

NUTRIENTS OBTAINED FROM LEAF LITTER CAN IMPROVE THE GROWTH OF DIPTEROCARP SEEDLINGS

Nutrisi Yang Diperoleh Dari Serasah Daun Meningkatkan Pertumbuhan Semai Dipterocarp

Dipresentasikan Oleh Irwanto

RINGKASAN TABEL GAMBAR STATISTIK LOKASI HASIL ANALISA DISKUSI ECM VAM



© New Phytologist (2003) 160: 101-110

Oleh :

Francis Q. Brearley, Malcolm C. Press and Julie D. Scholes
Departemen Ilmu Pengetahuan Tumbuhan dan Hewan,
Universitas Sheffield, Sheffield S 10 2TN, UK



www.irwantoshut.com

KEY WORDS

Borneo, $\delta^{15}\text{N}$, dipterocarps, ectomycorrhizas, fine root proliferation, leaf litter, seedling growth, nitrogen isotope discrimination, tropical rain forest.



Pendahuluan

- Serasah dapat mempengaruhi pola regenerasi semai di hutan hujan tropis dengan proses yang mempengaruhi lingkungan fisik dan kimia (Facelli & Pickett, 1991).
- Di tingkat perkecambahan benih, serasah dapat menghalangi cahaya, akan menghambat perkecambahan dengan mengubah perbandingan red/far-red (Vazquez-Yanes et al., 1990); hal ini dapat menjadi suatu penghalang fisik untuk kemunculan semai (Molofsky & Augspurger, 1992), terutama untuk jenis small-seeded yang tidak mempunyai suatu persediaan sumber daya besar (Metcalf & Turner, 1998), dan dapat menghambat radicle berkecambah mencapai tanah. Serasah dapat juga mencegah pendeteksian benih oleh pemangsa benih, dengan demikian meningkatkan kesempatan sukses perkecambahan (Cintra, 1997).
- Untuk tanaman pada tingkat semai, serasah dapat menciptakan lingkungan micro setempat berbeda dengan pelepasan nutrisi atau campuran phytotoxic selama pembusukannya, dengan mengurangi erosi lahan dan evapotranspiration (tetapi mungkin juga menahan curah hujan) dan mengurangi temperatur tanah maksimum.



- Serasah juga dapat bertindak sebagai suatu faktor mekanik, merusakkan atau mematikan semai ketika gugur ke tanah (Clark & Clark, 1989; Scariot, 2000). Dapat juga terjadi efek tidak langsung serasah daun, sebagai contoh, kelembaban yang lebih tinggi di dalam lapisan serasah dapat menunjang pertumbuhan jamur pathogens yang dapat kemudian menyerang semai (Garcia-Guzman & Benitez-Malvido, 2003).
- Di dalam hutan hujan tropis tingkat serasah gugur sangat tinggi, dan merupakan jalan siklus hara yang paling penting dalam ecosystems (Vitousek & Sanford, 1986; Proctor, 1987).
- Heterogenitas Serasah meningkat dengan perbedaan tingkat pembusukan daun-daun dari jenis yang berbeda. Heterogenitas serasah pada lantai hutan dapat menciptakan relung regenerasi berbeda (sensu Grubb, 1977) dan karenanya membantu menyumbangkan keanekaragaman jenis yang begitu tinggi dalam hutan hujan tropis.



- Walaupun fosfor sering dianggap sebagai nutrisi utama yang membatasi (Vitousek, 1984), ada juga bukti pentingnya Magnesium (Burslem et al, 1996; Gunatilleke et al, 1997) dan nitrogen (Bungard et al, 2000).
- Tumbuh-tumbuhan hutan hujan tropis lebih nyata pembusukan serasah untuk nutrisi sebagai penyedia hara dari pelapukan karena iklim. Oleh karena itu ada kemungkinan bahwa, dalam hutan, variasi utama status nutrisi akan berkaitan dengan variasi masukan nutrisi organik, berasal dari serasah daun.
- Penggunaan nutrisi dari pelapukan serasah mungkin dimudahkan oleh asosiasi ectomycorrhizal (ECM) pada semai dipterocarp.
- Banyak jamur ECM dapat menggunakan sumber fosfor dan nitrogen organik (Abuzinadah & Read, 1986; Hilger & Krause, 1989; Finlay et al., 1992; Turnbull et al, 1995; Chalot & Brun, 1998; Sangtiewan & Schmidt, 2002) dan sesudah itu memindahkan nutrisi ini kepada tumbuhan inangnya (Finlay et al., 1992; Turnbull et al, 1995; Perez-Moreno & Read, 2000, 2001; Tibbett & Sanders, 2002).



- Meskipun demikian, ada laporan ekstraks dari serasah daun menyebabkan terhambat pertumbuhan ECM in vitro (Rose et al., 1983; Baar et al., 1994; Koide et al., 1998) dan penambahan serasah juga mendorong pengurangan formasi ECM pada Douglas (*Pseudotsuga menziesii Pinaceae*) sejenis cemara (Rose et al., 1983) dan semai Cemara Merah (*Pinus resinosa Pinaceae*) (Koide et al., 1998).
- Di dalam tulisan ini diuji peran nutrisi potensial yang dikandung dalam serasah pada pertumbuhan semai dipterocarp.
- Secara rinci, diuji dua hipotesis: apakah penambahan serasah daun pada medium pertumbuhan meningkatkan pertumbuhan semai dipterocarp; dan apakah ada pengaruh penambahan serasah pada struktur komunitas dan kolonisasi ectomycorrhizal pada semai dipterocarp?
- Sebagai tambahan, dilaporkan nilai $\delta^{15}\text{N}$ foliar sebagai ukuran pemakaian nitrogen serasah potensial.



Lokasi Studi

Studi dilaksanakan pada daerah Sabah Pusat Riset Ilmu Kehutanan Departemen Kehutanan. Lokasi Pusat Riset Hutan seluas 4294 ha Kabili-Sepilok, Hutan Cadangan Sabah Timur (Kalimantan, Malaysia) (5°52' N, 117°56' E). Area iklim tropis basah menerima kurang lebih 3000 mm curah hujan tiap tahun. Lebih banyak bulan menerima >100 mm hujan, tetapi dalam beberapa tahun ada bulan kering di sekitar April Rata-Rata temperatur harian pada Pelabuhan Udara Sandakan (c.11 km ketimur) adalah 23.8°C sampai 31.3°C dan lebih besar variasi harian dibanding variasi tahunan.



Spesies Studi

Dipilih tiga spesies dengan ekologi berbeda.

- ❖ *Parashorea tomentella* (Symington) Meijer adalah jenis relatif *light-demanding*, yang umum pada hutan dataran rendah (< 200 m) Kalimantan Utara Timur. Pohonnya sangat besar, pohon *light hardwood* dan digunakan secara ekstensif.
- ❖ *Hopea nervosa* King adalah jenis *tolerant naungan*, jenis *medium hardwood*. Jenis umum pada Kalimantan Utara, tetapi jarang digunakan untuk kayu oleh karena strature kecil.
- ❖ *Dryobalanops lanceolata* Burck adalah suatu jenis *toleran naungan*, walaupun dapat survive di bawah kondisi-kondisi cahaya tinggi. Dapat tumbuh menjadi suatu ukuran sangat besar bila ditemukan pada lahan yang relatif lebih subur di Kalimantan Utara. Merupakan jenis *medium hardwood*, yang biasanya digunakan untuk kayu pertukangan.



Kondisi-Kondisi Pertumbuhan

- ❖ Semai *H. nervosa* dan *D. lanceolata* umur dua tahun dan semai *P. tomentella* umur satu tahun (berasal dari benih diperoleh dari Area Konservasi Lembah Danum atau Hutan Cadangan Kabili-Sepilok, Sabah) ditanam ke dalam 1.2 L pot plastik berisi tanah aluvium dari Hutan Konservasi Kabili-Sepilok (disaring untuk c. 1 cm). Semua semai mengandung ECM ketika ditanam.
- ❖ Semai ditempatkan pada empat replicate shadetable di Kebun Pusat Riset Hutan di bawah jaring peneduh densitas netral transmisi 20% pada cahaya matahari penuh (di atas 8.1 mol m⁻² day⁻¹). Ada tiga ulangan dari tiap jenis/kombinasi perlakuan tiap tabel, menjadi total 12 ulangan.
- ❖ Semai telah tumbuh selama 10 bulan dan penyiraman oleh curah hujan alami. Pada saat tidak ada curah hujan, semai disiram sampai tanah dalam pot jenuh.



Pengumpulan Serasah, Penambahan dan Analisa

- o Serasah dikumpulkan dari hutan tanah alluvial Hutan Cadangan Kabili-Sepilok Agustus 2001, sebelum eksperimen dimulai.
- o Daun-Daun segar yang gugur dicampur, dan diacak, pemilihan jenis dikumpulkan secara langsung dari tanah, kering udara dan mencincang kurang lebih 3 cm².
- o Sepuluh gram penambahan serasah untuk semai dari tiap jenis; yang telah ditambahkan separuh bagian atas dari tiap pot.
- o Serasah ditanamkan di dalam tanah untuk mencegah pengeringan dan mendorong microbial pembusukannya.



- o Proctor (1984) and Bagchi (2002) menyajikan data untuk 20 lokasi Hutan Hujan Dataran Rendah Asia Tenggara, yang mempunyai rata-rata 9.4 ton ha⁻¹ year⁻¹ untuk total serasah gugur.
- o Sepuluh ton ha⁻¹ year⁻¹ adalah setara dengan 1 kg m⁻².
- o Luas permukaan pot eksperimen adalah 50 cm², diharapkan luas ini menerima 5 gram serasah tiap tahun secara alami. Oleh karena itu, penambahan 10 gram kira-kira dua kali lipat yang akan dilihat di alam, tetapi memberi variabel alami yang tinggi dari serasah yang gugur, pasti tidak tak realistis.



- o Duapuluh sampel acak serasah dianalisa untuk Konsentrasi P, K, Ca dan Mg yang mengikuti penyerapan di dalam salisil/sulphuric acid mix (33 g l⁻¹) dengan suatu litium sulphate/copper sulfat (perbandingan 10 : 1) katalisator (Tabel 1).
- o Fosfor dianalisa pada Auto-Analyser (Tecator 5042 Detektor dan 5012 Penganalisa, Foss UK Ltd, Didcot, UK) menggunakan ammonium molybdate-stannous metoda klorid (Tecator Ltd, 1983).
- o Kalium, Ca dan Mg dianalisa oleh Spectrophotometry Penyerapan Atomis (Perkin-Elmer 2100 Spektrofotometer Penyerapan Atomis, Beaconsfield, UK).
- o Sepuluh sampel c. 1 mg campuran serasah dianalisa untuk persentase nitrogen dan δ¹⁵N setelah menjadi tanah dalam cairan nitrogen (PDZ EUROPA ANCA-GSL preparation modul dihubungkan ke 20-20 massa spectrometer isotop ratio, Northwich, UK).
- o Delapan composit sampel tanah dari Hutan Cadangan Kabili-Sepilok juga dianalisa untuk δ¹⁵N. Isotop Ratio dihitung dengan:

$$\delta^{15}\text{N} (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} \right) \times 1000$$
- o Dimana R adalah perbandingan isotop ¹⁵N/¹⁴N baik contoh maupun standard (nitrogen atmosfer).

Pengukuran Semai

- Pada akhir eksperimen, setelah 10 bulan, semai dipanen, dipisahkan menjadi daun, cabang dan batang utama, akar tap dan fraksi akar halus, dikeringkan pada 80°C untuk 48 jam dan masing-masing fraksi ditimbang.
- Luas Daun dihitung dgn mengukur lebar dan panjangnya dari tiap daun dalam mm dan menggunakan persamaan regression untuk menentukan luas daun dalam cm.
- Luas daun *P. tomentella* = 0.762+ (0.00670 x panjangnya x lebar) (r²= 98%);
- Luas daun *H. nervosa* = 0.00751 x panjangnya x lebar (r²= 97%; Leakey, 2002);
- Luas daun *D. lanceolatu* = -0.28+ (0.00700 x panjangnya x lebar) (r²=99%; Bungard et al., 2002).

- Daun-daun termuda yang berkembang dari ketiganya diambil dari masing-masing semai dan diukur N, P, K, Ca dan Mg pada suatu contoh bagian kecil dari masing-masing daun seperti diuraikan di atas.
- Daun-Daun juga dianalisa untuk δ¹⁵N seperti cara di atas.
- Kira-kira sepertiga contoh daun dianalisa dalam rangkap dua untuk δ¹⁵N dan rata-rata standart deviasi relatif adalah 0.22 ‰.
- Luas daun spesifik pada ketiga daun-daun yang sama dihitung dengan pembagian luas dengan berat individunya.

Ectomycorrhizas

- Persentase Kolonisasi Ectomycorrhizal (% ECM) pada akar-akar halus (fine root) dihitung persentase dari banyaknya ujung akar yang ke luar ECM dari suatu total c.150-200 ujung akar untuk tiap semai. Komunitas ECM diuji pada delapan semai per jenis / kombinasi perlakuan.
- Morphotypes dikenali dari analisis corak yang menyolok (pola percabangan, warna, tekstur mantel, kehadiran hyphae, dll.), mantel dan karakteristik hyphal diuji melalui mikroskop menggunakan squashing (Ingleby et al., 1990) dan teknik kikisan (Agerer, 1991).
- Index keanekaragaman Shannon-Wiener (H') dihitung untuk komunitas ECM pada tiap semai yang menggunakan persamaan ini:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$
- Di mana s = jumlah morphotypes dan P_i = Kelimpahan ith morphotype dinyatakan sebagai proporsi total kolonisasi ujung akar.

- Index Kemerataan Berger-Parker (d) dihitung untuk komunitas ECM pada tiap semai dengan menggunakan persamaan ini.

$$d = 1 - \left[\frac{N_{\text{max}}}{N} \right]$$

- Dimana N_{max} adalah persentase dari ujung akar dengan morphotype yang paling berlimpah dan N adalah total persentase kolonisasi ujung akar.

Statistik

- o Dua cara Anovas, yang dihasilkan oleh modeling linier umum, dilaksanakan menggunakan jenis dan perlakuan sebagai faktor yang utama.
- o Dalam kaitan dengan perbedaan heterogen antar jenis, konsentrasi nutrisi dan δ¹⁵N foliar dianalisa menggunakan Uji-t didalam setiap jenis (suatu t-test one-tailed digunakan untuk δ¹⁵N ketika kita menghipotesakan suatu penurunan δ¹⁵N dengan penambahan serasah; ini adalah sebab serasah δ¹⁵N dengan nyata lebih negatif dibanding tanah δ¹⁵N).
- o Korelasi antar δ¹⁵N dan persentase ECM dilaksanakan menggunakan Pearson's product moment correlation coefficient.
- o Semua analisa statistik dilakukan menggunakan Minitab 12.2 (Minitab Inc., Perguruan Tinggi Negeri, Pennsylvania, AS).

Hasil

- ❑ Penambahan Serasah meningkat biomass *H. nervosa* sebesar 60%, *P. tomentella* sebesar 20% dan *D. lanceolata* sebesar 10% ($F_{1,59}=9.74$, $P=0.003$; Gambar. 1a).
- ❑ Penambahan Serasah juga meningkat luas daun dari semua ketiga jenis untuk *P. tomentella*, *H. nervosa*, dan *D. lanceolata*, berturut-turut sebesar 55%, 40% dan 25% ($F_{1,59}=16.79$, $P<0.001$; Gambar. 1b).
- ❑ Meningkatnya pertumbuhan tidaklah disertai oleh perubahan apapun dalam luas daun spesifik (Tabel 2).
- ❑ Penambahan serasah mempunyai pengaruh kecil pada alokasi biomass antar daun, batang dan jaringan akar (Tabel 2), walaupun tanggapan langsung bervariasi antar jenis, dan tidak ada dampak keseluruhan pada perbandingan akar: tunas yang diamati (Tabel 2).
- ❑ Hal yang menarik kebanyakan disini adalah peningkatan di dalam proporsi alokasi biomass ke akar halus, yang walaupun suatu fraksi yang kecil dari total biomass, menunjukkan suatu peningkatan nyata dalam respon penambahan serasah pada *H. nervosa*, *D. lanceolata* dan *P. tomentella* berturut-turut 35%, 25% dan 15%, ($F_{1,59}=7.71$, $P=0.007$; Tabel 2).



- ❑ Penambahan serasah tidak punya pengaruh nyata terhadap konsentrasi N, P, K, Mg atau Ca pada daun-daun semai (Tabel 1).
- ❑ Jenis berbeda dalam konsentrasi nutrisi foliar, kadang-kadang lebih dari dua kali lipat (Tabel 1).
- ❑ Pengukuran $\delta^{15}N$ mengungkapkan suatu perbedaan nyata dalam signature isotop pada tanah dan serasah yang dipergunakan dalam eksperimen, dengan nilai-nilai berturut-turut 8.54‰ dan 4.48‰ ($t_{16}=3.35$, $P=0.040$; Gambar. 2).
- ❑ Analisa material daun menunjukkan untuk kedua-duanya *D.lanceolata* dan *H. nervosa*, penambahan serasah mengakibatkan pengaruh nyata lebih rendah nilai-nilai $\delta^{15}N$ berturut-turut, 1.49‰ dan 0.73‰ (*D. lanceolata*: $t_{17}=2.47$, $P=0.012$; *H. nervosa*: $t_{14}=1.69$, $P=0.057$; Gambar. 2), menggambarkan suatu pengadaan nyata nitrogen dari penambahan serasah. Sebagai pembandingan, tidak ada perbedaan dalam pengamatan daun-daun *P. tomentella* ($t_{21}=0.05$, $P=0.48$; Gambar. 2).



- ❑ Tidak ada efek penambahan serasah pada total persentase kolonisasi ECM ($F_{1,59}=0.98$, $P=0.33$; Tabel 3) walaupun perbedaan diamati di antara ketiga jenis studi: *H. nervosa* menunjukkan suatu kolonisasi ECM lebih besar (c.80%) dibanding *P. tomentella* (c.70%), kedua-duanya yang menunjukkan suatu kolonisasi yang lebih besar dibanding *D. lanceolata* (c.55%) ($F_{2,59}=23.02$, $P=0.001$; Tabel 3).
- ❑ Kombinasi jenis dan hasil perlakuan suatu korelasi nyata negatif antar $\delta^{15}N$ foliar dan persentase kolonisasi ECM ($r=-0.467$, $P=0.001$; Gambar. 3), menggambarkan suatu peran untuk ECMS di dalam meningkatkan pengadaan nitrogen hasil serasah.
- ❑ Total dari 11 morphotypes (dan satu fungal endophyte) diidentifikasi pada akar semai dipterocarp (Tabel 3).



- ❑ Ada efek mengemuka pada penambahan serasah pada struktur komunitas ECM. Keanekaragaman ECM dan kemerataan adalah kedua-duanya menurun setelah penambahan serasah (Keanekaragaman: $F_{1,44}=5.21$, $P=0.027$; Kemerataan: $F_{1,44}=5.95$, $P=0.019$; Tabel 3).
- ❑ Dampak serasah pada struktur komunitas yang muncul menjadi pengaruh utama oleh perubahan proporsi kolonisasi ujung akar oleh spesies umum yang kedua, *Cenococcum geophilum* Fr. (*Elaphomycetaceae*). *C. geophilum* menunjukkan suatu pengurangan nyata di dalam kolonisasi dengan penambahan serasah ($F_{1,44}=21.70$, $P=0.001$; Tabel 3), pengurangan ini menurun dua kali lipat di dalam *P. tomentella*, sekitar dua kali lipat pada *H. nervosa* dan delapan kali lipat pada *D.lanceolata*. *Morphotype* yang paling umum, *Inocybe* Spp. (*Cortinariaceae*), menunjukkan tidak ada tanggapan untuk penambahan serasah ($F_{1,44}=0.15$, $P=0.702$; Tabel 3).



Bagaimana penambahan serasah mempengaruhi performance dan pertumbuhan semai ?

- ❑ Efek penambahan serasah daun pada performance dan pertumbuhan semai telah dipelajari dalam semai neotropical di dalam jenis yang dimiliki arbuscular mycorrhizas (AM); jenis ECM tropis menerima sangat sedikit perhatian mengenai ini.
- ❑ Hasil kami konsisten dengan studi lain jenis AM yang menemukan efek pada serasah menjadi jenis spesifik (Guzman-Grales & Walkeri, 1991; Molofsky & Augspurger, 1992; Benitez-Malvido & Kossmann-Ferraz, 1999; Ganade & Coklat, 2002). Semua studi ini menunjukkan suatu peningkatan di dalam pertumbuhan dengan penambahan serasah untuk beberapa studi jenisnya, sedangkan lain jenis tidak menunjukkan suatu tanggapan yang berarti.



- ❑ Hal ini juga nampak bentuk successional itu berhubungan erat pada tanggapan semai untuk penambahan serasah, dengan jenis successional akhir biasanya menunjukkan suatu respon yang positif. Ini mungkin akan terjadi sebab jenis successional akhir biasanya mempunyai benih lebih besar dan karena cadangan lebih besar untuk muncul dari dalam lapisan serasah
- ❑ Hanya saja studi penambahan serasah menggunakan jenis dipterocarp pada Suhardi et al. (1992), yang menemukan penambahan serasah rumput, alang-alang (*Imperata cylindrica* Poaceae), mengurangi persentase ECM (terutama di bawah radiasi lebih tinggi) dan keseluruhan pertumbuhan dari *Shorea Bracteolata*, tetapi ini mungkin ada kaitan dengan allelopathic alami *Imperata cylindrica* (Brook, 1989; Suhardi, 2000).



- ❑ Hasil ini dapat dibandingkan dengan eksperimen penambahan nutrisi inorganik lain dengan jenis dipterocarpaceae. Sejumlah studi menunjukkan suatu peningkatan di dalam biomass pada jenis *Dryobalanops* paling sedikit 30% dengan penambahan N, P dan K (Sundralingham, 1983; Yap & Moura-Costa, 1996; Yap et al., 2000; E Q Brearley, data tak diterbitkan) sampai > 200% (Nussbaum et al, 1995) pada lahan terdegradasi. Bungard et al. (2002) tidak melihat suatu respon pertumbuhan ketika penambahan N, P dan K pada *D. lanceolata* di bawah tegakan hutan, tetapi ada perubahan dalam fisiologi photosynthetic, dengan suatu peningkatan induksi photosynthetic.
- ❑ Di dalam studi Yap & Moura-Costa (1996), Yap et al. (2000) dan Bungard et al. (2002), nampak nitrogen adalah yang utama membatasi nutrisi untuk pertumbuhan *D. lanceolata*.
- ❑ Di dalam studi kami ditemukan tidak ada perbedaan dalam konsentrasi nutrisi foliar antar perlakuan, oleh karena itu tidak diperoleh kesimpulan mendalam kemungkinan pembatasan nutrisi. 😊

- ❑ Jenis *Dryobalanops* pasti mampu bereaksi terhadap penambahan nutrisi oleh suatu peningkatan besar dalam pertumbuhan. Mungkin pada tingkat infeksi ECM yang lebih sedikit pada *D. lanceolata* tidak efektif memanfaatkan materi organik.
- ❑ Peningkatan di dalam alokasi ke biomass akar halus (fine root) dari semua tiga jenis dengan penambahan serasah sangat menarik seperti akar sering berkembang dalam tambalan pengayaan dengan nutrisi organik (St. Yohanes et al., 1983B; Blair & Perfecto, 2001).
- ❑ Ini berbeda dengan tanggapan akar ketika nutrisi ditambahkan dalam solusi, yang akan kiranya tersebar melewati medium pertumbuhan dan menaikkan kesuburan tanah tersebut, terlebih yang seragam. Burslem et al. (1996) menemukan pengurangan di dalam perbandingan akar lateral (perbandingan dari akar halus menjadi biomass akar), untuk dua jenis dipterocarp ketika nutrisi ditambahkan dalam cara ini. 😊

Bagaimana penambahan serasah mempengaruhi struktur komunitas dan kolonisasi ectomycorrhizal?

- ❑ Agaknya tak terduga bahwa tidak ditemukan perubahan apapun persentase ECM dalam perlakuan penambahan sebagaimana banyak studi dilaporkan suatu peningkatan kolonisasi mycorrhizal dan suatu asosiasi hyphae mycorrhizal dengan tambalan serasah, e.g. Rose & Paranka (1987) menemukan kolonisasi AM menjadi lebih tinggi pada lapisan serasah dan humus suatu hutan tropis di Brazil dan St. John et al. (1983A) dan Hodge et al. (2001) juga menemukan hyphae AM yang telah berasosiasi dengan tambalan materi organik dalam pot eksperimen.
- ❑ Penemuan serupa telah dilaporkan oleh Read (1991) dimana hyphae ECM berasosiasi dengan tambalan lokalisir dari materi organik tetapi tidak berpengaruh ketika garam mineral inorganik ditambahkan. Pada eksperimen Perez-Moreno & Read (2000, 2001) ada sedikit pengurangan di dalam persentase ECM dengan penambahan serasah atau perlakuan pollen tetapi suatu asosiasi yang sangat jelas pada hyphae dengan tambalan material organik. 😊

- ❑ Malajczuk & Hingston (1981) dan Reddell & Malajczuk (1984) juga menemukan bahwa *C. geophilum* pada akar Pohon Eucalyptus *Marginata* (*Myrtaceae*) ditemukan sebagian besar di dalam mineral tanah dibanding pada lapisan serasah, tetapi ini berbeda dengan Fransson et al. (2000) dan Jonsson et al (2000) yang menemukan *C. geophilum* lebih banyak pada lapisan serasah. Pekerjaan sangat teliti dilaksanakan pada ekologi berbagai jamur ECM dan tidak jelas mengapa ini kelihatannya berlawanan respon diperoleh.
- ❑ *C. geophilum* bisa menggunakan sumber nitrogen organik kompleks in vitro (Abuzinadah & Read, 1986; Lilleskov et al., 2002) tetapi pengaruh dari variasi phenolic dan volatiles dapat mengurangi respirasi dan tingkat pertumbuhan (Pellissier, 1993; Boufalis & Pellissier, 1994; Koide et al, 1998). 😊

- ❑ Serasah daun mungkin mempertahankan kelembaban dan karena itu sepertiga kemungkinan bahwa *C. geophilum* berasosiasi dengan mineral tanah sebagaimana adanya lebih mungkin untuk pengeringan, terutama di dalam wilayah dimana mungkin ada suatu lingkungan sedikit lebih kering dan lebih panas dibanding dalam hutan.
- ❑ Worley & HacsKaylo (1959) dan Piggott (1982) keduanya menunjukkan bahwa *C. geophilum* bertahan terhadap posisi pengeringan yang baik dan mungkin saja bahwa jenis ini memperoleh suatu manfaat kompetisi pada tanah lebih kering.
- ❑ Nampak bahwa ada suatu keseimbangan baik antara muatan nutrisi, muatan phenolic, dan kemampuan menahan kelembaban pada serasah daun yang mempengaruhi kelimpahan dari jamur ECM yang berbeda. 😊

- ❑ Suatu perubahan di dalam struktur komunitas tumbuhan dan pengurangan keanekaragaman dilihat untuk studi pemupukan lain dimana jenis yang paling responsive untuk penambahan nutrisi out-compete dan mendominasi jenis yang lebih sedikit responsive (e.g. Huenneke et al., 1990; Press et al., 1998).
- ❑ Tanggapan komunitas ECM dibawah tanah kurang jelas untuk peningkatan nutrisi, seperti beberapa studi ditemukan suatu penurunan keanekaragaman ECM dengan peningkatan nitrogen deposition (Taylor et al, 2000; Lilleskov et al., 2002a), sedangkan yang lain menemukan perubahan lebih kecil sebagai respon atas pemupukan nitrogen (Karen & Nylund, 1997; Jonsson et al., 2000).
- ❑ Taylor et al. (2000) menemukan suatu penurunan dari kelimpahan protein yang digunakan jamur dengan meningkatkan nitrogen inorganik tanah. Sungguh tidak menguntungkan, kemampuan penggunaan protein pada identifikasi jamur dalam studi ini belum diuji maka tidak bisa diramalkan kemungkinan perubahan dengan meningkatkan nitrogen organik tanah. 😊

Apakah implikasi pada perbedaan dalam nilai-nilai $\delta^{15}\text{N}$?

- ❑ Komposisi Isotop Nitrogen pada suatu tumbuhan dapat dipengaruhi pertama-tama oleh perbandingan isotop pada sumber nitrogen dan kedua oleh berbagai mekanisme fisiologis selama pengambilan nitrogen, asimilasi dan recycling di dalam tumbuhan. Lebih lanjut Diskriminasi Isotop sebagai pergerakan nitrogen dari cendawan kepada tumbuhan selama mediasi pengambilan mycorrhizal, dapat juga karena perbandingan isotop menjadi menyimpang dari sumber (Evans, 2001).
- ❑ Eksperimen menunjukkan dua hasil penting mengenai isotop nitrogen fractionation. Yang pertama, dua dari tiga jenis studi menunjukkan suatu yang lebih rendah $\delta^{15}\text{N}$ ketika tersedia sumber an organik nitrogen (serasah daun). Kedua, semai dengan derajat tingkat kolonisasi ECM yang lebih besar menunjukkan suatu $\delta^{15}\text{N}$ yang lebih negatif .
- ❑ Bila permintaan nitrogen melebihi persediaan nitrogen kemudian akan membatasi pertumbuhan, ditunjukkan bahwa $\delta^{15}\text{N}$ pada tumbuhan adalah suatu perkiraan yang baik pada sumber $\delta^{15}\text{N}$ (Hogberg et al, 1999; Evans, 2001). karena di bawah pembatasan nitrogen, suatu tumbuhan perlu mengambil semua nitrogen yang tersedia, tersisa kecil kemungkinan untuk fractionation fisiologis. 😊

- ❑ Di dalam eksperimen ini, $\delta^{15}\text{N}$ tanah c. 4 ‰ lebih negatif dibanding $\delta^{15}\text{N}$ serasah, oleh karena itu diharapkan semai tumbuh dengan penambahan serasah untuk memiliki nilai lebih negatif $\delta^{15}\text{N}$. $\delta^{15}\text{N}$ *H. nervosa* adalah 0.73 ‰ lebih negatif ketika tumbuh dengan penambahan serasah, dan $\delta^{15}\text{N}$ *D. lanceolata* adalah 1.49 ‰ lebih negatif .
- ❑ Asumsi pola fractionation isotop menjadi sama dalam dua perlakuan, dapat dihitung bahwa c. 18 % foliar nitrogen *H. nervosa* diperoleh dari penambahan serasah, dengan *D. lanceolata* diperoleh c. 37 % nitrogennya dari serasah tersebut. Mengapa hanya suatu proporsi kecil nitrogen yang muncul untuk diperoleh dari serasah di dalam *P. tomentella*, mungkin nitrogen banyak tergantung jenis, adalah belum jelas. Nilai 18-37% dibandingkan dengan nilai-nilai 8.5 % yang diperoleh oleh Preston & Mead (1994) mempelajari *Pinus contorta* (Pinaceae) dan 16-21% diperoleh Setala et al, (1996) mempelajari *Populus trichocarpa* (Salicaceae) walaupun ini lebih tinggi daripada 2% yang diperoleh oleh Zeller et al. (2000) yang menguji pohon beech dewasa (*Fagus sylvatica* Fagaceae). 😊

- ❑ Perkiraan, pohon dewasa mempunyai suatu permintaan lebih rendah untuk nitrogen dibanding semai atau, sebagai alternatif, di bawah kondisi-kondisi pot semai tumbuh didorong tingkat mineralisasi nitrogen yang lebih cepat (Zeller et al., 2000).
- ❑ Dapat dikonfirmasi, Nitrogen itu tidaklah disediakan berlebihan dalam eksperimen ini, pertama-tama oleh kekurangan perbedaan dalam foliar nitrogen antara kedua perlakuan, dan kedua bahwa konsentrasi di dalam studi ini dengan jelas nyata lebih rendah daripada yang ditemukan pada pertumbuhan alam di Areal Konservasi Lembah Danum di Hutan Sabah (Bungard et al, 2002).
- ❑ Sejumlah studi terdapat korelasi $\delta^{15}\text{N}$ foliar dengan status mycorrhizal dan kesimpulan, ada akses ke nutrisi yang diperoleh dari serasah. Michelson et al. (1996) menyarankan penggunaan nitrogen organik oleh ECM dan ericoid fungi dapat dihitung $\delta^{15}\text{N}$ yang dihabiskan daun-daun ketika dibandingkan dengan bukan jenis arbuscular mycorrhizal dan jenis arbuscular mycorrhizal. 😊

- ❑ Hasil eksperimen kami adalah konsisten dengan kesan ini, seperti nilai $\delta^{15}\text{N}$ foliar yang lebih rendah dalam perlakuan penambahan serasah, untuk dua dari tiga jenis, memberi kesan yang kuat menyatakan bahwa nitrogen yang mulai dipungut berasal dari sumber organik ini. Di bawah kondisi-kondisi pembatasan nitrogen yang kuat, beberapa jenis bisa menjadi lebih bergantung dengan mycorrhizas.
- ❑ Oleh karena itu, dengan suatu persentase lebih besar ECM, semai bisa menjadi lebih banyak menghabiskan $\delta^{15}\text{N}$ sebagai jumlah lebih besar $\delta^{15}\text{N}$ dihabiskan dalam jaringan fungal dan nitrogen lighter isotopically ditransfer ke tumbuhan (Hobbie et al., 2000) 😊

Apakah yang merupakan implikasi komunitas pada studi ini?

- ❑ Perkecambahan dan establishment pada benih dan semai adalah dua faktor organisasi komunitas tumbuhan yang sangat sensitif untuk kehadiran serasah (Facelli & Pickett, 1991). Hasil kami, bersama-sama dengan hasil dari studi lainnya, menunjukkan variabilitas serasah daun dapat menciptakan berbagai relung/niches regenerasi dengan beberapa jenis lebih mampu menggunakan penyediaan sumber ekstra. Lagipula, pengaruh serasah pada kemunculan semai terjadi karena kekalahan dalam ranking species pada sukses kemunculan (Molofsky & Augsburger, 1992). 😊

- ❑ Ini berarti bahwa jika tingkat serasah gugur meningkat secara konsisten terjadi dalam hutan (barangkali dalam kaitan untuk pemupukan, e.g. Mirmanto et al, 1999) kemudian akan ada perubahan lebih besar di dalam komposisi jenis dibanding jika semua jenis dipengaruhi dalam kebiasaan serupa. Serasah mungkin juga mempengaruhi struktur komunitas tumbuhan melalui suatu cara kompetitif tidak langsung, dengan jalan satu jenis yang kompetitif kuat, dipengaruhi oleh serasah secara negatif, mungkin dapat kalah bersaing dengan jenis lain yang memanfaatkan kehadiran serasah (Facelli, 1994). 😊

□ Dalam hutan nampaknya akan ada beberapa interaksi dengan tingkat pencahayaan sebagai sumber pembatasan utama untuk semai. Ciptaan gap dan denyut produksi serasah seperti akan menjadi korelasi untuk tingkat tertentu, seperti sebuah pohon rebah kemungkinan besar membawa sejumlah daun-daun dan material organik lain, dan juga membunuh semai lain yang lebih kecil di bawah itu. Oleh karena itu, perubahan struktur komunitas mungkin saja terwujud sepanjang tahap regenerasi gap.



Tabel 1 Konsentrasi Nutrisi pada penambahan serasah dan pada daun-daun dari ketiga jenis dipterocarp yang diamati pertumbuhan untuk 10 bulan dalam tanah dengan penambahan atau tanpa penambahan serasah (semua nilai-nilai adalah rata-rata ± se)

	Litter	<i>Parashorea tomentella</i>		<i>Hopea nervosa</i>		<i>Dryobalanops lanceolata</i>	
		- Litter	+ Litter	- Litter	+ Litter	- Litter	+ Litter
Nitrogen (%)	0.91±0.05	1.34 ± 0.09	1.35 ± 0.07	1.07±0.03	1.09± 0.04	0.99±0.08	0.99± 0.06
Phosphorus (mg g⁻¹)	0.20± 0.04	0.79 ± 0.03	0.78±0.04	0.81± 0.03	0.77±0.03	0.85 ±0.07	0.80± 0.01
Potassium (mg g⁻¹)	6.55± 0.71	5.72 ± 0.43	4.95±0.24	9.08 ±0.50	8.77±0.38	10.53 ±.39	11.02±0.5 4
Calcium (mg g⁻¹)	6.32±0.61	14.93±0.6 1	14.35±0.8 3	7.74±0.37	7.12±0.36	10.06±1.1 9	9.00±1.30
Magnesium(mg.g⁻¹)	2.93±0.32	0.84±0.09	0.65±0.08	0.80±0.12	0.89±0.13	2.11±0.11	2.06±0.16



Tabel 2. Pola alokasi biomass dan luas daun spesifik tiga jenis dipterocarp yang diamati pertumbuhan dalam 10 bulan di dalam tanah dengan penambahan atau tanpa penambahan serasah (semua nilai-nilai adalah rata-rata± se)

	<i>Parashorea tomentella</i>		<i>Hopea nervosa</i>		<i>Dryobalanops lanceolata</i>	
	- Litter	+ Litter	- Litter	+ Litter	- Litter	+ Litter
Leaf mass (%)	19±1.4	23±1.5	31±1.2	27±1.2	21±1.3	25±1.1
Stem mass (%)	38 ± 1.6	32±0.9	33 ± 1.6	32 ± 1.5	46 ± 1.8	44±1.3
Root mass (%)	43 ± 2.0	45 ± 1.7	36 ± 2.3	41±1.4	34 ± 1.6	32±1.7
Fine root mass (%)	15±1.4	17±1.2	12±1.1	16±0.9	9±0.9	12±2.4
Root : shoot ratio	0.76±0.0 6	0.85±0.06	0.57±0.06	0.69 ± 0.04	0.51 ± 0.04	0.47 ± 0.04
Specific leaf area (g m ⁻²)	65.4±3.2	68.3 ± 2.6	59.4 ± 2.5	60.6±2.6	70.0±3.3	72.3 ± 4.4



Tabel 3. Persentase Kolonisasi tiga jenis dipterocarp oleh 11 morphotypes ectomycorrhizal (dan satu fungal endophyte) yang diamati pertumbuhan untuk 10 bulan di dalam tanah dengan penambahan atau tanpa penambahan serasah (semua nilai adalah rata-rata ± se)

	<i>Parashorea tomentella</i>		<i>Hopea nervosa</i>		<i>Dryobalanops lanceolata</i>	
	- Litter	+ Litter	- Litter	+ Litter	- Litter	+ Litter
Mycorrhizal	68.4±3.4	69.2±4.7	80.5 ± 3.8	80.7 ± 2.6	49.8 ± 4.0	60.1 ± 4.3
Nonmycorrhizal	31.6±3.4	30.8±4.7	19.5±3.8	19.3±2.6	50.2±4.0	39.9±4.3
Morphotypes per seedling	2.6 ± 0.2	2.1 ± 0.2	2.9 ± 0.2	2.5±0.2	1.9±0.2	2.3±0.2
Shannon-Wiener index	0.70±0.06	0.56±0.04	0.76±0.07	0.57 ± 0.10	0.58 ± 0.07	0.50 ± 0.08
Berger-Parker index	0.29 ± 0.06	0.20 ± 0.04	0.34 ± 0.06	0.20 ± 0.06	0.25 ± 0.06	0.14 ± 0.06
<i>Inocybe spp.*</i>	27.8±8.8	34.5±11.4	51.8±7.9	53.2±10.7	40.3±5.5	40.5±8.8
<i>Geophillum sp.1</i>	31.2 ± 6.6	12.5±2.4	17.7 ± 3.0	8.9 ± 6.3	13.1 ± 3.8	1.5 ± 0.6
<i>Rhizoglyphus sp.</i>	-	-	6.1±4.3	13.9±7.7	0.7±0.7	0.2±0.2
<i>Rhizoglyphus sp.</i>	-	-	0.3±0.3	2.0±2.0	-	7.9±7.9
<i>Boletalespp.</i>	10.9±6.1	-	-	-	-	1.6 ± 1.6
<i>Basidiomycete sp. 1</i>	0.1 ± 0.1	12.4 ± 8.2	-	-	-	5.3±5.2
<i>Thelephorales sp. 1</i>	-	-	3.1±3.1	-	-	3.0 ± 3.0
<i>Thelephorales sp. 2</i>	-	-	1.1 ± 1.1	2.5 ± 1.8	-	-
<i>Basidiomycete sp. 2</i>	-	5.2±5.2	-	-	-	-
<i>Cf. Russulaceae sp.</i>	0.5 ± 0.5	-	-	-	-	-
<i>Basidiomycete sp. 3</i>	0.4±0.4	-	-	-	-	-
<i>Cf. T20 (Lee et al., 1997)</i>	-	0.1 ± 0.1	-	-	-	-
<i>Endophyte sp.</i>	-	1.1 ± 1.1	0.3 ± 0.3	1.2 ± 0.7	1.4 ± 1.3	1.6 ± 1.2

* Kemungkinan diatas sampai tiga Jenis *Inocybe* tetapi, dalam kajian dengan berbagai kesulitan membuat identifikasi positif, dikombinasikan untuk membentuk satu golongan morphotype.



Ringkasan

- Tingkat gugurnya serasah di hutan hujan tropis sangat tinggi, dan merupakan jalannya siklus hara yang sangat penting dalam ecosystem. Diuji dua hipotesis menggunakan semai jenis dipterocarp: (1) penambahan serasah daun meningkatkan pertumbuhan; (2) dan penambahan serasah mempengaruhi kolonisasi dan struktur komunitas ectomycorrhizal (ECM).
- Tiga jenis dipterocarp dengan perbedaan ekologi (*Parashorea Tomentella*, *Hopea nervosa* dan *Dryobalanops lanceolata*) tumbuh dalam daerah di tanah hutan dengan penambahan serasah atau tanpa penambahan serasah.



- Penambahan serasah meningkatkan pertumbuhan ketiga jenis. Tidak ada efek penambahan serasah pada total persentase kolonisasi ECM tetapi keanekaragaman ECM dan persentase kolonisasi dari *Cenococcum geophilum* lebih rendah dengan penambahan serasah. $\delta^{15}\text{N}$ foliar lebih rendah pada dua dari pertumbuhan ke tiga jenis dengan kehadiran serasah, mencerminkan $\delta^{15}\text{N}$ yang lebih rendah pada serasah dibandingkan dengan tanah. Ada suatu korelasi negatif antara $\delta^{15}\text{N}$ dan Persentase ECM, menggambarkan peranan ECM di dalam mengakses sumber Nitrogen yang diperoleh dari serasah.
- Studi ini menunjukkan penambahan serasah meningkatkan pertumbuhan semai dipterocarp dan bahwa asosiasi ECM pada dipterocarps memudahkan akses sumber nutrisi organik. Hal ini mempunyai implikasi untuk regenerasi semai yang sukses di bawah lapisan hutan hujan.



TERIMA KASIH



Perbedaan Antara ECM dan VAM
Secara Garis Besar

ECM (Ectomycorrhizae)	<u>VAM</u> (Vesicular Arbuscular Mycorrhizae)
Umumnya Basidiomycetes	Umumnya Endogonales
Terdapat pada jenis pohon membentuk Hartig net antara sel-sel cortex	Terdapat pada tumbuhan kecil Hyphae masuk langsung ke dalam sel-sel cortex
Membentuk mantel yang menyelimuti akar	Juga membentuk mantel
Puluhan ribu jenis cendawan	Hanya puluhan jenis
Hyphae bisa jauh dari akar	Hyphae tumbuh dekat akar

