

# UJI TEKNOLOGI INOKULUM FUNGI EKTOMIKORIZA DAN PENAMBAHAN ASAM OKSALAT UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN *Hopea mengarawan*

## (INOKULUM TECHNOLOGY OF ECTOMYCORRHIZAL FUNGI AND OXALATE ACID TO ENHANCE THE GROWTH OF *Hopea mengarawan*)

Melya Riniarti<sup>1,\*</sup>)

### ABSTRACT

Application of ectomycorrhizal fungi on forestry depend on some factors. Inokulum technology is one of the important factor. The aim of this research are to compare the affectivity of two inoculums from two *Scleroderma* spp., and to find the effect of oxalate acid on ectomycorrhizal colonization. Using cluster randomized design with ectomycorrhiza as the cluster (*S. columnare* and *S. dictyosporum*); inoculums (granular and tablet) and oxalate acid (1 times a week; 2 times a month; 4 times a month and none) as the factors. Result showed that granular inokulum can enhance the growth of *Hopea mengarawan* better than tablet inokulum. Oxalate acid can enhance colonization up to 8 fold.

**Keywords:** Ectomycorrhizal, inokulum, hopea, oxalate acid, scleroderma.

### ABSTRAK

Keberhasilan aplikasi ektomikoriza pada tanaman kehutanan ditentukan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah aplikasi teknologi inokulum yang sesuai. Penelitian ini bertujuan menguji efektifitas dua bentuk inokulum ektomikoriza dari dua jenis fungi ektomikoriza *Scleroderma* spp. pada *Hopea mengarawan*; dan dampak pemberian asam oksalat untuk meningkatkan kolonisasi yang terbentuk antara fungi ektomikoriza dan tanaman. Penelitian disusun dalam rancangan acak kelompok dengan (RAK) dengan dua kelompok dan tiga ulangan. Sebagai kelompok adalah jenis ektomikoriza, yaitu *Scleroderma columnare* dan *S. dictyosporum*. Faktor pertama adalah jenis inokulum, yaitu: tablet spora dan granular. Faktor kedua adalah pemberian asam oksalat, yaitu: tanpa pemberian asam oksalat, pemberian 1 minggu sekali, 2 minggu sekali dan 4 minggu sekali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk inokulum granular memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan bentuk tablet dalam meningkatkan pertumbuhan dan kolonisasi ektomikoriza yang terbentuk. Aplikasi asam oksalat 1 minggu sekali mampu meningkatkan kolonisasi fungi ektomikoriza delapan kali lipat dibandingkan tanpa pemberian asam oksalat.

**Kata kunci:** Asam oksalat, ektomikoriza, hopea, inokulum, scleroderma.

### PENDAHULUAN

Beberapa spesies tanaman tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan baik atau normal tanpa adanya mikoriza (Smith dan Read, 2008). Salah satu jenis tanaman yang sangat tergantung pada kolonisasi ektomikoriza adalah kelompok Dipterocarpaceae (Smits, 1994; Lee *et al.*, 2008). Tercatat lebih dari seratus spesies Dipterocarpaceae yang diketahui dapat membentuk asosiasi dengan ektomikoriza (Brearly *et al.*, 2007). *Hopea*

*mengarawan* merupakan salah satu spesies Dipterocarpaceae yang penting, tersebar luas di Asia Tenggara (Anonim, 2006). Walaupun belum ada laporan tentang asosiasi tanaman ini dengan ektomikoriza sebelumnya, tampaknya sebagai bagian dari Dipterocarpaceae, *H. mengarawan* memiliki kemampuan membentuk asosiasi dengan fungi pembentuk ektomikoriza.

Dalam proses terbentuknya asosiasi antara fungi ektomikoriza dan akar tanaman, terdapat tahap-tahap yang harus dilalui. Menurut Leake *et al.*, (2004) perkembangan mikoriza dimulai ketika spora fungi yang diinokulasi berkecambah, lalu berkembang menjadi miselia dan kemudian menyebar ke dalam media tumbuh. Selanjutnya menurut Smith dan Read

<sup>1</sup>)Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

\* Penulis korespondensi: [m\\_riniarti@yahoo.co.id](mailto:m_riniarti@yahoo.co.id)

(2008) setelah terjadi kontak dengan akar muda, proses asosiasi akan dimulai. Asosiasi akan terus berlanjut hingga akar berdeferensiasi untuk mendukung terbentuknya asosiasi ini. Tahapan terakhir adalah pemanfaatan, pada masa ini tanaman inang sudah dapat merasakan manfaat adanya ektomikoriza pada akarnya. Ektomikoriza akan membantu penyerapan unsur hara, penyerapan air, perlindungan terhadap patogen dan sebagainya (Allen *et al.*, 2003).

Saat ini tersedia berbagai bentuk inokulum ektomikoriza yang dapat diaplikasikan dengan mudah dan murah, antara lain dengan menggunakan tablet spora dan granular. Menurut Turjaman (2000) teknologi inokulum ektomikoriza perlu terus dikembangkan agar diperoleh bentuk inokulum yang paling aplikatif, efektif dan dapat mempertahankan viabilitas spora. Teknologi inokulum yang memadai akan meningkatkan pemanfaatan mikoriza sebagai pupuk dan pestisida hayati.

Terbentuknya kolonisasi mikoriza yang efektif pada akar tanaman membutuhkan waktu yang cukup lama, sekitar 6—8 bulan (Hadi 2000). Beberapa jenis asam organik tampaknya dapat mengkatalisasi terbentuknya kolonisasi ektomikoriza (Riniarti *et al.* 2005). Asam oksalat adalah salah satu jenis asam organik yang banyak ditemukan di lantai hutan (Bhatti *et al.*, 1998). Asam organik ini diketahui dihasilkan oleh beberapa spesies tanaman, mikroorganisme, eksudat akar, dekomposisi bahan organik dan fungi mikoriza dalam rhizosfer (Cannon, *et al.*, 1995). Pemanfaatan asam oksalat diharapkan dapat mempercepat terbentuknya kolonisasi ektomikoriza pada akar tanaman.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan jenis fungi ektomikoriza dan bentuk inokulum yang paling sesuai dengan tanaman *Hopea mengarawan*, serta mengetahui pengaruh pemberian asam oksalat terhadap perkembangan kolonisasi ektomikoriza.

## BAHAN DAN METODE

Media semai berupa pasir yang telah disterilisasi. Benih *Hopea mengarawan* yang telah seleksi ditabur dalam bentuk larikan dan ditutup dengan pasir yang tipis. Penyiraman dilakukan secara teratur setiap pagi dan sore. Media pembibitan berupa tanah PMK yang telah dikeringudarkan dan diayak. Media dimasukkan ke dalam polybag berukuran 10 x 10 cm.

Setelah semai memiliki daun 3 sampai 4 lembar, lalu dipindahkan ke dalam polybag yang

telah diisi dengan media tumbuh. Bersamaan dengan penyapihan, dilakukan inokulasi ektomikoriza. Inokulasi dilakukan dengan memberikan tablet spora, dan granular yang mengandung spora *Scleroderma columnare*, dan *Scleroderma dictyosporum*.

Setelah tanaman disapih selama seminggu, maka dilakukan aplikasi asam oksalat, dengan cara disiram sebanyak 20 ml pada tiap-tiap polybag perlakuan dengan konsentrasi sebesar 1800 ppm. Pemberian akan diulangi sesuai dengan satuan percobaan.

Pemeliharaan dilakukan dengan melakukan penyiraman terhadap gulma yang mengganggu pertumbuhan tanaman. Jika terjadi serangan hama dan penyakit tanaman, akan dilakukan pengendalian secara mekanik. Penyiraman dilakukan setiap pagi dan sore.

Parameter yang diamati adalah tinggi dan diameter, berat kering total, nisbah pucuk akar, persen kolonisasi dan perubahan struktur pada akar terkolonisasi mikoriza melalui pengamatan histologi.

Penelitian disusun secara factorial 2x4 dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua kelompok dan tiga ulangan. Sebagai kelompok adalah jenis ektomikoriza, yaitu *Scleroderma columnare* dan *Scleroderma dictyosporum*. Faktor pertama adalah jenis inokulum, yaitu: tablet spora dan granular. Faktor kedua adalah pemberian asam oksalat, yaitu: tanpa pemberian asam oksalat, pemberian 1 minggu sekali, 2 minggu sekali dan 4 minggu sekali.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan akan dilakukan analisis ragam, kemudian nilai tengah perlakuan akan diuji lanjut dengan menggunakan uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

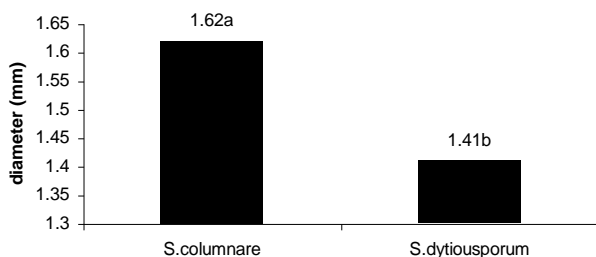
Kapitulasi analisis ragam (Tabel 1) menunjukkan bahwa perlakuan jenis fungi ektomikoriza berpengaruh dalam pertambahan diameter, berat kering total dan persen kolonisasi pada *H. mengarawan*, sedangkan pada pertambahan tinggi dan nisbah pucuk akar tidak berpengaruh nyata. Perbedaan bentuk inokulum berpengaruh nyata pada pertambahan tinggi, dan pengaruhnya sangat nyata pada berat kering total, nisbah pucuk akar, dan persen kolonisasi yang terbentuk. Pemberian asam oksalat hanya mempengaruhi persen kolonisasi, sementara interaksi antara inokulum dan asam oksalat tidak memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan kolonisasi.

Tabel 1. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh perlakuan terhadap parameter pertambahan tinggi, pertambahan diameter, berat kering total, nisbah pucuk akar, dan persen kolonisasi.

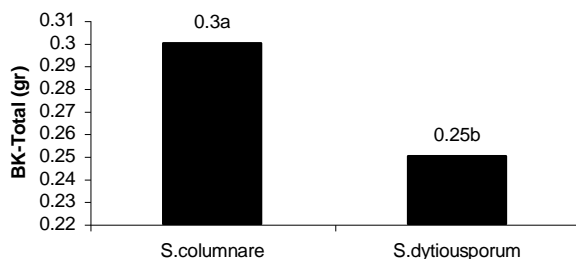
Perlakuan	Pertam bahan tinggi	Pertam bahan diameter	Berat kering-total	Nisbah pucuk akar	Koloni sasi (%)
Jenis fungi	tn	**	*	tn	**
Bentuk inokulum	*	tn	**	**	**
oksalat	tn	tn	tn	tn	**
Inokulum x oksalat	tn	tn	tn	tn	tn

### Jenis Fungi

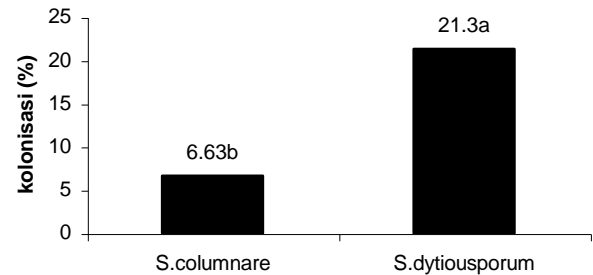
Perbedaan jenis fungi berpengaruh pada pertambahan diameter, berat kering total dan persen kolonisasi. *S. columnare* mampu meningkatkan pertambahan diameter lebih tinggi dibandingkan *S. dictyosporum* (Gambar 1). Begitu pula pada berat kering total tanaman (Gambar 2). Namun, pada persen kolonisasi, asosiasi yang dibentuk *S. columnare* tidak sebaik *S. dictyosporum*, perbedaannya mencapai tiga kali lipat (Gambar 3).



Gambar 1. Pengaruh jenis fungi terhadap pertambahan diameter tanaman *H. mengarawan*.



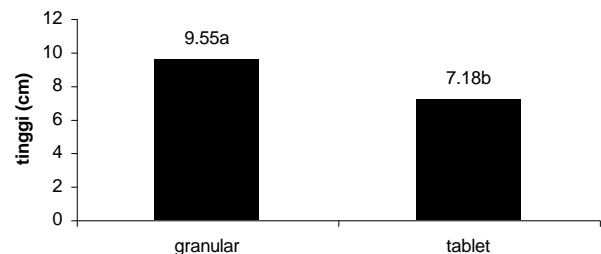
Gambar 2. Pengaruh jenis fungi terhadap berat kering total tanaman *H. mengarawan*.



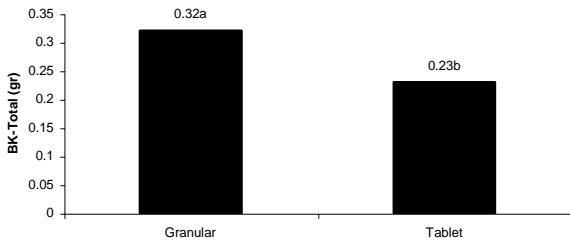
Gambar 3. Pengaruh jenis fungi terhadap persen kolonisasi ektomikoriza pada tanaman *H. mengarawan*.

### Bentuk inokulum

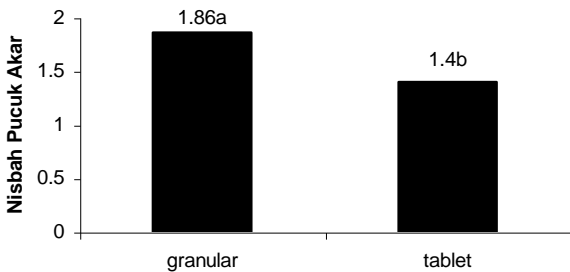
Bentuk inokulum memberikan pengaruh yang nyata pada pertambahan tinggi, dan sangat nyata pada berat kering total, nisbah pucuk akar dan persen kolonisasi. Bentuk inokulum granular mampu meningkatkan pertambahan tinggi tanaman lebih baik dibandingkan bentuk inokulum tablet (Gambar 4). Berat kering total tanaman yang dihasilkan oleh tanaman yang diberi inokulum dalam bentuk granular lebih baik hasilnya dibandingkan dengan tablet (Gambar 5). Demikian pula pada nisbah pucuk akar, yang menggambarkan perbandingan antara bagian pucuk dengan akar tanaman yang terbentuk, menunjukkan bahwa bentuk inokulum granular lebih efektif dibandingkan tablet (Gambar 6). Sementara kolonisasi yang terbentuk di akar dengan inokulum granular mencapai tiga kali lipat lebih besar dibandingkan dengan inokulum tablet (Gambar 7).



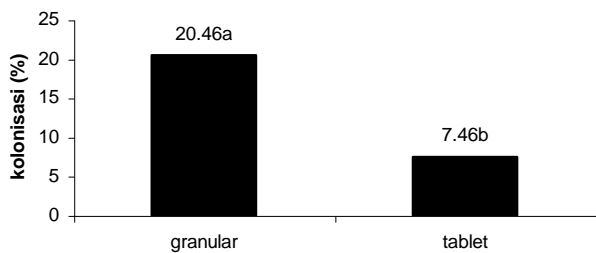
Gambar 4. Pengaruh bentuk inokulum ektomikoriza terhadap pertambahan tinggi tanaman *H. mengarawan*.



Gambar 5. Pengaruh bentuk inokulum terhadap berat kering total tanaman *H. mengarawan*.



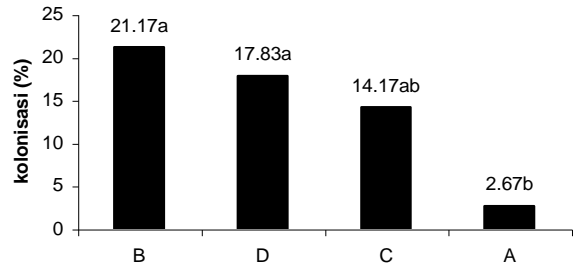
Gambar 6. Pengaruh bentuk inokulum terhadap nisbah pucuk akar pada *H. mengarawan*.



Gambar 7. Pengaruh bentuk inokulum terhadap persen kolonisasi ektomikoriza pada akar tanaman *H. mengarawan*

**Aplikasi Asam Oksalat**

Asam oksalat yang merupakan salah satu jenis asam organik yang banyak ditemukan di lantai hutan. Aplikasi asam oksalat melalui penyiraman hanya berpengaruh pada persen kolonisasi mikoriza pada akar tanaman. Aplikasi asam oksalat meningkatkan kolonisasi ektomikoriza pada akar dibandingkan dengan tanpa aplikasi asam oksalat (Gambar 8). Aplikasi yang memberikan hasil yang terbaik adalah pemberian asam oksalat setiap satu minggu.



Keterangan:

- A : tanpa pemberian asam oksalat
- B : Pemberian asam oksalat seminggu sekali
- C : Pemberian asam oksalat 2 minggu sekali
- D : Pemberian asam oksalat 4 minggu sekali

Gambar 8. Pengaruh aplikasi asam oksalat pada persen kolonisasi akar *H. mengarawan*.

**Pembahasan**

Perbedaan bentuk inokulum ektomikoriza tampaknya merupakan faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan ektomikoriza pada tanaman *H. mengarawan*. Bentuk granular tampaknya lebih mampu dan cepat memberikan pengaruh dibandingkan dengan inokulum dalam bentuk tablet. Walaupun pembawa spora kedua bentuk ini sama-sama tanah liat, namun dengan bentuknya yang lebih kecil membuat luas permukaan yang jauh lebih besar, sehingga kemungkinan untuk menempel pada akar juga lebih besar dibandingkan dengan bentuk tablet yang membutuhkan waktu beberapa lama untuk melarutkan pembawa spora sehingga spora yang terkandung didalamnya dapat terlepas dan berinisiasi dengan akar tanaman. Hubungan ini tampaknya juga sangat dipengaruhi oleh bentuk akar tanaman *H. mengarawan*, bentuk akar sangat kecil dan halus, sehingga aplikasi bentuk inokulum yang tepat adalah yang dapat segera menyebar merata di sela-sela akar agar kemungkinan terjadi kontak antara spora dan akar sekunder lebih besar. Menurut Hadi (2000), salah satu faktor penting dalam pembentukan asosiasi ektomikoriza antara akar dan fungi adalah bentuk akar, akar yang luas dan banyak akan memiliki kemungkinan luas permukaan kontak yang lebih besar untuk bertemu spora yang kompatibel.

Perbedaan jenis inokulum juga tampaknya berpengaruh terhadap kesesuaian terhadap tanaman. *S. dictyosporum* tampaknya dapat berisimbiosis dengan baik dibandingkan dengan *S. columnare*. Menurut Rinaldi *et al.*, (2008), fungi ektomikoriza memiliki spesifisitas tanaman inang yang tinggi. Di

dunia diperkirakan terdapat sekitar 20—25.000 jenis fungi ektomikoriza namun jumlah tanaman inang yang dapat bersimbiosis dengan fungi ektomikoriza hanya sekitar 8000 jenis. Bruns *et al.*, (2002) menyatakan bahwa spesifisitas terhadap tanaman inang dimungkinkan oleh (1) kecepatan pertemuan antara akar tanaman dengan fungi ektomikoriza yang sesuai, yang juga berhubungan dengan kecepatan perkecambahan spora fungi ektomikoriza dan (2) besar kecilnya permintaan karbohidrat oleh fungi terhadap tanaman, yang berhubungan dengan jumlah N dan P yang dapat ditranslokasikan oleh fungi untuk tanaman.

Mollina *et al.*, (1992) membagi fungi menjadi tiga kategori berdasarkan kisaran tanaman inang, yaitu: "sempit", jika fungi ektomikoriza hanya dapat bersimbiosis dengan satu genus tanaman dalam satu family, "Intermediate", bila fungi hanya membentuk simbiosis dengan satu family tanaman inang, dan "luas" bila fungi ektomikoriza dapat membentuk simbiosis dengan berbagai tanaman dari famili, order, bahkan kelas yang berbeda.

Sebaliknya, sebagian besar tanaman yang menjadi inang bagi fungi ektomikoriza memiliki spesifisitas yang rendah terhadap fungi ektomikoriza, sehingga banyak ditemukan bahwa satu tanaman inang dapat bersimbiosis dengan berbagai jenis fungi ektomikoriza pada waktu yang berbeda (Kennedy *et al.*, 2009), maupun secara bersama-sama (Bruns 1995; Richard *et al.*, 2004; Hedh *et al.*, 2009). Spesifisitas tanaman inang yang rendah ini memberikan keuntungan bagi tanaman, karena akan meningkatkan peluang akar untuk menemukan koloni yang sesuai dan juga dapat membentuk simbiosis dengan berbagai fungi yang memiliki atribut fisiologi yang berbeda, yang akan menambah akses menuju nutrisi (Mollina *et al.*, 1992). Hal ini diduga berkaitan dengan fungsi masing-masing fungi ektomikoriza, menurut Smith dan Read (2008) diduga walaupun setiap fungi ektomikoriza memiliki fungsi umum yang sama, namun masing-masing memiliki keunggulan atau spesifisitas dalam fungsi tertentu.

Kedua jenis fungi *Scleroderma* ini sesungguhnya telah banyak diteliti mampu berasosiasi dengan berbagai jenis Dipterocarpaceae (Turjaman *et al.*, 2005, Turjaman *et al.*, 2006, Riniarti *et al.*, 2005, Tata 2001, Prameswari, 2005). Bila dilihat pada hasil analisis pertumbuhan tampaknya *S. columnare* memberikan pengaruh yang lebih baik, namun bila kita hubungan dengan kolonisasi yang terjadi tampaknya hal ini disebabkan oleh efek kebalikan dari ektomikoriza. Pada awal terbentuknya kolonisasi ektomikoriza pada akar tanaman, umumnya sebagian besar karbon hasil

fotosintesis akan dikirim ke akar untuk menunjang keberhasilan terbentuknya asosiasi tersebut, sehingga menurut Supriyanto (1999) diduga hal ini yang menyebabkan pertumbuhan pucuk menjadi terhambat selama beberapa waktu hingga kolonisasi ini cukup kuat, setelah itu fungi akan bekerja dan membantu tanaman dalam pencarian unsur hara dan air sehingga umumnya tanaman yang bermikoriza akan jauh lebih baik pertumbuhannya dan kesehatannya. Walaupun pada awalnya tampak lebih lambat. Selain itu menurut Mollina *et al.*, (1992) dan Kimmel dan Salant (2006) adanya konsep "economical C", yaitu perbandingan jumlah C yang dibutuhkan oleh fungi dengan N dan P yang dihasilkan oleh fungi tersebut bagi tanaman. Hal ini didukung oleh penelitian Wiemken *et al.*, (2002) yang menemukan bahwa ada korelasi antara jumlah P yang ditransfer oleh fungi kepada tanaman inang dengan jumlah karbohidrat yang ditransfer oleh tanaman inang ke fungi simbiotiknya.

Pemberian asam oksalat memberikan pengaruh terhadap percepatan kolonisasi ektomikoriza yang terjadi. Hal ini sesuai dengan pendapat Bhatti (1998) yang menyatakan bahwa beberapa asam organik mendukung perkembangan ektomikoriza di dalam tanah. Frekuensi pemberian juga tampaknya mempengaruhi percepatan kolonisasi, dari hasil penelitian di dapat bahwa dengan pemberian asam oksalat setiap minggu perkembangan ektomikoriza yang terjadi lebih baik.

Walaupun kolonisasi sudah terbentuk, namun tampaknya persentase yang masih sangat kecil menyebabkan belum terbentuknya hartig net dan mantel pada akar tanaman. Hal ini menegaskan bahwa kolonisasi masih dalam tahap perkembangan, sehingga kontribusi ektomikoriza pada tanaman masih sangat kecil.

## KESIMPULAN

Inokulum dalam bentuk granular lebih sesuai untuk diaplikasikan pada tanaman *H. mengarawan*. Jenis cendawan *S. dictyosporum* tampaknya lebih berkesesuaian terhadap tanaman *H. mengarawan* dibandingkan dengan *S. columnare* Pemberian asam oksalat sekali seminggu dapat mempercepat kolonisasi ektomikoriza

## DAFTAR PUSTAKA

Allen, M.F., Swenson, W., Querejeta, J.J., Warburton, L.M.E., Treseder, K.K. 2003. Ecology of

- mycorrhizae: A conceptual framework for complex interactions among plants and fungi. *Annu Rev Phytopathol* 41:271–303.
- Anonim. 2006. Mushroom in Asia. [www.edinburgh.ceh.ac.uk/tropica/vietmushManintro.pdf](http://www.edinburgh.ceh.ac.uk/tropica/vietmushManintro.pdf). [4 April 2006].
- Bhatti, J.S., Comerford, N.B., Johnston, C.T. 1998. Influence of Oxalate and Soil Organic Matter on Sorption and Desorption of Phosphate onto a Spodic Horizon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1089–1095.
- Brearily, F.Q., Scholes, J.D., Press, C.M., Palfner, G. 2007. How does light and phosphorus fertilization affect the growth and ectomycorrhizal community of two contrasting dipterocarp species. *Plant Ecol* 192:237–249.
- Bruns, T.D., Bidartondo, M.I., Taylor, D.L. 2002. Host specificity in ectomycorrhizal communities: What do the exceptions tell us?. *Integ and Comp Biol* 42:352–359.
- Bruns, T.D. 1995. Thoughts on the processes that maintain local species diversity of ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 170:63–73.
- Cannon, J.P., Allen, E.B., Allen, M.F., Dudley, L.M., Jurinak, J.J. 1995. The Effect of Oxalate Produced by *Salsola tragus* on the Phosphorus Nutrition of *Stipa pulchra*. *Ecologia* 102: 265–272.
- Hadi, S. 2000. Status Ektomikoriza Pada Tanaman Hutan Di Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I, Bogor 15–16 November 1999. Asosiasi Mikoriza Indonesia. Bogor.
- Hedh, J., Johansson, T., Tunlid, A. 2009. Variation in host specificity and gene content in strains from genetically isolated lineages of ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus* s. lat. *Mycorrhiza* 19:549–558.
- Kennedy, P.G., Peay, K.G., Bruns, T.D. 2009. Root tip competition ectomycorrhizal fungi: Are priority effects a rule or an exception? *Ecology* 90:2098–2107.
- Kimmel, M., Salant, S. 2006. The Economics of Mutualism: Optimal utilization of mycorrhizal mutualistic partners by plants. *Ecology* 87:892–902.
- Leake, J., Johnson, D., Donnely, D., Mucle, G., Boddy, L., Read, D. 2004. Network of power and influence: The rule of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Can J Bot.* 82: 1016–1045.
- Lee, S.S., Patahayah, M., Chong, W.S., Lapeyrie, F. 2008. Successful ectomycorrhizal inoculation of two dipterocarp species with a locally isolated fungus in Peninsular Malaysia. *J of Trop. For. Sci.* 20(4):237–247.
- Mollina, R., Massicotte, H., Trape, J.M. 1992. Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: Community ecological consequences and practical application. Di dalam: Allen MF, editor. *Mycorrhizal Functioning*. Pp. 357–423. New York: Chapman and Hall
- Prameswari, D. 2005. Aplikasi beberapa cendawan ektomikoriza untuk meningkatkan pertumbuhan semai *Shorea selanica*. *J Hut Trop* 1:13–18.
- Richard, E., Millot, S., Gardes, M., Selosse, M.A. 2004. Diversity and specificity of ectomycorrhizal fungi retrieved from an old-growth mediterranean forest dominated by *Quercus ilex*. *New Phytol* 166:1011–1023.
- Rinaldi AC, Comandini, O., Kuyper, T.W. 2008. Ectomycorrhizal fungal diversity: Separating wheat from the chaff. *Fungal Diversity* 33: 1–45.
- Riniarti, M., Setiadi, Y., Sopandie, D. 2005. Aplikasi asam organik dan inokulasi ektomikoriza untuk meningkatkan pertumbuhan semai *Shorea pinanga*. *J Hut Trop* 1:25–29.
- Smith, S.E., Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition. London: Academic Press.
- Smits, W.T.M. 1994. *Dipterocarpaceae: Mycorrhizae and Regeneration*. Wageningen: The Tropenbos Foundation.
- Supriyanto. 1999. The Effectiveness of Some Ectomycorrhizal Fungi in Alginate Beads in Promoting the Growth of Several Dipterocarps Seedlings. *Biotropika* 12: 59 – 77.
- Tata, M.H.L. 2001. Pengaruh kebakaran hutan terhadap daya tahan hidup fungi ektomikoriza *Dipterocarpaceae* [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Turjaman, M., Tamai, Y., Segah, H., Limin, S.H., Cha, J.Y., Osaki, M., 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., 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.
- Turjaman, M. 2000. Prospek dan Permasalahan Penggunaan Tablet Spora Ektomikoriza sebagai

Pupuk Hayati untuk Tanaman Kehutanan. Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I. 15 – 16 November 1999. Bogor.

- Wiemken, V., Boller, T. 2002. Ectomycorrhiza: Gene expression, metabolism, and the wood – wide web. *Current Opinion in Plant Biology* 5:1–7.