabel 2 dan Gambar 4). *Hartig net* dan mantel yang dibentuk oleh *S. columnare* juga cenderung lebih dalam dan tebal dibandingkan yang dibentuk oleh *S. dictyosporum*.

Table 2. Mean value of root histology of *S. pinanga* inoculated with *S. columnare* and *S. dictyosporum* after 6, 8, dan 10 months of inoculation

| Treatments | Months | Hartig net thickness (μm) | Mantle thickness (μm) | Number of mantle | <i>r</i> of root (μm) |
|------------------------|--------|--|------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| <i>S. columnare</i> | 6 | 41,25 | 33,75 | 1 | 166,65 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 6 | 23,13 | 15,63 | 1 | 105,55 |
| <i>S. columnare</i> | 8 | 18,25 | 16,50 | 1 | 113,88 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 8 | 13,75 | 16,88 | 1 | 129,15 |
| <i>S. columnare</i> | 10 | 27,00 | 16,25 | 1 | 99,99 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 10 | 11,25 | 13,75 | 1 | 91,66 |



Keterangan: SP65 : *S. columnare* umur 6 bulan
 SP66 : *S. dictyosporum* umur 6 bulan
 SP85 : *S. columnare* umur 8 bulan
 SP86 : *S. dictyosporum* umur 8 bulan
 SP105 : *S. columnare* umur 10 bulan
 SP106 : *S. dictyosporum* umur 10 bulan

Figure 4. Composition of root section without hartig net, root section with hartig net, and mantle of *P. pinaga* ectomycorrhizal root inoculated with *S. columnare* and *S. dictyosporum* after 6, 8, and 10 months inoculation.

Karakteristik akar berektomikoriza pada *G. gnemon*

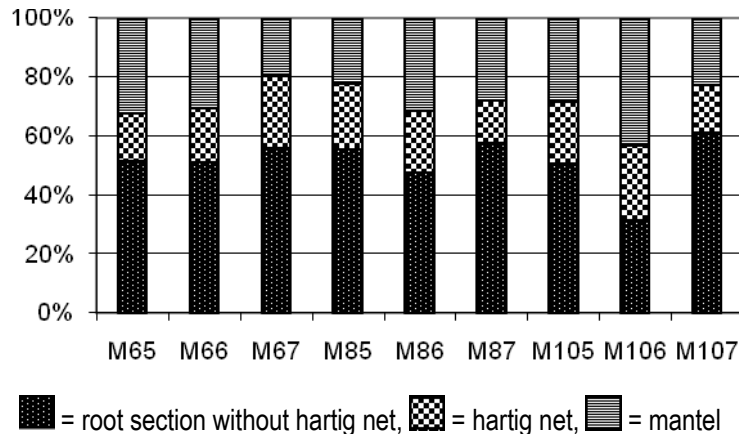
Ketiga fungi ektomikoriza *Scleroderma* spp. memiliki kompatibilitas dengan *G. gnemon*. *S. columnare* dan *S. dictyosporum* memiliki hifa dan miselium berwarna putih dan percabangan monopodial. Hifa yang terbentuk dari *S. columnare* bersepta dan tidak memiliki *clamp-*

connection. Sementara hifa yang terbentuk dari *S. dictyosporum* bersepta dan membentuk *clamp-*

connection. Hifa dan mantel yang terbentuk dari *S. sinnamariense* berwarna kuning, memiliki septa dan membentuk *clamp-connection* (Gambar 2). Pada *G. gnemon*, *hartig net* yang terbentuk dari ketiga jenis fungi hanya ada di lapisan epidermis.

Table 3. Mean value of root histology of *G. gnemon* inoculated with *S. columnare* and *S. dictyosporum* after 6, 8, dan 10 months of inoculation

| Treatments | Months | Hartig net thickness (μm) | Mantle thickness (μm) | Number of mantle | r of root (μm) |
|-------------------------|--------|---------------------------|-----------------------|------------------|----------------|
| <i>S. columnare</i> | 6 | 33,33 | 66,66 | 1 | 206,09 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 6 | 55,55 | 91,66 | 1 | 301,36 |
| <i>S. sinnamariense</i> | 6 | 61,11 | 50,00 | 1 | 252,75 |
| <i>S. columnare</i> | 8 | 50,00 | 50,00 | 1 | 224,68 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 8 | 33,33 | 50,00 | 2 | 158,32 |
| <i>S. sinnamariense</i> | 8 | 38,89 | 76,52 | 2 | 273,59 |
| <i>S. columnare</i> | 10 | 38,89 | 52,77 | 2 | 186,09 |
| <i>S. dictyosporum</i> | 10 | 47,22 | 80,55 | 2 | 185,97 |
| <i>S. sinnamariense</i> | 10 | 33,33 | 47,22 | 2 | 208,25 |



Keterangan: M65 : *S. columnare* 6 bulan
 M66 : *S. dictyosporum* 6 bulan
 M67 : *S. sinnamariense* 6 bulan
 M85 : *S. columnare* 8 bulan
 M86 : *S. dictyosporum* 8 bulan
 M87 : *S. sinnamariense* 8 bulan
 M105 : *S. columnare* 10 bulan
 M106 : *S. dictyosporum* 10 bulan
 M107 : *S. sinnamariense* 10 bulan

Figure 5. Composition of root section without hartig net, root section with hartig net, and mantle of *G. gnemon* ectomycorrhizal root inoculated with *S. columnare* and *S. dictyosporum* after 6, 8, and 10 months inoculation.

Nilai rata-rata pengamatan irisan melintang akar dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 5). Jari-jari akar, kedalaman *hartig net* dan ketebalan mantel dari ketiga jenis *Scleroderma* bervariasi dan tidak membentuk suatu pola tertentu. Walaupun terdapat kecenderungan bahwa kedalaman *hartig net* yang terbentuk dari *S. dictyosporum* lebih dalam daripada kedua fungi lainnya.

Pembahasan

Warna miselium merupakan salah satu tipe morfologi penciri dari ektomikoriza (Brundrett *et al.* 1996) yang dapat dilakukan dengan mata telanjang. Seperti hasil penelitian-penelitian sebelumnya (Santoso 1997; Tata 2001; Wulandari 2002) hifa yang dihasilkan oleh *S. columnare* dan *S. dictyosporum* memiliki ciri yang hampir serupa. Keduanya digambarkan memiliki hifa berwarna putih. Santoso (1997) menyatakan perbedaan antara keduanya dapat dilihat dari halus-kasar permukaan miselium yang terbentuk. Menurutnya, *S. columnare* memiliki permukaan yang lebih kasar, sementara *S. dictyosporum* tampak lebih halus. Sementara Wulandari (2002) membedakan keduanya dari kekuatan hifa tersebut memegang partikel tanah. Hifa-hifa *S. columnare* lebih mudah

dipisahkan dari partikel tanah yang menempel dibandingkan dengan *S. dictyosporum*. Selain itu, warna hifa *S. columnare* cenderung tidak berubah akibat proses pencucian maupun perendaman dalam FAA. Sebaliknya, *S. dictyosporum* hifanya akan kehilangan warna akibat pencucian dan perendaman dalam FAA. Hifa *S. sinnamariense* memiliki ciri khas yang berbeda dari kedua fungi *Scleroderma* lainnya. Hifa fungi ektomikoriza ini berwarna kuning, warnanya begitu mencolok hingga mudah untuk dipisahkan dengan hifa fungi ektomikoriza lainnya.

Tipe morfologi lain adalah adanya septa dan *clamp-connection* pada hifa. Menurut Brundrett *et al.* (1996), sebagian besar fungi ektomikoriza dari family Basidiomycetes memiliki septa dan *clamp-connection*. Hasil ini serupa dengan yang diperoleh Santoso (1997), Tata (2001), Wulandari (2002) dan Prameswari (2005), yang mendapatkan *clamp-connection* pada hifa yang berasal dari *S. columnare*, *S. dictyosporum* dan *S. sinnamariense*. Namun, hasil yang berbeda dihasilkan oleh Chen (2006), yang mengelompokkan Genus *Scleroderma* menjadi empat yang didasarkan pada perbedaan bentuk spora dan keberadaan *clamp-connection*. Dalam kategori Chen (2006) tersebut, *S. columnare* merupakan kelompok *Scleroderma*

yang diketahui tidak membentuk *clamp-connection*, seperti yang dihasilkan pada penelitian ini. Namun, hal ini membutuhkan penelitian lebih lanjut.

Keberadaan *hartig net* merupakan indikator adanya kompatibilitas fungi dan tanaman inang. Pada penelitian ini terlihat bahwa fungi ektomikoriza yang secara alami bersimbiosis dengan masing-masing tanaman inang (*S. columnare*—*S. pinanga*; *S. dictyosporum*—*P. merkusii*; *S. sinnamariense*—*G. gnemon*) cenderung memiliki *hartig net* yang lebih dalam. Hal ini berkaitan dengan fungsi dari struktur ini. Menurut Petterson *et al.* (2004), *hartig net* merupakan tempat pertukaran nutrisi, di mana fungi mengabsorpsi karbohidrat, dan tempat di mana nutrisi dan air menuju sel akar. Bücking dan Heyser (2001) menunjukkan dengan analisis autoradiografi adanya aliran karbohidrat dari sel akar masuk ke dalam *hartig net* dan kemudian menuju mantel, dan sebaliknya ditemukan juga adanya aliran fosfat dari mantel menuju *hartig net* lalu ke sel akar.

Pembentukan *hartig net* dimulai oleh hifa dengan cara memasuki ruang antara sel-sel luar dari pusat akar. Penetrasi ini secara normal dimulai dari mantel yang terdalam. Namun, dapat pula terjadi, hifa akan segera membentuk *hartig net* dan berkembang bahkan sebelum terbentuk mantel (Smith dan Read 2008). Kedalaman *hartig net* berbeda antara angiospermae dan gymnospermae (Petterson *et al.* 2004). Pada sebagian besar angiospermae, kedalaman *hartig net* hanya pada lapisan epidermis, hingga sering kali disebut sebagai "*epidermal hartig net*". Ada dua tipe *hartig net* pada angiospermae, yaitu (1) "*para-epidermal*", di mana ada bagian dari epidermis yang tidak ditutupi oleh *hartig net* dan (2) "*peri-epidermal*" di mana seluruh epidermis ditutupi oleh *hartig net*. Kedua tipe ini menunjukkan adanya kemungkinan keberlanjutan pembentukan *hartig net* yang akan tergantung pada umur akar dan kondisi lingkungan (Smith dan Read 2008). Selain itu, pada angiospermae terbentuk adanya *Radial Elongation of Epidermis* (REE).

Sementara pada gymnospermae *hartig net* memiliki penetrasi yang lebih dalam. *Hartig net* masuk hingga ke beberapa lapisan korteks, hingga disebut sebagai "*cortical hartig net*". Pada gymnospermae tidak terbentuk REE.

Mantel merupakan pembatas antara akar tanaman dengan tanah. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melihat fungsi dan bentuk mantel yang ada (Agerer dan Raildh 2004; Agerer 2001; Beccera *et al.* 2005). Mantel berfungsi sebagai tempat penyimpanan berbagai unsur organik dan mineral, mantel juga merupakan tempat penyimpanan unsur-unsur logam berat yang berpotensi menjadi toksik bagi tanaman, sehingga tanaman akan terhindar dari keracunan. Mantel juga melindungi akar dari kehilangan air dan dari serangan patogen (Petterson *et al.* 2004).

Mantel juga banyak digunakan sebagai karakteristik dalam identifikasi dan klasifikasi fungi ektomikoriza. Agerer (2006) mendeskripsikan dua bentuk mantel, bentuk di mana hifa masih dapat dikenali struktur individunya disebut "*plectenchymatous* atau *prosenchymatous*" dan bentuk di mana hifa tidak dapat dipisahkan secara individu karena telah membentuk suatu struktur yang kompak disebut "*pseudoparenchymatous*". Agerer (2006) juga memisahkan sembilan tipe *plectenchymatous* dan tujuh tipe *pseudoparenchymatous*. Dalam penelitian ini *S. dictyosporum* dan *S. sinnamariense* dapat membentuk lebih dari satu lapisan mantel pada *P. merkusii* dan *G. gnemon*, hal ini tampaknya berkaitan dengan kompatibilitas kedua fungi tersebut pada tanaman inang.

DAFTAR PUSTAKA

- Agerer R. 2006. Fungal Relationship and Structural Identity of Their Ectomycorrhiza. *Mycol Progress* 5:67—107.
- 2002. Rhizomorph Structure Confirm The Relationship Between *Lycoperdales* and *Agaricaceae*. *Nova Hedwig* 75:367—385.
- 2001. Exploration Types of Ectomycorrhiza. A Proposal to Classify Ectomycorrhizal Mycelial Systems According to Their Patterns of Differentiation and Putative Ecological Importance. *Mycorrhiza* 11:107—114.
- Agerer R. and Raildh S. 2004. Distance-Related Semi-quantitative Estimation of Extramatrical Ectomycorrhizal Mycelia of *Cornarius obtusus*. *Mycol Progress* 3:57—64.
- Allen M.F., Swenson W., Querejeta J.J. Warburton L.M.E. and Treseder K.K. 2003. Ecology of

- Mycorrhizae: A Conceptual Framework for Complex Interactions Among Plants and Fungi. *Annu. Rev. Phytopathol* 41:271—303.
- Beccera A., Daniele C. and Nouhra E. 2005. Ectomycorrhiza of *Cortinaleus holedes* with *Alnus acciminta* from Argentina. *Mycorrhiza* 15:7—15.
- Brundrett M., Bougher N., Dell B., Grove T. and Malajezuk N. 1996. Working with Mycorrhiza in Forestry and Agriculture. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Bücking H. and Heyser W. 2001. Microradiographic localization of phosphate and carbohydrates in mycorrhizal roots of *Populus tremula* × *Populus alba* and the implications for transfer processes in ectomycorrhizal associations. *Tree Physiol* 21:101—107.
- Chen Y. 2006. Optimizing Scleroderma Spore Inoculum for Eucalyptus Nursery in South China [Disertasi]. Perth: Division of Biology and Engineering, Murdoch University.
- Dehlin H., Nilson M.C., Wardle D.A. and Shevtsova. 2004. Effect of Shading and Humus Fertility on Growth, Competition and Ectomycorrhizal Colonization of Boreal Forest Tree Seedling. *Can. J. For. Res* 34:2573—2586.
- Linda S. 2006. Variation of Ectomycorrhizal Community in High Mountain Norway Spruce Stands and Correlation with the Main Climatic Factor [Disertasi]. Munchen: Departemen Biologi, Universitas Degli Dipa Di Palopa.
- Onguene NA. and Kuyper TW. 2002. Importance of Ectomycorrhiza Network for Seedling Survival and Ectomycorrhiza Formation in Rain Forests of South Cameroon. *Mycorrhiza* 12:13—17.
- Petterson R.L., Massicotte H.B. and Melville L.H. 2004. Mycorrhiza: Anatomy and Cell Biology. Ottawa. NRC Research Press.
- Prameswari D. 2005. Aplikasi Beberapa Cendawan Ektomikoriza untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai *Shorea selanica*. *J Hut Trop* 1:13—18.
- Santoso E. 1997. Hubungan Perkembangan Ektomikoriza dengan Populasi Jasad Renik dalam Rhizosfer dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan *Eucalytus pellita* dan *Eucalyptus urophylla* [Disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sass, J.E. 1958. Botanical Microtechnique. Third Edition. Iowa State Univ. Press. USA.
- Smith, S.E. and Read D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition. London: Academic Press.
- Tata M.H.L. 2001. Pengaruh Kebakaran Hutan Terhadap Daya Tahan Hidup Fungi Ektomikoriza Dipterocarpaceae [Thesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Turjaman M., Tamai Y., Segah H., Limin S.H., Cha J.Y., Osaki M., and Tawaraya K. 2005. Inoculation with the Ectomycorrhizal Fungi *Pisolithus arhizus* and *Scleroderma* sp. Improves Early Growth of *Shorea pinanga* nursery seedlings. *New Forest* 30:67—73.
- Turjaman M., Tamai Y., Segah H., Limin S.H., Osaki M., and Tawaraya K. 2006. Increase in Early Growth and Nutrient Uptake of *Shorea seminis* Seedlings Inoculated with Two Ectomycorrhizal Fungi. *J of Trop For Sci* 18:243—249.
- Watling R., Lee S.S. and Turnbull E. 2002. The Occurrence and Distribution of Putative Ectomycorrhizal Basidiomycetes in a Regenerating South East Asian Rain Forest. Di Dalam: Watling R, Frankland JC, Ainsworth AM, Isaac S, Robinson CH, editor. Tropical Mycology Volume 1, Macromycetes. New York: CABI Publishing.
- Wulandari A.S. 2002. Beberapa Gatra Biologi Ektomikoriza Scleroderma pada Melinjo [Disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Diterima : 20 Nopember 2009

Melya Riniarti

Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian
Universitas Lampung. Jl Sumantri Brojonegoro No 1
Gd. Meneng Bandar Lampung 35145.
e-mail: m_riniarti@yahoo.com

Irdika Mansur, Arum Sekar Wulandari, dan Cecep Kusmana

Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan
Institut Pertanian Bogor.
Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB Darmaga 16680