

# STUDI PEMANFAATAN TIGA JENIS FUNGI PADA PELAPUKAN DAUN DAN RANTING MANGIUM DI TEMPAT TERBUKA

## *(Study on the Utilization of Three Fungi Species for Mangium Leaf and Twig Decomposition in the Open Site)*

Oleh/By :

Djarwanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Jl. Gunung Batu, Bogor  
Telp. 0251-8633378, Fax. 0251-8633413

Diterima 1 Juni 2009, disetujui 17 Juli 2009

### ABSTRACT

*Study on decomposition of mangium (Acacia mangium) leaves and twigs as wood extraction waste was done using three isolates of decomposing fungi i.e. Schizophyllum commune HHBI-204, Marasmius sp. HHBI-346 and Pycnoporus sp. HHBI-348, incubated for 30 days in open area, in Bogor. Degradation rate of the samples was evaluated based on the changing content of organic carbon, total nitrogen, nutrition value and cation exchange capacity (CEC). The result indicated that the fungi inoculation was influence the chemical content on the mangium leaves and twigs. C/N ratio of sample was around 33.1-36.4%. . Further, nutrient content on mangium were N 0.75 - 0.86%, P 0.26 - 0.35%, K 0.21 - 0,25%; while the CEC was about 21.46 - 26.12 me/100 g. Furthermore, up to 30 days after incubation, the role of those tested fungi as an activator for decomposition on mangium waste were still not clear enough.*

*Keywords : Wood extraction waste, mangium, fungi, dekomposition*

### ABSTRAK

Studi dekomposisi daun dan ranting mangium (*Acacia mangium*) dari limbah tebangan, menggunakan tiga isolat fungi pelapuk yaitu *Schizophyllum commune* HHBI-204, *Marasmius* sp. HHBI-346 dan *Pycnoporus* sp. HHBI-348, dan diinkubasikan selama 30 hari di tempat terbuka, di Bogor. Tingkat dekomposisi contoh uji dievaluasi berdasarkan perubahan kandungan karbon organik, nitrogen total, kadar unsur hara, dan kapasitas tukar kation (KTK). Hasilnya menunjukkan bahwa inokulasi fungi berpengaruh terhadap kandungan kimia daun dan ranting mangium. Nisbah C/N contoh uji berkisar antara 33,1-36,4. Kandungan unsur hara makro tersebut yaitu N 0,75 - 0,86%, P 0,26 - 0,35%, K 0,21 - 0,25%. Sedangkan nilai KTK berkisar antara 21,46 - 26,12 me/100g. Pada umur inkubasi 30 hari, peran fungi pelapuk sebagai aktivator dekomposisi daun dan ranting mangium belum cukup nampak.

Kata kunci: Limbah tebangan, mangium, fungi pelapuk putih, dekomposisi

## I. PENDAHULUAN

Selain produk utama berupa kayu, pemanenan tanaman mangium menghasilkan limbah berupa potongan kayu, ranting, dan daun dengan volume cukup besar. Menurut Muladi *et al.* (2001) total biomassa tegakan mangium (*Acacia mangium*) pada umur 5-7 tahun berkisar antara 60,469 - 95,846 ton per hektar. Sementara Anshori dan Supriyadi (2001) menyatakan bahwa komposisi limbah yang diperoleh dari tebangan tanaman umur 9 tahun (rotasi pertama) berupa kayu 31,43 ton/ha dan daun (serasah) 4,01 ton/ha. Proses dekomposisi daun dan ranting mangium yang tertimbun di hutan, secara alami berjalan lambat, sehingga akan berpengaruh terhadap siklus hara setempat. Disisi lain, limbah kering berpotensi menjadi salah satu pemicu kebakaran hutan terutama di musim kering (kemarau). Upaya untuk mempercepat proses dekomposisi limbah tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan fungi pelapuk. Fungi pelapuk yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari areal hutan tanaman industri (HTI) mangium itu sendiri, kemudian diisolasi dan dibiakkan, selanjutnya digunakan kembali sebagai aktivator dalam uji coba. Hasilnya diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai upaya perbaikan hara dan meningkatkan nilai tambah limbah.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan

Daun dan ranting mangium di ambil dari PT Musi Hutan Persada, Muara Enim, Sumatera Selatan. Kantong plastik ukuran 10 kg tebal 0,03 mm yang dilubangi kecil-kecil agar air hujan yang masuk dapat keluar lagi. Fungi penguji yang digunakan sebagai dekomposer adalah *Schizophyllum commune* HHBI-204, *Marasmius* sp. HHBI-346 dan *Pycnoporus* sp. HHBI-348.

### B. Metode

#### 1. Pembuatan media *carrier*

Dua macam media dibuat dari serbuk gergaji kayu jeungjing (*Paraserianthes falcataria*) dan daun serta ranting mangium yang diremuk, kemudian masing-masing ditambah dengan larutan 1% *malt* ekstrak dalam air hingga mencapai kelembaban sekitar 65% sebagai media *carrier* untuk uji coba di lapangan. Media tersebut di sterilkan dengan autoklaf pada suhu 121 °C, tekanan 1,5 atmosfer selama 30 menit. Media yang telah dingin diinokulasi biakan murni fungi penguji, kemudian diinkubasi sampai pertumbuhan miseliumnya merata dan menebal, seperti pada pembuatan bibit jamur pangan (Suprapti dan Djarwanto 2004a, 2004b; Suprapti *et al.*, 2008). Hasil perbanyakan isolat pada media padat (*carrier*) tersebut selanjutnya digunakan sebagai aktivator pada uji coba pelapukan daun dan ranting di tempat terbuka (semi laboratoris), di Bogor. Parameter yang diamati yaitu pertumbuhan miselium dan pengurangan berat.

## 2. Uji pertumbuhan fungi

Limbah tebangan berupa daun dan ranting kering dibasahi dengan air bersih dimasukkan ke dalam kantong plastik ukuran 10 kg agar tidak berserakan atau bertebaran, kemudian diinokulasi fungi pengujian dalam media *carrier* sebanyak 5% (berat per berat), dibiarkan di tempat terbuka di bawah paranet untuk memberi kesempatan tumbuh fungi serta terjadi proses dekomposisi. Masing-masing perlakuan disediakan 3 contoh uji (ulangan). Pertumbuhan miselium pada contoh uji diamati pada umur 30 hari setelah inokulasi. Parameter yang diamati yaitu kandungan unsur C, N, P, K, Ca dan Mg.

## 3. Analisa kimia

Untuk analisa kimia, masing-masing perlakuan diambil dari 3 contoh uji dicampur rata kemudian digiling. Analisa kimia dilakukan di Laboratorium Tanah dan Tanaman SEAMEO BIOTROP, Bogor. Tingkat pelapukan diukur melalui perbandingan analisa kimia (C/N ratio) contoh uji sebelum dan sesudah inkubasi. Untuk menetapkan rasio atau nisbah C/N yaitu dengan cara menetapkan karbon organik menurut Walkey & Black (1934) dalam Sukmana (1983) dan nitrogen total dengan metode Kjeldahl (Sukmana, 1983). Untuk menetapkan kadar kalsium (Ca), Fosfor (P), kalium (K) dan magnesium (Mg), menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (Jackson, 1958), dan kapasitas tukar kation (KTK) menggunakan cara volumetri atau titrimetri (Piper, 1947).

## 4. Analisa data

Data berupa laju pertumbuhan miselium (%), laju pengurangan berat (%) dan kandungan kimia pada contoh uji dihitung secara rata-rata dari masing-masing ulangan.

# III. HASIL DAN PEMBAHASAN

## A. Pertumbuhan Fungi pada Media *Carrier*

Pertumbuhan miselium di permukaan media *carrier* (berupa daun & ranting mangium yang diremuk dan serbuk gergaji kayu jeungjing) dan penurunan beratnya disajikan pada Tabel 1. Pertumbuhan miselium pada media dari daun dan ranting mangium telah merata tipis dan tidak rapat pada umur satu minggu setelah inokulasi. Pertumbuhan miselium tiga isolat tersebut telah menyebar dan menebal pada permukaan media daun dan ranting mangium pada minggu ketiga setelah inokulasi. Sedangkan pertumbuhan miselium pada media *carrier* serbuk gergaji telah merata pada umur 4 minggu setelah inokulasi.

**Tabel 1. Pertumbuhan miselium fungi dan pengurangan berat media *carrier***  
**Table 1. Mycelium growth of fungi and weight loss of carrier medium**

Jenis fungi ( <i>Fungi species</i> )	Daun dan ranting mangium ( <i>Mangium leaf and twig</i> )		Serbuk gergaji kayu ( <i>Wood sawdust</i> )	
	Laju pertumbuhan miselium per minggu ( <i>Mycelium growth rate per week</i> ), %	Laju pengurangan berat per minggu ( <i>Weight loss rate per week</i> ), %	Laju pertumbuhan miselium per minggu ( <i>Mycelium growth rate per week</i> ), %	Laju pengurangan berat per minggu ( <i>Weight loss rate per week</i> ), %
<i>Schizophyllum commune</i> HHBI-204	33,33	1,89	25,0	1,30
<i>Marasmius</i> sp. HHBI-346	33,33	2,20	25,0	1,51
<i>Pycnoporus</i> sp. HHBI-348	33,33	2,36	25,0	1,83

Fungi tumbuh optimal pada media *carrier* daun dan ranting mangium maupun pada serbuk gergaji berumur 1-2 bulan, sehingga baik untuk diaplikasikan pada limbah tebang. Pada umur lebih dari 2 bulan pertumbuhan mulai menurun sehingga kurang baik untuk diinokulasikan, karena pada masa tersebut telah mulai muncul *primordia* (calon tubuh buah), sehingga jika diinokulasikan pada daun dan ranting di lapangan kemampuannya tumbuh dan menyebar telah mulai menurun dan malah tumbuh tubuh buahnya. Sampai umur enam bulan, media *carrier* masih hidup yang ditunjukkan oleh potongan media yang diletakkan terkena hujan dan panas masih dapat tumbuh tubuh buahnya. Pertumbuhan miselium pada media *carrier* daun dan ranting mangium tersebut lebih cepat merata dibandingkan dengan pada media *carrier* serbuk gergaji. Hal ini disebabkan remukan daun dan ranting masih merupakan partikel yang besar dan berongga sehingga pertumbuhan miseliumnya jarang dan tipis. Sedangkan pada media *carrier* serbuk gergaji partikelnya lebih kecil dan padat sehingga pertumbuhan miseliumnya langsung menyebar merata dan menebal. Sampai umur 25 minggu laju penurunan berat media *carrier* daun dan ranting mangium lebih tinggi dibandingkan dengan laju penurunan berat media serbuk gergaji (Tabel 1). Pengurangan berat tersebut diduga disebabkan oleh penguapan air dalam media karena pengaruh udara sekitar media.

## B. Pertumbuhan Fungi pada Limbah Tebangan

Pertumbuhan miselium pada contoh uji daun dan ranting mangium dalam kondisi utuh hanya terjadi di bagian dalam atau di sekitar tempat inokulasi fungi yang besarnya sekitar 15% dari volume media. Pertumbuhan tersebut kelihatannya baru pada permukaan daun dan ranting, belum menembus ke bagian dalam, sehingga bila dipanaskan atau dijemur miselium tersebut tidak nampak. Pertumbuhan miselium belum merata ini mungkin disebabkan permukaan luar contoh uji terkena matahari secara langsung sehingga kering. Kondisi contoh

uji yang kering tersebut menghalangi fungsi untuk beradaptasi dari kondisi *anaerob* basah ke kondisi *aerob* kering. Walaupun diketahui bahwa fungsi tersebut bersifat *anaerob* fakultatif, yang dapat tumbuh pada dua kondisi udara terbuka maupun tertutup, namun karena kondisi iklim mikro yang mendukung kehidupan fungsi seperti suhu, kelembaban dan kandungan nutrisi pada media kurang cocok maka fungsi tersebut sulit tumbuh. Pertumbuhan miselium terganggu mungkin karena bagian bawah media tergenang air hujan yang masuk lewat lubang kantong. Penyebab lain diduga adanya rongga udara yang terlalu besar pada media. Walaupun telah berusaha dipadatkan, akan tetapi daun dan ranting kering kembali merenggang bahkan akibat adanya tekanan waktu pematatan menyebabkan lubang-lubang kecil pada plastik menjadi besar yang dapat memperbesar laju penguapan. Kondisi media yang kurang padat mengakibatkan miselium fungsi sulit menyebar.

### C. Kandungan Kimia Daun dan Ranting Mangium

Data kandungan unsur hara pada contoh uji dapat dilihat pada Tabel 2. Nisbah C/N pada contoh uji daun dan ranting mangium segar adalah 69,8 sedangkan nisbah C/N pada contoh yang diinokulasi fungsi pelapuk dan pada kontrol dengan masa inkubasi 30 hari berkisar antara 30,6-36,4. Nisbah C/N contoh tersebut lebih tinggi dari pada standar kompos Perhutani yaitu <20 (Anonimus 1979 dalam Mindawati *et al.*, 1998) dan kompos menurut Bidlingmaier (1993) dalam Gunadi (1996) yaitu 24,2-12,9, namun mendekati standar kompos Jepang yaitu <35 (Harada 1993 dalam Mindawati *et al.*, 1998).

**Tabel 2. Kandungan hara contoh uji setelah di inkubasi selama 30 hari**  
**Table 2. Nutrient content in samples after incubating for 30 days**

Isolat fungsi ( <i>Fungus isolates</i> )	C organik ( <i>Organic C</i> ), %	N total ( <i>Total N</i> ) %	Nisbah C/N ( <i>C/N ratio</i> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CaO %	MgO %	K <sub>2</sub> O %
<i>Schizophyllum commune</i>	29,14	0,80	36,4	0,31	0,23	0,31	0,21
<i>Marasmius</i> sp.	24,82	0,75	33,1	0,35	0,23	0,31	0,25
<i>Pycnoporus</i> sp.	27,63	0,82	33,7	0,28	0,28	0,29	0,23
Kontrol ( <i>Control</i> )	26,31	0,86	30,6	0,32	0,21	0,35	0,24
Daun dan ranting segar ( <i>Fresh leaf and twig</i> )	32,82	0,47	69,8	0,19	0,19	0,26	0,43

Nisbah C/N contoh yang diinokulasi *S. commune* dan *Marasmius* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan secara laboratoris (Djarwanto *et al.* 2009; Djarwanto dan Suprapti, 2009). Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan lama penyimpanan daun dan ranting mangium yang dapat menurunkan nisbah C/N tersebut (karena contoh daun dan ranting mangium yang diuji telah kering dan berumur 4 bulan). Selain itu, penelitian sebelumnya menggunakan daun dan ranting mangium yang diremuk, yang diduga ukuran partikel yang lebih kecil dapat menurunkan nilai nisbah C/N tersebut.

Unsur hara makro yang terdapat pada mangium yaitu unsur N, P ( $P_2O_5$  total), Ca (CaO), Mg (MgO) dan K ( $K_2O$  total) umumnya rendah. Unsur hara pada contoh uji yang diinokulasi fungi tersebut masing-masing adalah N 0,75 - 0,86%; P 0,28 - 0,35%; Ca 0,21 - 0,28%; Mg 0,29 - 0,35%, dan K 0,21 - 0,25%. Pada contoh uji kontrol (tanpa inokulasi fungi) didapatkan bahwa kadar tertinggi pada N dan Mg, sedangkan terendah dijumpai pada kadar Ca, dan nisbah C/N. Pada contoh uji kontrol (daun dan ranting mangium tanpa inokulasi fungi) juga mengalami perubahan kandungan kimia, karena tidak disterilkan maka kemungkinan sudah terdapat infestasi mikroorganisme dari alam yang tumbuh. Sampai umur 30 hari uji coba aplikasi pemanfaatan tiga jenis fungi belum menunjukkan kemampuannya sebagai aktivator dekomposisi daun dan ranting mangium.

Kadar N pada contoh uji yang diinokulasi *S. commune* dan *Pycnoporus* sp. lebih tinggi, sedangkan contoh uji yang diinokulasi *Marasmius* sp. lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian di laboratorium. Demikian pula kadar P lebih tinggi dibandingkan dengan laporan sebelumnya pada contoh uji yang diinokulasi 3 jenis fungi sama. Sedangkan kadar K lebih tinggi dibandingkan dengan pada contoh uji yang diinokulasi *Marasmius* sp. dan *Pycnoporus* sp., namun lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian dengan 3 fungi sama secara laboratoris (Djarwanto *et al.*, 2009; Djarwanto dan Suprapti, 2009).

Kadar N contoh uji lebih tinggi dan kadar P, K memenuhi kandungan unsur hara pupuk kandang sapi, kuda dan domba yang dilaporkan oleh Hardjowigeno 1995 dalam Novizan (2002) yaitu N 0,3 - 0,6%, P 0,2 - 0,3% dan K 0,2 - 0,3%. Berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah (1983) dalam Novizan (2002), kandungan nitrogen tersebut termasuk kriteria tinggi yaitu 0,51 - 0,75%. Kadar N contoh uji lebih tinggi, kadar P memenuhi dan kadar K lebih rendah dibandingkan dengan kandungan unsur hara kompos menurut Novizan (2002) tersebut yaitu N 0,1 - 0,6%, P 0,1 - 0,4%, Ca 0,8 - 1,5% dan K 0,8 - 1,5%.

Data derajat keasaman (pH) dan kapasitas tukar kation (KTK) daun dan ranting mangium disajikan pada Tabel 3. Ditinjau dari besarnya nilai pH rata-rata contoh uji adalah 6,2 - 6,8, sama dengan pH tanah secara umum, yaitu 6-7 (Novizan, 2002). Sedangkan pH daun dan ranting segar adalah 5,9 - 6,0. Nilai pH kompos dari daun dan ranting tersebut memenuhi standar kompos Jepang yaitu 5,5 - 7,5 (Harada 1993 dalam Mindawati *et al.*, 1998) dan kompos menurut Bidlingmaier pH 6,6 - 8,2. Pada pH tersebut pertumbuhan tanaman umumnya berlangsung baik. Hal itu menunjukkan bahwa dari segi keasaman lingkungan mikro maka limbah pembalakan mangium yang melalui proses fermentasi (pH netral) cukup aman terhadap akar tanaman.

**Tabel 3. Kapasitas tukar kation (KTK) daun dan ranting mangium yang diinokulasi fungi pada media carrier serbuk gergaji dan diinkubasikan selama 30 hari**

*Table 3. Cation exchange capacity(CEC) mangium leaf and twig inoculated with fungi in sawdust medium and incubated for 30 days*

Jenis fungi ( <i>Fungus species</i> )	pH value	Nilai KTK ( <i>Cation exchange rate</i> ), me/100 g
<i>Schizophyllum commune</i> HHBI-204	6,5	23,19
<i>Marasmius</i> sp. HHBI-346	6,3	23,55
<i>Pycnoporus</i> sp. HHBI-348	6,8	21,46
Kontrol ( <i>Control</i> )	6,2	26,12
Daun dan ranting segar ( <i>Fresh leaf and twig</i> )	5,9	19,26

Nilai KTK contoh yang diinokulasi fungi dengan masa inkubasi 30 hari berkisar antara 21,46 - 26,12 me/100g (Tabel 3). Nilai KTK tersebut memenuhi kompos WHO yaitu >20 me/100 g (Rina *et al.* 2002 *dalam* Komarayati dan Pasaribu, 2005), dan termasuk kriteria sedang (17-24 me/100g) menurut Pusat Penelitian Tanah (1983) *dalam* Novizan (2002). Nilai KTK ini berhubungan erat dengan tingkat kesuburan tanah. Nilai KTK yang tinggi dapat meningkatkan daya serap, daya simpan dan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Nilai KTK tersebut lebih rendah dibandingkan dengan laporan sebelumnya pada daun dan ranting mangium yang diuji fungi tersebut secara laboratoris yaitu 24,55-34,68 me/100 g (Djarwanto *et al.*, 2009; Djarwanto dan Suprapti, 2009).

Data logam berat contoh uji yang diinokulasi fungi dengan masa inkubasi 30 hari tercantum pada Tabel 4. Kandungan logam berat antara lain Pb, Hg dan Cd umumnya rendah, yang berarti aman terhadap lingkungan. Kandungan logam tersebut umumnya cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian di laboratorium (Djarwanto *et al.*, 2009; Djarwanto dan Suprapti, 2009). Kadar logam tersebut dibawah kandungan logam kompos menurut Bidlingmaier 1993 *dalam* Gunadi (1996) yakni Pb 250 - 1.350 mg/kg, Hg 0,4 - 9 mg/kg, dan Cd 1,9 - 12 mg/kg.

**Tabel 4. Kandungan logam berat pada contoh uji daun dan ranting mangium setelah diinkubasi selama satu bulan**

*Table 4. Mineral content in samples of mangium leaves and twigs after incubated for one month*

Jenis fungi ( <i>Fungus species</i> )	Kandungan logam ( <i>Metal content</i> ), ppm		
	Pb	Hg	Cd
<i>Schizophyllum commune</i> HHBI-204	0,15	0,10	0,09
<i>Marasmius</i> sp. HHBI-346	0,12	0,20	0,10
<i>Pycnoporus</i> sp. HHBI-348	0,13	0,30	0,10
Kontrol ( <i>Control</i> )	0,12	0,20	0,06
Material segar ( <i>Fresh material</i> )	tu	tu	0,2

Keterangan (*Remarks*): tu = tak terukur (*not/un - measurable*)

#### IV. KESIMPULAN

Pertumbuhan tiga isolat fungi tersebut pada media *carrier* yaitu remukan daun dan ranting mangium, dan serbuk gergaji kayu sengon memerlukan waktu 3 - 4 minggu untuk mendapatkan miselium sampai memenuhi permukaan media. Pertumbuhan miselium pada daun dan ranting mangium yang diinokulasi fungi dalam media *carrier* serbuk gergaji hanya sebesar 15%.

Hasil analisis kimia daun dan ranting mangium yang diinokulasi fungi dengan masa inkubasi satu bulan menunjukkan bahwa terdapat variasi nilai kandungan hara yaitu unsur N 0,75 - 0,86%; P 0,26 - 0,35%; K 0,21 - 0,25%, nisbah C/N 30,6 - 36,4. Nilai kapasitas tukar kation berkisar antara 21,46 - 26,12 me/100g. Sedangkan kandungan logam beratnya yaitu Pb 0,12- 0,15 ppm, Hg 0,10 - 0,30 ppm, dan Cd 0,06 - 0,10 ppm.

Sampai umur 30 hari, inokulasi fungi dengan media *carrier* serbuk gergaji pada daun dan ranting mangium belum menunjukkan adanya peran fungi pelapuk tersebut sebagai aktivator dekomposisi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, S. and B. Supriyadi. 2001. Potency and management of logging residue of first rotation *Acacia mangium* in Musi Hutan Persada Ltd.Co. Proceedings of seminar "Environment Conservation Through Efficiency Utilization of Forest Biomass. DEBUT Press Jogjakarta. Yogyakarta. p.: 155-160.
- Gunadi, D.H. 1996. Composting of agroindustrial wastes. 21 p. Indonesian Biotechnology Research Institute for Estate Crops. Bogor.
- Djarwanto dan S. Suprpti. 2009. Dekomposisi daun dan ranting mangium oleh empat jenis fungi pelapuk. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 27(1): 1-10. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Djarwanto, S. Suprpti dan R. A. Pasaribu. 2009. Dekomposisi daun dan ranting mangium dan ekaliptus oleh delapan isolat fungi pelapuk. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 27(4): 11 hlm. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. 498 p.
- Komarayati, K. dan R. A. Pasaribu. 2005. Pembuatan pupuk organik dari limbah padat industri kertas. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 23(1): 35-41. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Mindawati, N., M. H. L.Tata, Y. Sumarna, dan A. S. Kosasih. 1998. Pengaruh beberapa macam limbah organik terhadap mutu dan proses pengomposan dengan bantuan efektif mikroorganisme 4 (EM-4). Buletin Penelitian Hutan No. 614: 29-46. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Muladi, S., R. Amirta, E.T. Arung and Z. Arifin. 2001. Chemical component analysis of wood

bark compost on waste of medium density fiberboard industry. Proceedings of seminar "Environment Conservation Through Efficiency Utilization of Forest Biomass. DEBUT Press Jogjakarta. Yogyakarta. p.: 124-137.

Novizan. 2002. Petunjuk pemupukan yang efektif. AgroMedia Pustaka. Jakarta. 114 p.

Piper, C.S. 1947. Soil and Plant Analysis. Interscience Publisher Inc. Incata Press. New York.

Sukmana, S. 1983. Evaluation of unit process in the composting of its waste. Fakulteit van de Landbouwwetenschafen Laboratory Voor Bodemfysica, Bodemconditionering en Tuinbouwbodemkunde. Tidak diterbitkan.

Suprapti, S. dan Djarwanto. 2004a. Penanaman jamur tiram. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. 26 p.

Suprapti, S. dan Djarwanto. 2004b. Petunjuk teknis budidaya jamur shiitake. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. 25 p.

Suprapti, S., Djarwanto dan R. A. Pasaribu. 2008. Pemanfaatan kulit kayu mangium dari limbah industri pulp untuk media produksi *Ganoderma lucidum*. Jurnal penelitian Hasil Hutan 26(3): 263-276. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.