

**EVALUASI ASAP CAIR SEBAGAI BIO-TERMITISIDA
UNTUK PENGENDALIAN RAYAP TANAH *Coptotermes* sp.
(Evaluation of Liquid Smoke as Bio-Pesticide to Control
Subterranean Termites *Coptotermes* sp.)**

**Yuliati Indrayani, H.A. Oramahi, Nurhaida
Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura, Pontianak
e-mail: mandaupermai@yahoo.com**

ABSTRACT

Coptotermes sp. is the most important genus of termites in buildings and plantations. In recent years, methods to combat termite infestation by using chemicals have caused serious hazards to humans and environment. The utilization of liquid smoke as the bio-termiticide to combat termite infestation is one of the appropriate and interesting technologies to develop. The aims of this research are: (1) to produce liquid smoke made from waste of empty fruit branch of oil palm by applying a condensation process, (2) to determine the optimum temperature of the production of liquid smoke, (3) to identify the component of liquid smoke, (4) to evaluate the bio-activity of liquid smoke as bio-termiticide on termites in the laboratorium.

Liquid smoke was produced under various temperatures 350, 400, 450 ° C for 90 minutes. Phenol and acid analysis the components of liquid smoke were qualitatively analysed by using a gas chromatography mass spectrometer/GCMS. Evaluation of liquid smoke on subterranean termite was done according to Ohmura (1997) procedure under various concentration of 1%, 2%, 3%, dan 4%.

Identification of the component of liquid smoke showed that mostly phenols and acetic acids were present in all temperature of pyrolysis. Content of phenols and acids were increasing with higher temperatures. The highest mortality of termite after 3 (three) weeks observation was recorded using liquid smoke produced at a temperature of 450 °C, followed by 400°C, 350°C and the control, respectively. The highest weight loss of the paper disc was observed with the control with a weight loss of 100%, followed by 350°C, 400°C, dan 450°C, respectively.

Key words: Liquid smoke, TKKS, Bio-termiticide, Coptotermes sp.

PENDAHULUAN

Rayap jenis *Coptotermes* dikenal sebagai hama penting yang menyerang bangunan maupun tanaman perkebunan. Sampai saat ini, cara penanggulangan bahaya rayap yang banyak digunakan adalah dengan penggunaan bahan kimia yang dapat berbahaya bagi operator maupun bagi lingkungan. Kebanyakan pestisida untuk rayap dirancang untuk melindungi bangunan terutama bagian yang terbuat dari kayu. Oleh karena itu, termitisida yang banyak beredar saat ini memiliki residu yang dapat

bertahan lama dalam tanah dan sulit terurai sehingga dapat mencemari lingkungan.

Pengendalian rayap secara biologis menggunakan agen hayati dari golongan cendawan, nematoda, virus dan bakteri entomopatogen untuk pengendalian rayap tanah sudah pernah diteliti (Khan *et.al.*, 1991, Suzuki 1991, Milner, 1996, John *et.al.* 1996, dan Pearce, 1997). Penggunaan ekstraktif dari berbagai macam jenis kayu dan tumbuhan untuk mengendalikan serangan rayap juga sudah ada yang melakukan (Ohmura *et.al.*, 1997,

Syafii, 1996). Penerapan teknologi pengumpulan- an (baiting) untuk mengeliminasi koloni rayap sudah pernah diteliti pula (Indrayani *et.al*, 2007).

Alternatif lain yang dapat dilakukan untuk mengendalikan hama rayap adalah dengan menggunakan bahan kimia ramah lingkungan yaitu dengan menggunakan asap cair (*liquid smoke*). Asap cair merupakan suatu campuran larutan dari dispersi koloid asap kayu dalam air, yang dibuat dengan mengkondensasikan asap dari hasil pembakaran kayu tersebut (Maga, 1987). Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa asap cair dari berbagai jenis kayu mempunyai potensi sebagai pengawet alami, yaitu sebagai antibakteri dan antijamur. Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan asap cair dari limbah TKKS yang selama ini belum dimanfaatkan sebagai termitisida alami pembasmi rayap.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan suhu pembakaran optimum pada proses pembuatan asap cair, mengidentifikasi komponen penyusun asap cair dari limbah TKKS yang berperan sebagai biopestisida anti rayap, menguji efektivitas asap cair TKKS terhadap rayap di laboratorium.

Pemanfaatan asap cair sebagai pestisida alami untuk mengendalikan rayap merupakan suatu pilihan teknologi yang tepat dan menarik untuk dikembangkan. Dengan digunakannya asap cair sebagai bahan untuk mengendalikan aktifitas rayap maka di- harapkan tidak terjadi lagi pencemaran yang diakibatkan oleh penggunaan bahan kimia beracun.

METODOLOGI PENELITIAN

Pembuatan asap cair (Tranggono, 1996; Darmadji dkk, 2000)

Asap cair dibuat dengan memasukkan limbah TKKS ke dalam reaktor kemudian ditutup dan rangkaian kondensor dipasang. Selanjutnya dapur pemanas dihidupkan dengan suhu yang dikehendaki. Pada penelitian ini suhu yang digunakan adalah 350, 400, 450 ° C, selama 90 menit. Asap yang keluar dari reaktor disalurkan kekolom pen- dingin melalui pipa penyalur, kemudian ke dalam kolom pendingin ini dialirkan air dingin dengan menggunakan pompa. Embunan berupa asap cair ditampung dalam botol, sedangkan asap yang tidak dapat diembunkan dibuang melalui pipa penyalur asap sisa. Randemen asap cair termasuk di dalamnya tar dan arang yang diperoleh dihitung sebagai % berat.

Analisis Komponen Penyusun Asap Cair Secara Kuantitatif

(a) Analisis Fenol (Senter dkk., 1989)

Analisis fenol dilakukan dengan cara mengencerkan 1 ml asap cair sampai volume 1.000 ml. Dari larutan ini diambil 1 ml dan ditambahkan dengan 5 ml larutan NaCO₃ alkalis dan dibiarkan pada suhu kamar selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 0,5 ml reagen Folin-Ciocalteau (reagen komersial : aquades 1:1 v/v) dan digojok dengan vortex-shaker. Setelah dibiarkan selama 30 menit absorbansinya dibaca terhadap larutan blanko pada panjang gelombang 750 mm. Konsentrasi fenolat larutan sampel dihitung berdasarkan kurva standar yang diperoleh dari larutan fenol murni.

(b) Analisis Asam (AOAC, 1990)

Analisis asam dilakukan dengan cara menimbang lebih kurang 1 ml asap cair lalu diencerkan sampai volume 100 ml. Selanjutnya dititrasi dengan larutan standar NaOH 0,1 N sampai pHnya 8. Kadar asam dinyatakan dalam persen berat asam asetat.

(c) Analisis Komponen Asap Cair secara Kualitatif dengan GCMS (Gas Chromatography Mass Spectrometer)

Analisa senyawa-senyawa penyusun asap cair dengan menggunakan GCMS yaitu: asap cair diekstrak dengan menggunakan pelarut diklorometan, kedalam 5 ml asap cair ditambahkan 5 ml diklorometan kemudian digojog dalam corong pemisah selama 5 menit. Setelah didiamkan sebentar fraksi atas (diklorometan) dipisahkan dari fraksi bawah. Kemudian fraksi atas ditampung dan ke dalam fraksi bawah ditambahkan lagi 5 ml diklorometan, digojog lagi dalam corong pemisah seperti yang pertama tadi. Fraksi atas yang di- hasilkan ekstraksi kedua ini dicampur- kan dengan fraksi atas hasil pemisah pertama, kemudian dipekatkan dengan meniupkan gas Nitrogen sampai volume yang terisi 1 ml. Hasil tersebut kemudian dideteksi menggunakan GC-MS dengan kondisi

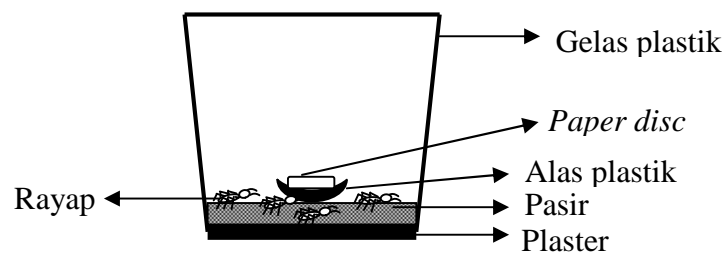
operasi: jenis pengion: EI (*Electron Impact*), suhu injektor: 280°C, jenis kolom: DB-1 (*Fused silica*) dengan panjang 30m, suhu kolom 70°C dengan kenaikan 5 °C/menit, gas pembawa: Helium dengan tekanan 10 K.Pa.

Uji efektifitas asap cair limbah TKKS terhadap rayap tanah

Sebelum penelitian dimulai rayap tanah *Coptotermes curvignathus* sebagai organisme uji di kumpulkan dari kayu-kayu yang terserang rayap, kemudian di pelihara dalam kontainer fibre glass berisi kayu-kayu sebagai makanannya. Pemeliharaan sebelum penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa hanya rayap yang sehat dan aktif yang digunakan dalam penelitian. Tahapan pengujian efektifitas asap cair terhadap rayap dilakukan sebagai berikut:

(a) Persiapan Gelas Uji

Pengujian efektifitas asap cair terhadap rayap mengikuti prosedur Ohmura (1997). Gelas uji dibuat dari gelas plastik berbentuk silinder dengan ukuran diameter atas 6 cm; diameter bawah 5 cm; tinggi 5 cm) dengan plaster paris setebal 5 mm di bawahnya. Kedalam Gelas uji dimasukkan 10 g pasir berukuran 30-50 mesh dan di beri 2 ml aquades untuk memberi kelembaban. Kapas basah di dihamparkan pada bagian bawah gelas uji untuk tetap menjaga kelembaban (Gambar 1).



Gambar 1. Metoda pengujian rayap (*Termite set-up experiment*)

(b) Pengujian asap cair terhadap rayap

Paper disc dimasukkan dalam oven pada suhu 40°C selama 6 jam dan disimpan dalam desikator selama 1 hari. Selanjutnya ditimbang untuk mengetahui berat awal. Kemudian *paper disc* direndam dalam asap cair dengan konsentrasi berturut-turut 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%. Sebagai kontrol pada *paper disc* tidak diberi perlakuan. Setelah dikeringkan, *paper disc* dimasukkan kedalam desikator selama 1 hari. *Paper disc* kontrol tanpa direndam asap cair dikeringkan dengan cara yang sama. Untuk pengujian terhadap rayap, *paper disc* tersebut diletakkan diatas alas plastik dan dimasukkan ke dalam gelas uji kemudian 50 rayap dari kasta pekerja dan 5 rayap kasta prajurit juga dimasukkan kedalam gelas uji (Gambar 1). Gelas-gelas uji tersebut dimasukkan kedalam bak/wadah plastik dan disimpan dalam ruangan gelap selama tiga minggu. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali, dan jumlah rayap yang hidup dihitung setiap dua hari.

Setelah tiga minggu, *paper disc* di angkat, dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 6 jam dan disimpan dalam desikator selama 1 hari kemudian ditimbang. Selanjutnya kehilangan berat masing-masing *paper disc* di hitung.

Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini teknik pengumpulan data yang digunakan adalah secara kualitatif dan secara kuantitatif.

Untuk pengumpulan data asap cair secara kualitatif dipergunakan peralatan Kromatografi Gas Spektrofotometer Massa (GCMS) dan data yang diamati adalah komponen penyusun asap cair. Sedangkan untuk pengumpulan data secara kuantitatif dipergunakan seperangkat alat untuk analisis fenol dan asam.

Uji efektifitas (daya racun) asap cair limbah TKKS terhadap rayap dilakukan secara kuantitatif meliputi mortalitas/tingkat kematian rayap dan kehilangan berat *paper disc*. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat alat untuk pengujian rayap sesuai dengan prosedur Ohmura (1997). Tingkat kematian rayap dan pengurangan berat *paper disc* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Tingkat kematian rayap (*Mortalitas*)

Pengamatan mortalitas rayap dilakukan pada tiap minggu. Mortalitas rayap di hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{A}{B} \times 100 \%$$

Keterangan:

A : jumlah individu rayap yang mati

B : total individu rayap mula-mula

b. Pengurangan berat (*Weight Loss*)

Pada akhir pengamatan dilakukan penimbangan contoh uji untuk mengetahui persentase pengurangan berat *paper disc* akibat serangan rayap. Persentase pengurangan berat contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Komponen Penyusun Asap Cair Secara Kuantitatif

Asap cair yang dihasilkan dari limbah TKKS berupa cairan bersifat asam dan berwarna coklat gelap. Asap cair hasil fraksinasi pada berbagai variasi suhu dianalisa komposisi kimianya yang meliputi kadar fenol dan asam. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 1.

$$PB (\%) = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

PB : Pengurangan Berat

W_0 : berat *paper disc* sebelum diumpankan ke rayap (g)

W_1 : berat *paper disc* setelah diumpankan ke rayap (g)

Tabel 1. Rerata Kandungan Asam dan Fenol Asap Cair TKKS Hasil Fraksinasi pada Berbagai Suhu (*Average of Components of acetic acid and phenol of liquid smoke from fractionation under various temperatures*)

Suhu	Kandungan Asam	Kandungan Fenol
350°C	5,40	2,18
400°C	5,89	2,26
450°C	6,31	3,63

Hasil pirolisis pada berbagai variasi suhu menunjukkan kandungan fenol yang makin meningkat dengan suhu pirolisis yang makin. Hal ini didukung oleh Girard (1992) yang menyatakan bahwa besar kecilnya kandungan fenol pada asap cair dipengaruhi oleh suhu pirolisa. Fenol merupakan hasil pemecahan komponen kayu berupa lignin, semakin banyak kandungan lignin pada kayu maka makin besar pula kandungan fenol yang dihasilkan dalam asap cair. Menurut Maga (1987), pirolisis lignin terjadi pada suhu 310-500, artinya bila suhu tersebut tidak tercapai maka degradasi lignin pada proses pirolisis tersebut belum terjadi sehingga berpengaruh pada kandungan fenol yang dihasilkan.

Kandungan fenol asap cair pada suhu pirolisis 450°C lebih banyak dibanding suhu 400°C dan 350°C. Hal

ini dimungkinkan karena pada asap cair tersebut fenol yang ada merupakan jumlah total fenol. Fenol terdiri dari rantai pendek, sedang, dan panjang dengan titik didih yang berbeda (Halim et.al., 2006). Fenol yang tersusun dari rantai pendek akan lebih cepat menguap dibandingkan dengan senyawa fenol rantai sedang maupun panjang. Kemungkinan pada asap cair hasil pirolisis pada suhu 450°C semua fenol menguap dengan sempurna sehingga kandungannya lebih banyak dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah.

Total asam asap cair dihitung sebagai persen asam asetat. Hasil pengujian asam asap cair pada Tabel 1 menunjukkan trend yang sama dengan pengujian fenol, yaitu semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin tinggi pula kandungan asam asap cair. Asam dalam asap cair juga merupakan hasil

pirolisa selulosa. Pirolisa selulosa berlangsung dalam dua tahap, tahap pertama merupakan reaksi hidrolisis asam yang diikuti dengan dehidrasi untuk menghasilkan glukosa, sedangkan tahap kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama-sama dengan air (Girard, 1992).

Senyawa asam asap cair terdiri atas senyawa asam rantai pendek, rantai sedang, dan rantai panjang. Pada suhu pirolisis rendah diduga senyawa asam rantai pendek yang terfraksinasi, sedangkan senyawa asam rantai sedang dan rantai panjang belum. Di lain pihak, pada suhu pirolisis tinggi senyawa asam baik rantai pendek, rantai sedang, maupun rantai panjang semua menguap sehingga pada suhu ini kadar asamnya lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan hasil pengukuran pH asap cair, makin besar kandungan asam yang ada makin rendah pula angka pH nya.

Analisis Komponen Asap Cair secara Kualitatif dengan GCMS

Dari hasil spektra kromatografi gas asap cair hasil pirolisis pada suhu 350°C terlihat adanya 21 puncak yang didalamnya terdeteksi 21 senyawa organik. Senyawa penyusun asap cair TKKS terdiri dari beberapa senyawa asam, karbonil, dan fenol. Hal ini

menunjukkan bahwa senyawa diatas dihasilkan dari pirolisis limbah TKKS. Senyawa yang waktu retensinya 8,832 menit pada suhu pirolisis 350°C adalah: 2-Furanmethanol, tetrahydro -(CAS) Tetrahydrofurfuryl alcohol, Butanoic acid, 2-propenyl ester (CAS) Allyl Butanoate.

Pada suhu pirolisis 400°C terdapat 14 puncak yang didalamnya terdeteksi 14 senyawa organik. Senyawa yang waktu retensinya 8,857 menit yang dihasilkan pada suhu pirolisis 400°C adalah Butanoic acid, 2-propenyl ester (CAS) Allyl N-Butanoate, 2-Furan- methanol, tetrahydro-(CAS) Tetrahydro- furfuryl alcohol.

Pengujian dengan GCMS terhadap asap cair TKKS dengan suhu pirolisis 450°C terdeteksi 17 senyawa organik. Senyawa dengan waktu retensi 8,857 menit pada suhu pirolisis 450°C adalah 2(3H)- Furanone, dihydro-(CAS) Butyrol- actone.

Efektivitas Asap Cair TKKS Terhadap Rayap *Coptotermes* sp. *Mortalitas Rayap*

Rerata mortalitas rayap *Coptotermes* sp. setelah 3 (Tiga) minggu pengujian terhadap asap cair disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata mortalitas rayap setelah 3 (Tiga) minggu pengujian terhadap asap cair pada berbagai suhu pirolisis dan konsentrasi asap cair (*Mean of termite mortality after 3 (three) weeks exposure to liquid smoke under various pyrolysis temperature and concentration*)

Suhu pirolisis	Konsentrasi asap cair	Mortalitas rayap (%)***
450°C	4%	100,0±0,00a
	3%	98,0±2,00a
	2%	95,6±8,76a
	1%	93,2±9,54a
400°C	4%	91,2±8,79a
	3%	86,4±7,67ab
	2%	86,8±7,43ab
	1%	84,8±16,28ab
350°C	4%	82,8±2,28b
	3%	82,8±3,35b
	2%	82,3±3,06b
	1%	80,0±3,74b
Kontrol		22,8±2,68c

*** Nilai adalah rata-rata ± standar deviasi dari 5 (lima) ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom adalah tidak berbeda nyata (Tukey's test; $p < 0.05$)

Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin tinggi mortalitas rayap. Pada kombinasi suhu pirolisis 450°C dan konsentrasi asap cair 4%, mortalitas rayap mencapai 100% sedangkan mortalitas rayap kontrol sebesar 22,8%. Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara suhu pirolisis 450°C dan 400°C (Tukey's test; $p < 0.05$). Hal ini dapat dijelaskan bahwa kondisi optimum kadar asam adalah pada suhu 388,24 °C dan waktu pirolisis 91,74 menit serta kadar air 15,18 %. Pada kondisi tersebut kadar asam optimum sebesar 16,93 % (Oramahi *et al.*, 2003). Dapat dijelaskan bahwa suhu pirolisis optimum adalah

diatas 350°C, sehingga pada suhu pirolisis 450°C dan 400°C tidak terdapat perbedaan kandungan asam yang menyebabkan tidak terdapat perbedaan significant terhadap mortalitas rayap. Hal ini didukung oleh Girard (1992) yang menyatakan bahwa besar kecilnya kandungan fenol pada asap cair dipengaruhi oleh suhu pirolisis. Asam dan fenol merupakan komponen utama asap cair yang mempengaruhi mortalitas rayap.

Kehilangan Berat

Rerata kehilangan berat *paper disc* setelah 3 (tiga) minggu pengumpulan terhadap rayap disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rerata persentase kehilangan berat *paper disc* setelah 3 (Tiga) minggu pengumpanan terhadap rayap pada berbagai suhu pirolisis dan konsentrasi asap cair (*Mean of percentage of weight loss of paper disc after 3 (three) weeks exposure to termite under various of temperature and concentration of liquid smoke*)

Suhu pirolisis	Konsentrasi asap cair	Kehilangan Berat (%)***
450°C	4%	0,00±0,00a
	3%	0,08±0,17a
	2%	0,00±0,00a
	1%	0,00±0,00a
400°C	4%	0,15±0,33a
	3%	0,17±0,39a
	2%	0,30±0,43a
	1%	0,48±1,08a
350°C	4%	0,72±1,62a
	3%	2,37±2,30ab
	2%	5,76±5,35b
	1%	6,53±3,99b
Kontrol		100,0±0,00c

*** Nilai adalah rata-rata ± standar deviasi dari 5 (lima) ulangan. Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom adalah tidak berbeda nyata (Tukey's test; $p < 0.05$)

Dari Tabel 3 terlihat bahwa semakin tinggi suhu pirolisis dan semakin besar konsentrasi asap cair maka kehilangan berat *paper disc* semakin kecil. Namun demikian, tidak ada perbedaan signifikan antara suhu pirolisis 450°C dan 400°C pada semua konsentrasi asap cair dan suhu 350°C pada konsentrasi 4 dan 3% (Tukey's test; $p < 0.05$). Kehilangan berat *paper disc* mencapai 100% terjadi pada kontrol.

Terdapat hubungan positif antara mortalitas rayap dan kehilangan berat *paper disc*, yaitu semakin tinggi mortalitas rayap maka semakin rendah kehilangan berat *paper disc*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa kandungan fenol dan asam asap cair pada suhu pirolisis 450°C lebih banyak dibanding suhu 400°C dan 350°C. Hal ini dimungkinkan karena pada asap cair hasil pirolisis pada suhu 450°C semua fenol dan asam menguap dengan sempurna sehingga

kandungannya lebih banyak dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah. Fenol dan asam yang terdapat dalam asap cair inilah yang berperan terhadap mortalitas rayap, sehingga mempengaruhi kehilangan berat *paper disc*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Komponen utama penyusun asap cair adalah asam dan fenol.
2. Suhu pirolisis dan konsentrasi asap cair mempengaruhi mortalitas rayap dan kehilangan berat *paper disc*. Semakin tinggi suhu pirolisis dan semakin tinggi konsentrasi asap cair maka semakin tinggi mortalitas rayap, namun semakin rendah kehilangan berat *paper disc*.

Saran

Dari hasil penelitian yang diperoleh, disarankan untuk dapat mengaplikasikan bio-termitisida asap cair dilapangan sehingga harapan untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat penggunaan bahan pengawet berbahaya dapat direalisasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa. <http://www.litbang.deptan.go.id> (diakses tanggal 12 Februari 2008).
- Darmadji, P., Oramahi, H.A. dan Haryadi. 2000. Optimasi Produksi dan Sifat Fungsional Asap Cair Kayu Karet. *Agritech* 20 (3): 147-155.
- Fatimah, F. 2000, Analisis Komponen Penyusun Asap Cair dari Tempurung Kelapa. Tesis Program Studi Kimia, Universitas Gadjah Mada (Tidak diterbitkan).
- Fengel, D., dan Wagener, G. 1995. Kayu: Kimia, Ultra Struktur, Reaksi-reaksi. Hardono Sastrohamidjojo (Penerjemah), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hunt, G.M. and G.A. Garrat. 1986. Wood Preservation. The American Forestry Series, New York: Mac Graw-Hill.
- Indrayani, Y., T. Yoshimura, and Y. Imamura. 2007. A novel control strategy for dry-wood termite *Incisitermes minor* infestation using a bait system. *Journal of Wood Science* 20 (3): 147-155.
- Jones, W.E, Grace, J.K and Tamashiro, M. 1996. Virulence of seven isolates of beauveria and *Metharhizium anisopliae* to *Coptotermes formosanus* (Isoptera : Rhinotermitidae). *Biological Control* 25 (2): 481-487.
- Khan K. Jyaraj and Goipalan, M. 1991. Mycopathogenes for biological control of *Odontotermes brunneus* (Hagen). *J. Biol. Control* 5(1), 32-35.
- Kuntjahjawi dan Darmadji, P. 2003. Identifikasi komponen volatile asap cair daun tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) rajangan. *Agritech* 24(1), 17-22.
- Milner, R.J. Staples, J.A. and Lenz, M. 1996. Option for termite management using the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. The Int. Res. Group on Wood Preservation, Rosenheim, 7-11 June 1999, IRG/WP/10324.
- Oramahi, H.A., Darmadji, P., dan Haryadi. 2003. Optimasi Kadar Asam pada Asap Cair dengan Menggunakan *Response Surface Methodology (RSM)*, *Agrosains*, 16 (1): 109-119
- Pearce MJ. 1997. Termite: biologi and management. New York: CAB International Publisher.
- Prasetyo, K. dan Sulaeman Yusuf. 2005. Mencegah dan Membasmi Rayap Secara Ramah Lingkungan dan Kimiawi. Penerbit PT. AgroMedia Pustaka.

- Suarta, S. 2006. Pembuatan Bio-preservative Asap Cair Cangkang Kelapa Sawit dan Aplikasinya untuk Pengawetan Kayu. Tesis. Pascasarjana UGM.
- Syafii, W. 1996. Zat ekstraktif dan pengaruhnya terhadap keawetan alami kayu. Jurnal Teknologi Hasil Hutan, Vol. 9 No. 2. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Tranggono, Suhardi, Setiadji, B., Darmadji, P., Supranto., dan Sudarmanto., 1996, Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa, J. Ilmu dan Teknologi Pangan, vol. 1, No.2: 15-24.