



## Biodeteriorasi kayu pinus (*Pinus merkusii*) oleh rayap tanah *Macrotermes gilvus* Hagen (Blattodea: Termitidae)

NIKEN SUBEKTI ♥

*Subekti N. 2012. Biodeterioration of pine wood (Pinus merkusii) by soil termites Macrotermes gilvus Hagen (Blattodea: Termitidae). Bioteknologi 9: 57-65. Macrotermes gilvus Hagen plays important role on disintegration and decomposition process of organic materials such as woods and plant litter. The study aims to examine the biodeterioration of pine wood (Pinus merkusii) by M. gilvus termites and to find out the analysis of the wood chemical components. Surnuwat method (1996) was used to examine the consumption level of M. gilvus termites. In finding out the alteration of pine wood, chemical component analysis and Scanning Electron Microscope (SEM) were used. The results showed that the single and doubles feed consumption were susceptible to termites. The average pine wood consumption of M. gilvus was 0.82 mg/day during five days observation. Meanwhile, the average weight reduction of double preference wood test in the colony was 57.95% for three months. The remains of wood chemical composition were 21.91% lignin, 60.92% holocellulose, and 43.64% cellulose. The decrease in the wood hardness and the charges in the wood physical characteristic and chemical composition caused damage to the cell walls and increased the consumption preference of M. Gilvus.*

---

### Alamat korespondensi:

Jurusan Biologi FMIPA,  
Universitas Negeri Semarang  
Jl. Raya Sekaran Gunungpati  
Semarang 50229  
Tel. & Fax.: +62-(024) 8508033  
email: nikensubekti@yahoo.com

Manuskrip diterima: 22 September  
2012. Revisi disetujui: 12 November  
2012.

**Keywords:** biodeterioration, *Macrotermes gilvus* Hagen, SEM, chemical analysis

*Subekti N. 2012. Biodeteriorasi kayu pinus (Pinus merkusii) oleh rayap tanah Macrotermes gilvus Hagen (Blattodea: Termitidae). Bioteknologi 9: 57-65. Rayap tanah Macrotermes gilvus Hagen memiliki peran penting dalam proses disintegrasi dan dekomposisi material organik dari kayu dan serasah tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji biodeteriorasi kayu pinus (Pinus merkusii) oleh rayap tanah M. gilvus dan analisis komponen kimia kayu. Untuk menguji tingkat konsumsi makan rayap M. gilvus digunakan metode Surnuwat (1996). Untuk mengetahui perubahan kayu pinus dilakukan analisis komponen kimia dan Scanning Electron Microscope (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi makan tunggal dan konsumsi makan ganda termasuk rentan terhadap rayap, tingkat konsumsi makan rayap M. gilvus terhadap kayu pinus rata-rata 0,82 mg/hari selama lima hari pengamatan. Sementara itu, rata-rata penurunan berat kayu pada uji preferensi ganda dalam koloni adalah 57,95% selama tiga bulan. Komposisi kimia kayu adalah 21,91% lignin, 60,92% holoselulosa dan 43,64 selulosa. Penurunan kekerasan pada kayu, perubahan sifat dan komposisi kimia kayu menyebabkan kerusakan pada dinding sel kayu dan diduga meningkatkan preferensi makan rayap M. gilvus.*

**Kata kunci:** preferensi, *Macrotermes gilvus* Hagen, SEM, analisis kimia

## PENDAHULUAN

Teknologi pengendalian rayap selama ini diketahui dari perilaku dan konsumsi makannya. Teknik pengendalian dengan serangan jamur pelapuk pada umumnya terjadi pada komponen bangunan yang terkena air hujan baik langsung

ataupun tidak langsung. Baik jamur pelapuk putih maupun pelapuk coklat membutuhkan ketersediaan air dalam kayu.

Jamur pelapuk putih membutuhkan lebih banyak air dibandingkan jamur pelapuk coklat untuk mendegradasi kayu. Oleh karena itu, pada bahan bangunan jamur pelapuk putih lebih

banyak menyerang bagian yang lebih basah dibandingkan jamur pelapuk coklat (Ridout 2004). Jamur pelapuk pada kayu sangat membantu tingkat konsumsi makan rayap.

Konsumsi makan rayap didefinisikan sebagai tingkat kesukaan rayap terhadap sumber makanan yang ada di lingkungannya. Di hutan alam, rayap tanah jenis *Macrotermes gilvus* Hagen berperan penting sebagai degradator primer (Khrishna dan Weesner 1969). Rayap ini berperan penting dalam proses daur ulang nutrisi tanaman melalui proses disintegrasi dan dekomposisi material organik dari kayu mati, ranting dan serasah menjadi material organik yang lebih halus (Bignell et al. 2010). Preferensi makan penting diperhatikan, karena berpengaruh terhadap persediaan makanan di habitat alami.

Rayap merupakan serangga pemakan kayu (*xylophagus*) atau bahan-bahan yang terdiri dari selulosa; di negara-negara sub tropis jenis kayu seperti pinus, maple dan *sugi* merupakan kesukaannya (Bignell et al. 2000). Kayu yang lapuk sangat mudah dimakan rayap namun kayu sehat pun sangat disukai. Rayap banyak memakan kayu yang sedang dalam proses pelapukan akibat meningkatnya kelembaban. Oleh karena itu, kerusakan kayu oleh rayap erat hubungannya dengan pelapukan kayu oleh jamur. Taman jamur (*fungus garden*) diperlukan sebagai sumber protein dan vitamin bagi rayap tanah *M. gilvus*. Hal ini merupakan simbiosis mutualisme antara rayap dan jamur (Korb dan Aanen 2003).

Kebanyakan rayap tanah dapat makan kayu sebanyak 2-3% dari berat badannya setiap hari. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi rayap adalah keadaan lingkungan, ukuran badan dan besar kecilnya koloni. Rata-rata besar koloni rayap tanah di daerah sub tropis adalah 60-350 ribu ekor rayap pekerja. Jenis rayap genus *Coptotermes* paling cepat menghabiskan makanan dibandingkan dengan genus lain. Jenis ini memerlukan kayu sebanyak 5-31 g dalam waktu 19 hari (Lee et al. 2002).

Kayu pinus (*Pinus merkusii*) termasuk kayu daun jarum (*konifer*), famili *Pinaceae*. Keawetan kayu ini tergolong rendah sehingga rentan terhadap serangan mikroorganisme seperti jamur pelapuk kayu, jamur pewarna, dan serangga termasuk rayap. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kayu pinus termasuk kayu yang paling disukai oleh rayap tanah *M. gilvus* (Subekti et al. 2010).

Sajap et al. (1999) melaporkan bahwa empat koloni rayap *M. gilvus* yang terdapat di kampus Universiti Putra Malaysia mempunyai ukuran populasi berkisar antara 166.288-709.052 ekor dengan tingkat konsumsi kayu bulanan berkisar antara 309.9-1108.2 g. Nandika et al. (2000) juga melaporkan bahwa ukuran populasi rayap *Coptotermes curvoignathus* yang terdapat di Jakarta dengan luas wilayah jelajah mencapai 480 m<sup>2</sup> berkisar antara 1,6-1,7 juta ekor dan tingkat konsumsi kayunya berkisar antara 27.54-45.25 g/koloni/hari. Sementara itu, ukuran populasi dan tingkat konsumsi rayap *M. gilvus* belum pernah dilaporkan hingga saat ini padahal tingginya populasi dan tingkat konsumsi kayu pada rayap ini juga erat hubungannya dengan kemampuannya merusak kayu.

*M. gilvus* banyak merusak kayu di Jawa, Sumatera, dan Kalimantan. Pusat serangan rayap ini umumnya terdapat di dalam tanah, karena sifatnya yang *kriptobiotik* dan membutuhkan air untuk melembabkan kayu, jalan menuju obyek serangannya biasanya tertutup dengan bahan-bahan tanah, berupa terowongan yang berbentuk pipih yang dibangun di atas tanah, tembok, dan kayu-kayu (Nandika et al. 2003).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji preferensi makan rayap tanah *M. gilvus* dan analisis komponen kimia kayu pinus. Penelitian ini juga diharapkan memberi manfaat dalam pengembangan teknologi produksi kayu untuk digunakan dalam aplikasi pengendalian rayap menggunakan teknik pengumpanan.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Oktober 2011 sampai Februari 2012 dan dilaksanakan dalam dua tahap. Specimen rayap *M. gilvus* diperoleh dari Cagar Alam Yanlappa Bogor, Jawa Barat. Sementara itu, analisis komponen kimia dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan di Laboratorium Zoologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Cibinong Bogor.

### Pengamatan uji konsumsi makan tunggal dan konsumsi makan ganda (Sorntuwat et al. 1995)

#### Pembuatan contoh uji

Kayu pinus (*Pinus merkusii*) segar tebang (*fresh cut*) dikuliti, dibuang mata kayu dan bagian gubalnya, kemudian dipotong menjadi beberapa potong balok. Dari balok tersebut dibuat contoh

uji yang berukuran 3 cm x 1.2 cm x 3 cm untuk uji preferensi makan tunggal.

#### Uji konsumsi makan tunggal rayap *M. gilvus*

Media pengujian berupa botol gelas berdiameter 45 mm dan tinggi 115 mm yang berisi campuran 30 g pasir berukuran  $\leq 20$  mesh yang telah dibasahi dengan 6 mL air. Contoh uji yang berukuran 1 cm x 1 cm x 1 cm dimasukkan dalam botol kaca dan pada masing-masing botol gelas tersebut dimasukkan 100 ekor rayap pekerja dan 10 ekor rayap prajurit.

Semua botol kaca disimpan pada kotak penyimpanan yang berukuran 50 cm x 25 cm x 25 cm yang dibagian atas penutupnya dibuat lubang sebagai ventilasi. Kotak penyimpanan tersebut ditempatkan pada kamar gelap (suhu  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ ). Pengamatan dilakukan setelah pengujian mencapai hari ke-7, yaitu dengan mengambil dan membersihkan contoh uji dan kemudian dioven pada suhu  $102 \pm 3^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Setelah itu contoh uji ditimbang. Parameter yang diukur dalam pengujian ini adalah persentase kehilangan bobot contoh uji dan mortalitas rayap.

Perhitungan konsumsi rayap dilakukan dengan metode *Modified Wood Blok Test* (Sornnuwat 1996).

$$\text{Berat hilang (\%)} = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100$$

$W_1$  = berat pakan sebelum diumpangkan

$W_2$  = berat pakan setelah diumpangkan

$$\text{Konsumsi per-individu (mg)} = (W_1 - W_2) / N$$

$N$  = jumlah pekerja

$$\text{Daya tahan hidup (\%)} = (N_1 - N_2) / N_1 \times 100$$

$N_1$  = jumlah pekerja

$N_2$  = jumlah pekerja yang mati

#### Uji preferensi makan ganda rayap tanah *M. gilvus*

Berdasarkan *Modified Wood Blok Test* (MWBT) dengan standar (Sornnuwat 1996), media pengujian menggunakan bak fiberglass dengan ukuran 70 cm x 50 cm x 100 cm yang di dalamnya diisi koloni rayap *M. gilvus* yang telah dikembangkan. Semua contoh kayu uji yang berukuran 50 (p) x 20 (l) x 2 (t) ditimbang bobotnya ( $W_1$ ) dan diletakkan secara acak pada kawat saring dan kemudian ditempatkan di atas permukaan tanah pada biakan rayap di laboratorium (*termitarium*).

Pengujian dilakukan selama tiga bulan, dan pada akhir pengamatan seluruh contoh uji

dibersihkan atau dicuci dan dikeringkan di dalam oven ( $102 \pm 3^\circ\text{C}$ ) selama 24 jam dan ditimbang kembali ( $W_2$ ). Pengujian ini disebut preferensi makan ganda karena rayap bebas memilih contoh uji.

Respon yang diukur dalam pengujian ini adalah kehilangan bobot contoh uji yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Bobot hilang (\%)} = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100\%$$

$W_1$  = bobot contoh uji sebelum pemaparan terhadap rayap (mg)

$W_2$  = bobot contoh uji setelah pemaparan terhadap rayap (mg)

#### Pengujian komponen kimia kayu dan analisis mikroskopis permukaan kayu (Timell 1967)

Analisis kimia dilakukan terhadap contoh uji dalam bentuk serbuk berukuran sekitar 60 mesh yang telah bebas dari zat ekstraktif. Tahapan analisis komponen kimia ini dimulai dengan mengekstraksi serbuk kayu, kemudian dilanjutkan dengan proses delignifikasi untuk menghasilkan holoselulosa dan selulosa. Sebagian dari serbuk bebas ekstraktif dihidrolisis dengan asam sulfat untuk mengukur kadar lignin. Selanjutnya residu dari penentuan kadar selulosa dilarutkan dalam alkali sehingga diperoleh  $\alpha$ -selulosa, dan dengan perhitungan akan diketahui komponen hemiselulosa.

Serbuk untuk analisis kimia diekstraksi dengan pelarut etanol-benzena (1: 2), etanol 95% dan air secara berturut-turut. Ekstraksi dengan etanol-benzena dan etanol dilakukan dengan cara *soxhlet*, masing-masing dengan volume 200 mL selama 6 jam. Sirkulasi pelarut 4-6 kali per jam.

Setelah diekstraksi dengan etanol-benzena, serbuk dan perangkat *soxhlet* dicuci dengan etanol. Ekstraksi serat kemudian dilanjutkan kembali dengan menggunakan etanol sampai pelarut tidak berwarna. Serbuk kemudian dicuci dengan akuades untuk menghilangkan etanol, kemudian dipindahkan ke dalam labu erlenmeyer 1000 mL, lalu ditambah 500 mL air mendidih. Serbuk kemudian dipanaskan kembali dalam penangas air selama 1 jam pada suhu  $100^\circ\text{C}$ . Setelah diekstraksi, serbuk dicuci dengan 500 mL air mendidih dan dikeringkan. Sampel disimpan dalam wadah kering dan tertutup.

#### Lignin

Kandungan lignin ditentukan dengan melarutkan dan menghidrolisis karbohidrat

dengan asam sulfat. Sebanyak 1 g serat bebas ekstraktif dimasukkan ke dalam gelas piala kecil. Dengan perlahan-lahan dan sambil diaduk pada serbuk ditambahkan 15 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% dingin (12-15 °C). Serbuk kayu harus tercampur dengan sempurna dengan cara pengadukan sekurang-kurangnya selama 1 menit. Campuran tersebut didiamkan selama 2 jam dengan seringkali diaduk dan suhu tetap dijaga antara 18-20°C. Campuran tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1 L dan ditambahkan 560 mL akuades sehingga konsentrasi mencapai 3%. Kemudian campuran dididihkan di atas penangas air selama 4 jam, disaring dengan kertas saring dan dicuci dengan air panas hingga bebas asam. Serbuk yang tertinggal dikeringkan dalam tanur dengan suhu 105°C lalu didinginkan dan ditimbang sampai bobot tetap.

$$\text{Lignin (\%)} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

a = bobot kering tanur serbuk setelah ekstraksi dengan asam sulfat

b = bobot serbuk sebelum ekstraksi dengan asam sulfat

#### **Holoselulosa**

Sebanyak 2 g serbuk bebas ekstraktif dimasukkan ke dalam gelas piala 300 mL, kemudian ditambahkan 2 g natrium klorit, 100 mL akuades dan 2 mL asam asetat, lalu dipanaskan di atas penangas air pada suhu 70 °C selama 1 jam. Proses penambahan natrium klorit, akuades, dan asam asetat dilakukan empat kali ulangan dan setiap kali penambahan diikuti dengan pemanasan di atas penangas air dengan suhu 70°C selama 1 jam. Campuran kemudian dicuci dengan air panas sampai bebas asam dan dikeringtanurkan pada suhu 105°C. Setelah dingin, residu ditimbang sebagai holoselulosa.

#### **Selulosa**

Sebanyak 2.5 g serbuk bebas ekstraktif dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, kemudian dibubuhkan 125 mL HNO<sub>3</sub> 3,5%. larutan tersebut dipanaskan di atas penangas air dengan suhu 80°C selama 12 jam. Residu yang diperoleh disaring dan dicuci dengan air panas sampai bebas dari asam dan untuk menghilangkan air dicuci dengan alkohol.

Sisa saringan dipindahkan ke dalam gelas piala 250 mL dan ditambahkan 125 mL larutan dari campuran 20 g NaOH dan 20 g Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> yang dilarutkan dalam 1 liter air lalu dipanaskan di

atas penangas dengan suhu 50°C selama 4 jam. Kemudian disaring, dicuci dengan air panas, lalu dengan 50 mL asam asetat 10%, dan dicuci kembali dengan air panas hingga bebas asam. Serbuk yang tersisa dikeringtanurkan pada suhu 105°C. Penentuan kadar selulosa dilakukan berdasarkan persentase serbuk setelah dilignifikasi terhadap bobot serbuk sebelum dilignifikasi.

#### **Analisis mikroskopis permukaan kayu**

Pada analisis mikroskopis permukaan kayu, tahapan yang dilakukan adalah persiapan specimen dan pengoperasian sistem *Scanning Electron Microscope* (SEM). Persiapan specimen dimulai dengan memotong kayu uji dengan ukuran tebal 2,5 mm dan lebar 0,5 mm, setelah itu specimen ditempel pada blok specimen menggunakan karbon ber perekat ganda. Specimen dibersihkan dengan meniupkan udara pada permukaannya, lalu dikeringkan dengan cara divakum, dan setelah kadar airnya cukup rendah yang ditandai dengan menyalnya lampu pada alat vakum, proses pelapisan permukaan specimen dengan materi konduktif (*coating metal*) dapat dilakukan. Bahan yang digunakan untuk pelapisan ini adalah emas (Au) dan waktu untuk pelapisan ini 4 menit. Setelah permukaan specimen rata terlapiasi oleh emas, proses pengoperasian SEM untuk memperoleh foto dalam bentuk stereo dengan perbesaran tertentu bisa dimulai.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Konsumsi makan tunggal**

Pengujian kesukaan (preferensi) makan tunggal ini merupakan suatu cara pengujian dengan memaksa rayap makan makanan yang disediakan karena tidak ada alternatif makanan lain. Tingkat preferensi ini diukur melalui besarnya kehilangan bobot uji kayu akibat konsumsi rayap dan persentase kematian (mortalitas) rayap tanah *M. gilvus*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kehilangan bobot kayu uji dalam 3 kali ulangan menunjukkan bahwa kayu kontrol dari awal sampai akhir perlakuan tidak mengalami perubahan. Sementara itu, rerata berat kayu uji selama perlakuan berkurang 8,2 mg/hari. Berat kayu uji sebelum dan setelah preferensi makan tunggal rayap tanah *M. gilvus* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Berat kayu umpan sebelum dan selama uji preferensi makan tunggal rayap tanah *M. gilvus*

Hari ke-	Kayu kontrol	Berat kayu umpan (mg)		
		Kayu uji (ulangan)		
		1	2	3
1	1,161	1,441	1,599	1,385
2	1,161	1,441	1,599	1,385
3	1,161	1,420	1,580	1,370
4	1,161	1,413	1,572	1,363
5	1,161	1,400	1,540	1,330

Hasil penelitian menunjukkan keseluruhan kayu baik kontrol maupun kayu uji termasuk golongan sangat rentan. Terdapat perbedaan yang sangat nyata antara kayu kontrol dengan kayu yang telah dimakan rayap dalam hal kehilangan bobotnya. Kayu kontrol tidak mengalami kehilangan berat pada awal sampai akhir perlakuan. Pada hari pertama dan kedua terlihat kayu umpan (uji) tidak dimakan oleh rayap, tetapi daya tahan hidup rayap turun sampai 75%. Pada hari ketiga dan keempat rayap terpaksa makan kayu umpan dengan konsumsi per individu 0,2 mg, dan 0,07 mg, dalam hal ini daya tahan hidup rayap mencapai 50%. Pada hari kelima rayap tidak ada yang hidup dan bobot kayu umpan berkurang sebesar 0,013 mg (Tabel 2).

**Tabel 2.** Rerata konsumsi pakan rayap tanah *M. gilvus* pada uji makan tunggal

Hari ke-	Jml ind	Kehilangan berat pakan (%)	Konsumsi per-individu (mg)	Daya tahan hidup (%)
1	200	0	0	100
2	150	0	0	75
3	100	0,021	0,2	50
4	25	0,007	0,07	12,5
5	0	0,013	0,5	0

Kehilangan bobot rerata dari semua pengujian adalah untuk kayu kontrol tidak mengalami kehilangan berat. Hal ini dapat dipahami karena sebelum diumpankan kayu telah dikeringanginkan selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air dalam kayu. Sementara itu pada kayu umpan terjadi penurunan sebesar berkurang 8,2 mg/hari. Kehilangan bobot pada kayu umpan ini diduga karena kekerasan kayu berpengaruh terhadap daya tahan kayu tersebut.

Tingkat kesukaan makan rayap berbeda-beda tergantung masing-masing spesies. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi rayap adalah

keadaan lingkungan, ukuran badan dan ukuran koloni. Kebutuhan makan rayap kayu kering jenis *Incisitermes minor* Hagen dari berbagai macam kayu komersial di Jepang dan Amerika adalah 0,04-0,26 mg/hari (Yuliati et al. 2007). Hal ini disebabkan koloni rayap *I. minor* berukuran 1 mm, lebih kecil dibanding rayap *M. gilvus*, demikian juga ukuran badan *M. gilvus* 3,5 mm, lebih besar dibandingkan ukuran tubuh *I. minor* (Tho 1992; Subekti et al. 2008)

Kerusakan kayu akibat jamur dapat terjadi sewaktu kayu masih di hutan atau pada saat masa penggunaan. Kerusakan kayu oleh jamur pelapuk sangat mempengaruhi sifat fisik dan kimia kayu. Penurunan berat kayu karena serangan jamur pelapuk pada berbagai macam kayu komersial berkisar 4,28-43,3% (Thulasidas dan Bhat 2007).

### Mortalitas rayap

Mortalitas tertinggi pada kayu umpan terjadi pada hari kelima (100%) dengan kehilangan bobot 0,013%. Sementara itu, mortalitas rayap yang paling rendah terjadi pada hari pertama dengan kehilangan bobot kayu umpan 0%. *M. gilvus* merupakan salah satu jenis rayap yang memiliki simbiosis mutualisme dengan jamur *Termitomyces*. Faktor-faktor yang mempengaruhi fertilitas rayap antara lain: faktor edafis, serta faktor makro- dan mikro-klimat. Hal ini yang menyebabkan rayap *M. gilvus* sangat rentan jika dipindahkan dari habitat alami untuk di uji dalam termitarium (Subekti et al. 2008).

Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya kecenderungan hubungan terbalik antara kehilangan bobot dengan mortalitas rayap. Mortalitas rayap dipengaruhi oleh ada tidaknya daya tarik kayu menjadi sumber makanan bagi rayap tersebut misalnya kekerasan permukaan dan adanya bahan yang merangsang aktivitas rayap (Bignell et al. 2010). Mortalitas rayap terjadi karena tidak ada ketertarikan rayap terhadap makanan yang disediakan dan tidak adanya alternatif makanan lain.

Tectoquinone, isodesoxylapachol, desoxylapachol dan lapachol adalah senyawa aktif alami yang terdapat pada sebagian besar kayu (Lukmandaru dan Takahashi 2009). Semakin lama usia kayu setelah ditebang, maka semakin turun kandungan dan konsentrasi senyawa-senyawa alami dalam kayu. Kondisi ini sangat menguntungkan bagi organisme perusak kayu.

### Konsumsi makan ganda dalam koloni

Hasil penelitian setelah tiga bulan pengujian diperoleh data preferensi makan rayap tanah *M. gilvus* diukur dari kehilangan bobot kayu.

**Tabel 3.** Kehilangan bobot contoh kayu uji pada uji preferensi makan ganda dalam koloni

	Bobot kayu sebelum perlakuan (g)			Bobot kayu setelah perlakuan (g)			Total	Rerata (%)
	1	2	3	1	2	3		
Kontrol	1724	1869	1758	1724	1869	1758	5351	0
Perlakuan	1878	1972	1745	698	846	706	2250	57.95%

Tabel 3 menunjukkan perbedaan kehilangan bobot yang sangat besar antara kayu uji dengan kayu kontrol. Kehilangan bobot rerata sebesar 57.95%, hal ini menunjukkan bahwa kayu uji merupakan jenis kayu dengan kelas awet rendah atau golongan rentan. Sementara itu, pada kayu kontrol bobot rata-rata tidak berubah, hal ini berarti pada kayu kontrol tidak terjadi penguapan disebabkan sebelum perlakuan kayu telah dikering anginkan terlebih dahulu. Dari Gambar 1 dibawah ini terlihat perbedaan nyata bagian permukaan kayu kontrol dengan kayu yang telah dimakan rayap tanah *M. gilvus*.

Dari hasil pengamatan selama tiga bulan pengujian diperoleh data preferensi makan rayap yang diukur dari kehilangan bobot kayu. Kehilangan bobot rerata terjadi pada kayu yang disukai (kayu uji) rayap *M. gilvus* terlihat dari permukaannya dengan kerusakan yang parah bila dibandingkan dengan kayu kontrol.

Perilaku makan rayap di lapangan bergantung pada tempat koloni berada dan jumlah populasi yang ada. Di alam, rayap dihadapkan pada banyak pilihan makanan, dalam keadaan tersebut rayap akan memilih tipe makanan yang paling disukai dan sumber makanan yang lainnya akan ditinggalkan. Pada pengujian ini kondisi termitarium agak mendekati kondisi di lapangan dalam hal ketersediaan sumber makan yang beragam. Bila dibandingkan dengan uji preferensi makan tunggal, pada pengujian ini terjadi perbedaan yang sangat besar antara kehilangan bobot kayu kontrol dengan kayu yang diumpankan. Disini terlihat jelas bahwa pada awalnya rayap mencoba mencicipi kayu yang disediakan dan pada akhirnya lebih banyak menyerang kayu yang disukainya. Syaraf perasa *gustatory* rayap diduga berperan besar dalam pengujian ini. Secara acak, rayap akan menyerang baik kayu lapuk maupun kayu yang segar. Tetapi jika diumpankan keduanya, maka rayap akan lebih suka kayu yang lapuk jika dibandingkan dengan kayu yang segar. Rayap tertarik oleh senyawa yang terdapat pada kayu yang lapuk, bahkan bau dari jamur yang merangsang rayap untuk makan dan membuat liang-liang kembara. Dikatakan bahwa kayu yang lapuk oleh jamur lebih kaya akan senyawa bernitrogen sehingga dengan memakan kayu yang lapuk oleh jamur yang sesuai, rayap akan mendapatkan makanan dengan gizi yang lebih baik (Nandika dan Tambunan 1989). Semakin tinggi derajat pelapukan, maka semakin banyak bagian kayu yang dimakan oleh rayap.



A



B

**Gambar 1.** Termitarium tempat pengujian preferensi makan ganda rayap *M. gilvus* (A). Perbandingan permukaan kayu kontrol dengan kayu uji yang telah dimakan rayap (B).

### Analisis kandungan kimia

Tabel 4 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kandungan lignin kayu kontrol 26,79% dan kayu uji 21,91%; kadar holoselulosa kayu kontrol 68,91% dan kayu uji 60,92%; kadar selulosa kayu kontrol 54,20% dan kayu uji 43,64%. Secara lengkap kadar lignin, holoselulosa, dan selulosa kayu kontrol dan kayu uji rayap tanah *M. gilvus* ditunjukkan pada Tabel 17.

**Tabel 4.** Kadar lignin kayu kontrol dan kayu uji rayap tanah *M. gilvus*

Nama	% Lignin	% Holo-selulosa	% Selulosa
Kayu kontrol	26.79	68.91	54.20
Kayu uji	21.91	60.92	43.64

Analisis kimia terhadap kayu uji dan kayu kontrol dimaksudkan untuk mengukur besarnya perubahan komposisi kimianya setelah mendapat perlakuan tersebut dan pengaruhnya terhadap preferensi makan rayap tanah *M. gilvus*. Komponen kimia yang diamati meliputi lignin, holoselulosa, selulosa, dan hemiselulosa. Analisis kimia ini dilakukan pada serbuk kayu uji dan kayu kontrol. Kadar lignin, holoselulosa, selulosa pada serbuk kayu uji cenderung lebih rendah daripada kayu kontrol (Tabel 4).

Kadar lignin pada kayu kontrol 26,79%, sedangkan kayu uji 21,91%. Pada kayu kontrol kadar ligninnya lebih tinggi daripada kayu uji kemungkinan terjadi karena adanya kondensasi lignin pada suhu tinggi yang menyebabkannya lebih sukar larut. Kemungkinan terjadinya kondensasi lignin ditunjukkan dengan adanya warna hitam pada permukaan kayu. Degradasi lignin pada kayu pinus disebabkan adanya simbiosis dengan organisme prokariot (bakteri dan protozoa) yang terdapat dalam usus rayap tanah *M. gilvus* dan menghasilkan enzim lignoselulase (Ohkuma 2003).

Simbiosis antara rayap *M. gilvus* dan beberapa jenis bakteri yang terdapat dalam usus rayap menghasilkan senyawa-senyawa, antara lain:  $\beta$ -O-4,  $\beta$ -1, phenylcoumarane dan ikatan biphenyl yang dapat mendegradasi lignin sampai 60%-95% (Kato et al. 1998).

Kecenderungan lebih rendahnya kadar lignin, holoselulosa, dan selulosa pada kayu uji dibandingkan dengan kayu kontrol terjadi karena pada kayu uji terjadi degradasi komponen-komponen kimia dan proses oksidasi dan/atau hidrolisis pada kayu tersebut melalui proses kimiawi kayu uji.

Kadar selulosa pada serat kayu kontrol adalah 54,20%, sementara pada kayu uji kadarnya mencapai 43,64%. Kecenderungan kadar selulosa pada kayu uji lebih rendah daripada kayu kontrol, disebabkan rayap memakan kayu uji yang mengandung banyak selulosa dan dibantu oleh jamur yang terdapat dalam kayu uji. Dengan demikian kadar selulosa yang terdapat dalam kayu uji lebih rendah dibanding dengan kayu kontrol.

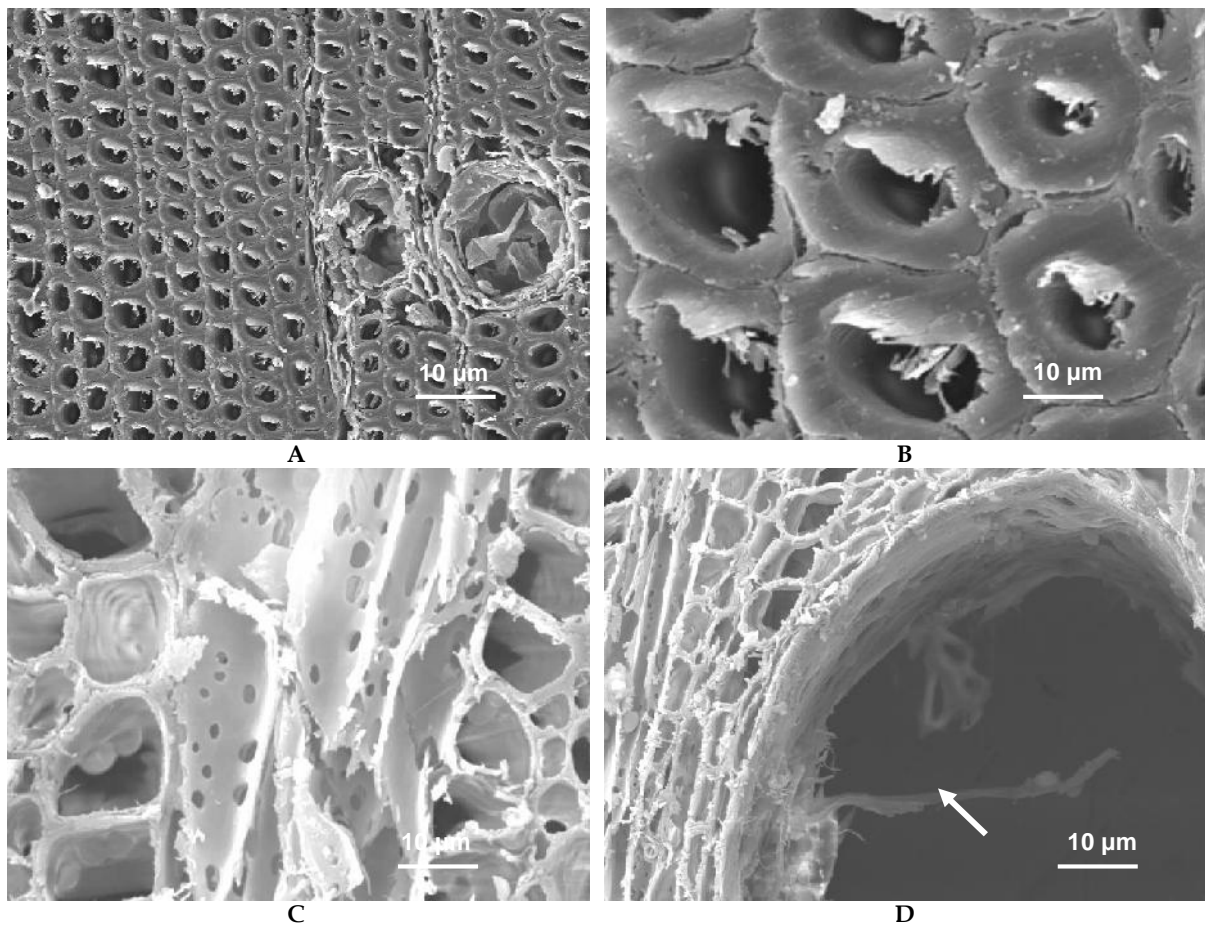
Kadar hemiselulosa merupakan hasil pengurangan dari kadar holoselulosa dengan kadar  $\alpha$ -selulosa. Dari hasil pengurangan tersebut, kadar hemiselulosa pada kayu kontrol adalah 68,91%, sementara pada kayu uji adalah 60,92%. Dari analisis kimia, diketahui kandungan holoselulosa dan lignin pada kayu uji cenderung lebih rendah daripada kayu kontrol.

### Analisis mikroskopis permukaan kayu

Kayu pinus yang dianalisis dengan SEM dalam penelitian ini meliputi kayu kontrol dan kayu uji. Analisis pada kayu kontrol menunjukkan gambaran dinding sel kayu masih terlihat utuh dengan pori-pori yang juga masih utuh (Gambar 2a, 2b), sementara pada kayu yang lapuk oleh rayap *M. gilvus* tampak adanya kerusakan (Gambar 2c, 2d). Secara lengkap perbedaan analisis mikroskopis antara kayu kontrol dan kayu uji dapat dilihat pada Gambar 2.

Analisis pada kayu kontrol menunjukkan gambaran dinding sel kayu masih terlihat utuh dengan pori-pori kayu tertutup dan serat-serat pada dinding sel juga masih utuh. Sementara itu, hasil analisis mikroskopis pada kayu uji terlihat bahwa pori-pori kayu tidak utuh lagi menunjukkan kerusakan pada dinding sel kayu yang sangat besar apabila dibandingkan dengan kayu kontrol (2c), serta terlihat adanya hifa jamur yang menembus dinding sel pada kayu. Adanya hifa jamur yang menembus dinding sel kayu tersebut menyebabkan kayu menjadi rapuh sehingga kekerasan permukaannya menjadi sangat rendah (Gambar 2d).

Mekanisme masuknya jamur ke dalam sel kayu antara lain melalui sel parenkim dan menyebar ke seluruh bagian sel lainnya. Hifa jamur menekan trakeid dan bergerak dari sel ke sel lain melalui bagian sel yang disebut *pits* dan membuat lebih mudah ditembus air. Jamur adalah organisme perusak pertama dan menghasilkan feromon yang memberi sinyal pada rayap untuk bergabung. Kondisi demikian sangat menguntungkan rayap dalam merombak bahan organik dalam kayu (Little et al. 2012).



**Gambar 2.** Penampakan kayu kontrol perbesaran 500x (A); penampakan kayu kontrol perbesaran 1000X (B); penampakan kayu uji perbesaran 500x (C); penampakan kayu uji perbesaran 1000x (D). Panah = hifa.

Saat kayu masih menjadi pohon, terdapat bagian sel yang disebut “pits” berfungsi untuk transportasi cairan asam resin, monoterpenes, asam lemak, dan zat ekstraktif lainnya. Senyawa-senyawa tersebut berfungsi untuk melindungi kayu dari organisme perusak, misalnya: rayap, kumbang, jamur dan lain-lain. Setelah menjadi kayu kering, bagian sel yang sering disebut *pits* memiliki potensi untuk diganggu organisme perusak. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya cairan yang berisi zat-zat ekstraktif pelindung tanaman yang terdapat di dalamnya (Mai et al. 2004).

Penurunan berat kayu pinus (*Pinus sylvestris* L) oleh rayap *Coptotermes formosanus* oleh jamur pelapuk *Postia placenta* rata-rata 27,13% setelah tiga minggu (Temiz et al. 2006). Di dalam tubuh rayap tanah terdapat beberapa species jamur yang berfungsi menghasilkan enzim *sellulase*, seperti *Spirotrichonympha leidyi*, *Holomastigotoides mirabile*, dan *Pseudotrichonympha grassii* (Nakashima et al. 2002). Sementara itu enzyim

*amylase*, *protease* dan *glycosyl hydrolase* yang dihasilkan protozoa membantu rayap tanah *M. gilvov* untuk mendegradasi *sellulose* (Bayane dan Guiot 2011).

Dalam proses degradasi senyawa-senyawa dalam kayu, jamur *Termitomyces* menghasilkan enzim *sellulase* dan *xylanase* untuk mendegradasi *sellulose* dan *hemisellulose*. *Termitomyces* juga menghasilkan enzim *laccase* yang membantu rayap mendegradasi senyawa lignin (Johjima et al. 2006), *Termitomyces* kaya dengan nitrogen yang dibutuhkan rayap untuk hidup dan berkembang biak (Sawhasan et al. 2012).

Rayap tanah *M. gilvov* berkebum jamur di dalam sarangnya, terutama *Termitomyces* (Jouquet et al. 2005). Peranan jamur dalam sarang rayap terhadap ekosistem alam sangat menguntungkan untuk meningkatkan kadar C dan N dalam tanah dan mineral tanah ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  dan  $\text{Na}^+$ ). Biomass jamur *Termitomyces* dalam sarang rayap *M. gilvov* adalah 1,1 g/m<sup>2</sup>, sementara *M. carbonarius* 3,4

gr/m<sup>2</sup> dan *M. annandalei* 10,6 g/m<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa jamur dalam sarang rayap tanah *M. gilvus* berperan sangat positif dalam proses degradasi bahan-bahan organik menjadi bahan-bahan anorganik di dalam ekosistem alam (Yamada et al. 2005).

## KESIMPULAN

Dari kajian preferensi makan tunggal rayap tanah *M. gilvus* (Isoptera: Termitidae) terhadap kayu pinus diketahui bahwa rerata kehilangan bobot sebesar 8.2 mg/hari selama lima hari pengamatan. Kajian preferensi makan ganda rayap tanah *M. gilvus* terhadap kayu pinus diketahui bahwa rerata kehilangan bobot sebesar 57,95% selama tiga bulan. Penurunan kekerasan pada kayu dan perubahan sifat serta komposisi kimia kayu menyebabkan kerusakan pada dinding sel kayu dan diduga meningkatkan preferensi makan rayap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bayane A, Guiot SR. 2011. Animal digestive strategies versus anaerobic digestion bioprocesses for biogas production from lignocellulosic biomass. *Environ Sci Biotechnol* 10: 43-62.
- Bignell DE, Eggleton P. 2000. Termites in ecosystem. In: Abe T, Bignell DE, Higashi M (eds). *Termites: Evolution, sociality, symbioses, ecology*. Kluwer, London.
- Bignell DE, Roisin Y, Lo N. 2010. *Biology of termites: A modern synthesis*. Springer, London.
- Indrayani Y, Yoshimura T, Yanase Y, Imamura Y. 2007. Feeding responses of the western dry-wood termite *Incisitermes minor* (Hagen) (Isoptera: Kalotermitidae) against ten commercial timbers. *J Wood Sci* 53: 239-248.
- Johjima T, Taprab Y, Noparatnaraporn N, Kudo T, Ohkuma M. 2006. Large-scale identification of transcripts expressed in a symbiotic fungus (*Termitomyces*) during plant biomass degradation. *Appl Microbiol Biotechnol* 73: 195-203.
- Jouquet P, Barré P, Lepage M. 2005. Impact of subterranean fungus-growing termites (Isoptera, Macrotermitinae) on chosen soil properties in a West African Savanna. *Bruce Velde Biol Fert Soil* 41: 365-370.
- Kato K, Kozaki S, Sakuranaga M. 1998. Degradation of lignin compounds by bacteria from termite guts. *Biotechnol Lett* 20 (5): 459-462.
- Krishna K, Weesner FM. 1969. *Biology of termites*. Vol. II. Academic Press, New York.
- Lee CY. 2002. Control of foraging colonies of subterranean termites *Coptotermes travians* (Isoptera : Rhinotermitidae) in Malaysia using hexaflumuron baits. *Sociobiology* 39: 3
- Little NS, Riggins JJ, Schultz TP, Londo AJ, Ulyshen MD. 2012. Feeding Preference of Native Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae: Reticulitermes) for wood containing bark beetle pheromones and blue-stain fungi. *J Insect Behav* 25: 197-206.
- Lukmandaru G, Takahashi K. 2009. Radial distribution of quinones in plantation teak (*Tectona grandis* L.f.). *Ann For Sci* 66: 605-605.
- Mai C, Kues U, Militz H. 2004. *Biotechnology in the Wood Industry*. *Appl Microbiol Biotechnol* 63: 477-494.
- Nakashima K, Watanabe H, Azuma JI. 2002. Cellulase genes from the parabasalian symbiont *Pseudo-trichonympha grassii* in the hindgut of the wood-feeding termite *Coptotermes formosanus*. *Cell Mol Life Sci* 59: 1554-1560.
- Nandika D, Tambunan B. 1989. Deteriorasi kayu oleh organisme perusak. Pusat Antar Universitas IPB, Bogor.
- Ohkuma M. 2003. Termite symbiotic systems: Efficient bio-recycling of lignocellulose. *Appl Microbiol Biotechnol* 61: 1-9.
- Ridout B. 2004. *Timber decay in buildings: The conservation approach to treatment*. Spon Press, London.
- Sawhasan P, Worapong J, Flegel TW, Vinijsanun T. 2012. Fungal partnerships stimulate growth of *Termitomyces clypeatus* Stalk mycelium in vitro. *World J Microbiol Biotechnol* 28: 2311-2318.
- Subekti N, Nandika D, Duryadi D, Surjokusumo S, Anwar S. 2007. Characteristic habit subterranean termite of *Macrotermes gilvus* Hagen in Ujung Kulon National Park. *MIPA Journal* 30 (3): 227-232.
- Subekti N, Nandika D, Duryadi D, Surjokusumo S, Anwar S. 2008. Distribution and characteristic subterranean termite of *Macrotermes gilvus* Hagen in Natural Forest. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan* 1 (1): 27-33.
- Temiz A, Kartal SN, Alfredsen G, Eikenes M, Demirtas I. 2006. Fungal and termite resistance of wood treated with 4-methoxytrityl tetrafluoroborate. *Holz als Roh-und Werkstoff* 64: 411-414.
- Tho YP. 1992. *Termites of Peninsular Malaysia*. *Malayan Forest Records* 36: 1-224.
- Thulasidas PK, Bhat KM. 2007. Chemical extractive compounds determining the brown-rot decay resistance of teakwood. *Holz Roh Werkst* 65: 121-124.
- Yamada A, Inoue T, Wiwatwitaya D, Ohkuma M, Kudo T, Abe T, Sugimoto A. 2005. Carbon mineralization by termites in tropical forests with emphasis on fungus combs. *Ecol Res* 20: 453-460.