

KEEFEKTIFAN CAMPURAN GARAM TEMBAGA -KHROMIUM-BORON TERHADAP RAYAP DAN JAMUR PERUSAK KAYU (Effectiveness of Copper-Chromate-Boron Salts Formula Against Wood Termites and Fungi)

Oleh/By :

Barly¹, Neo Endra Lelana¹ & Agus Ismanto¹

¹ Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan,
Jl. Gunung Batu No. 5. Bogor.1610. Telp.0251- 8633378, Fax.0251-8633413

Diterima, 22 April 2010; disetujui, 25 Agustus 2010

ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the toxicity of copper-chromate-boron salts formula against wood termites and fungal attack. The chemicals used in this experiment were those of "technical grade". Results indicated that the preservatives used were highly effective to prevent wood from subterranean termite *Coptotermes curvignathus* Holmgren and dry-wood termite *Cryptotermes cynocephalus* Light. The preservative brought about 100% termite mortality at 1% concentration and retention of more than 5.30 kg/m³. Higher preservative concentration (7.5%) and retention (above 30 kg/m³) were required to protect wood from the rotting fungi (*Schizophyllum commune*).

Keywords : Chromated copper-boron, subterranean termite, dry wood termite, rotting fungi

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi toksisitas formula garam tembaga-kromium-boron terhadap serangan rayap dan jamur perusak kayu. Dalam penelitian ini digunakan bahan kimia kualitas teknis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan pengawet yang digunakan sangat efektif mencegah serangan rayap tanah *Coptotermes curvignathus* Holmgren dan rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* Light. Keefektifan ditunjukkan oleh tingkat mortalitas rayap 100% pada konsentrasi 1% dan retensi lebih dari 5,30 kg/m³. Namun demikian terhadap jamur pelapuk kayu *Schizophyllum commune* konsentrasi efektif diperoleh pada larutan 7,5% dan retensi di atas 30 kg/m³.

Kata kunci : Tembaga-kromium-boron, rayap tanah, rayap kayu kering, jamur pelapuk kayu

I. PENDAHULUAN

Dalam proses pengawetan kayu dapat digunakan bahan kimia murni atau campuran. Apabila diterapkan dengan cara tepat akan membuat kayu tahan terhadap salah satu atau kombinasi antara bakteri, jamur, rayap dan binatang laut penggerek kayu. Sampai saat ini, bahan pengawet kayu yang beredar di Indonesia masih diimpor. Salah satu diantaranya mengandung campuran garam tembaga-kromium-boron (Anonim, 2003). Studi formulasi bahan pengawet kayu dengan menggunakan bahan kimia kualitas teknis diharapkan dapat

menekan biaya pengawetan, meskipun sebagian dari bahan tersebut juga masih harus di impor. Disamping itu beberapa negara telah membatasi bahkan melarang penggunaan bahan pengawet kayu dengan bahan aktif arsen terutama bagi kayu bangunan perumahan (Ahn *et al.*, 2008). Senyawa boron termasuk asam borat dan boraks merupakan bahan kimia yang banyak dipilih karena mempunyai toksisitas yang rendah (Yamauchi *et al.*, 2007; Mampe, 2010). Yusuf dan Taeshi (2005) membuat formulasi campuran boraks, tembaga sulfat dan seng sulfat dan mengujinya terhadap rayap tanah. Menurut Selamat *et al.* (1992) tembaga dalam bentuk tembaga sulfat bersifat toksik terhadap berbagai jenis jamur terutama jamur pelunak kayu (*soft rot*). Pengawet boron beracun terhadap jamur dan serangga perusak kayu (Anonim, 1962). Menurut Carr (T.T), boron diketahui mempunyai aktivitas insektisidal dapat menghambat aktifitas protozoa dalam perut rayap dan merusaknya sehingga rayap mati kelaparan. Asam borat dilaporkan dapat berinteraksi dengan berbagai molekul penting, seperti riboflavin, vitamin B6, koenzim A, vitamin B-12, dan nikotinamida adenin dinukleotida (NAD+) (Williams *et al.*, 1990) sehingga mengganggu proses fisiologis sel serangga. Kromium merupakan agen fiksatif yang berperan mencegah pelunturan boron dan tembaga dari kayu. Adanya kromium menyebabkan interaksi antara tembaga, boron, karbohidrat dan lignin membentuk kompleks yang cukup stabil (Pizzi, 1990).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi apakah komposisi formulasi tembaga-kromium-boron menggunakan bahan kimia teknis dapat digunakan sebagai bahan pengawet kayu dengan mengevaluasi pengaruhnya terhadap rayap dan jamur perusak kayu. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi dan bermanfaat dalam pengembangan bahan pengawet kayu sebagai substitusi produk impor.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan Kayu

Bahan kayu sebagai media pengujian digunakan kayu karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), karena memiliki sifat sangat rentan terhadap rayap dan jamur perusak kayu. Dolok dibuat papan, disimpan di tempat terbuka di bawah atap sampai mencapai kadar air kering udara. Dari papan dibuat contoh uji berukuran 50 x 25 x 20 mm untuk pengujian rayap kayu kering (RKK), 25 x 25 x 5 mm untuk pengujian rayap tanah (RT) dan 50 x 25 x 15 mm untuk pengujian terhadap jamur pelapuk. Sementara untuk pengujian sifat pelunturan digunakan kayu tusam *Pinus merkusii* Jungh et de Vr., berukuran 19 x 19 x 19 mm, karena memiliki sifat mudah ditembus bahan pengawet.

Untuk tiap tingkat konsentrasi dan kontrol masing-masing disediakan 5 buah contoh uji sebagai ulangan, sehingga jumlah contoh untuk setiap pengujian berjumlah 30 buah.

B. Bahan Pengawet

Pembuatan formulasi campuran tembaga sulfat, natrium dikromat dan asam borat mengacu pada salah satu komposisi bahan pengawet komersial di Indonesia (Anonim, 1999, 2003):

Tembaga sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 35%
Natrium dikromat ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 40%
Asam borat (H_3BO_3) 25%

Sebelum digunakan, kemurnian bahan ditetapkan dengan cara melarutkannya dalam air bebas mineral pada suhu kamar. pH larutan diukur dengan menggunakan Universal indikator "Merck" pH 0-14, sedangkan berat jenis (BJ) ditetapkan dengan menggunakan hidrometer. Untuk keperluan pengujian efikasi, dibuat larutan 1%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% (b/v), selanjutnya dipakai untuk mengawetkan contoh uji.

C. Pengawetan

Pengawetan dilakukan pada suhu kamar menggunakan proses vakum-tekan dengan bagan: vakum awal pada 500 mm Hg selama 15 menit, tekanan hidraulis pada 10 atm selama 30 menit, dan vakum akhir pada 500 mm Hg selama 15 menit. Absorpsi dan BJ larutan digunakan untuk menetapkan retensi bahan pengawet dalam kayu, dinyatakan dalam kg/m^3 dengan memakai rumus berikut:

$$R = (A \times K \times \text{BJ}) / V$$

Dimana: A = larutan yang diabsorpsi (kg)

R = target retensi (kg/m^3)

V = volume kayu yang diawetkan (m^3)

K = konsentrasi larutan bahan pengawet (% b/v)

Contoh uji yang sudah diawetkan selanjutnya diangin-anginkan dalam ruangan sampai mencapai kadar air kering udara.

D. Metode Pengujian

Pengujian efikasi dilakukan terhadap rayap kayu kering (RKK), rayap tanah (RT) dan jamur dengan menggunakan metode sebagai berikut:

1. Pengujian terhadap RKK

Untuk pengujian efikasi terhadap RKK mengacu pada cara yang dilakukan oleh Martawijaya (1994), dengan rayap penguji dipakai jenis *Cryptotermes cynocephalus* Light. Pada salah satu sisi terlebar setiap contoh uji dipasang tabung gelas berdiameter 1,8 cm dengan tinggi 3,5 cm. Ke dalam tabung gelas tersebut dimasukkan 50 ekor pekerja rayap kayu kering *C. cynocephalus* yang sehat dan aktif. Contoh uji yang telah diisi rayap kemudian disimpan di tempat gelap selama 12 minggu. Pada akhir pengujian ditetapkan mortalitas rayap pada masing-masing contoh uji. Mortalitas rayap dinyatakan dalam persen, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\text{Kij} = \frac{\text{Mij}}{50} \times 100$$

Dimana: Kij = % mortalitas rayap pada contoh uji ke-j dan konsentrasi ke-i, Mij = jumlah rayap yang mati pada contoh uji ke-j dan konsentrasi ke-i.

Sementara itu derajat proteksi ditentukan melalui pemberian nilai (*scoring*) dalam skala berikut :

Nilai (<i>Serve</i>)	Keadaan (<i>Condition</i>)
100	Utuh (tidak diserang)/ <i>No attack</i>
90	Sedikit (nyata dipermukaan)/ <i>Slightly attacked</i>
70	Sedang (masuk belum meluas)/ <i>Moderately attacked</i>
40	Hebat (masuk sudah meluas)/ <i>Severely attacked</i>
0	Hebat sekali (hancur)/ <i>Very severely attacked</i>

Bekas gigitan tipis pada permukaan kayu (*surface nibbles*) tidak dianggap sebagai serangan nyata. Pengujian dianggap berhasil jika mortalitas rayap pada contoh uji kontrol tidak melebihi 55% dengan nilai derajat proteksi 70 atau kurang. Efikasi terhadap RKK ditetapkan berupa konsentrasi terendah yang menunjukkan mortalitas rayap 100%. Data mortalitas rayap yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan analisis sidik ragam untuk mengetahui pengaruh perlakuan.

2. Pengujian terhadap RT

Untuk pengujian efikasi terhadap RT mengacu pada cara yang dilakukan oleh Martawijaya (1994), dengan rayap penguji dipakai jenis *Coptotermes curvignathus* Holmgren. Masing-masing contoh uji dimasukkan ke dalam *jampot* dengan cara meletakkannya berdiri pada dasar *jampot* dan disandarkan sedemikian rupa sehingga salah satu bidang yang terlebar menyentuh dinding *jampot*. Ke dalam *jampot* tersebut dimasukkan pasir lembab sebanyak 200 gr yang mempunyai kadar air 7% di bawah kapasitas menahan air (*water holding capacity*). Selanjutnya ke dalam setiap *jampot* dimasukkan 200 ekor rayap tanah *C. curvignathus* yang sehat dan aktif dengan komposisi 90% rayap pekerja dan 10% rayap prajurit. Kemudian *jampot* yang sudah diisi rayap tanah disimpan di tempat gelap selama 4 minggu. Setiap minggu aktivitas rayap di dalam *jampot* diamati dari luar dan dicatat. Selanjutnya masing-masing *jampot* ditimbang. Jika kadar air pasir turun 2% atau lebih, ke dalam *jampot* tersebut ditambahkan air secukupnya sampai kadar airnya kembali seperti semula, yaitu 7% di bawah kapasitas menahan air. Pada akhir pengujian ditetapkan mortalitas rayap tanah pada masing-masing contoh uji. Derajat proteksi ditetapkan secara visual berdasarkan cara yang sama dengan pada pengujian terhadap rayap kayu kering.

3. Pengujian terhadap jamur pelapuk

Pengujian dilakukan dengan menggunakan prosedur Martawijaya *et al.*(1994) yang dimodifikasi. Contoh uji kayu yang sudah diketahui berat kering mutlak dimasukkan ke dalam *jampot* yang berisi biakan jamur *Schizophyllum commune* dan diinkubasikan selama 12 minggu. Pada akhir pengujian, contoh uji dibersihkan dari miselium jamur dan ditimbang pada kondisi sebelum dan sesudah kering mutlak. Rata-rata kehilangan berat kayu dikelompokkan ke dalam skala pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelas ketahanan kayu berdasarkan persentase kehilangan berat kayu oleh jamur pelapuk kayu

Table 1. Wood resistance classification based on weight loss due to the rotting fungi

Kelas (<i>Class</i>)	Resistensi (<i>Resistance</i>)	Kehilangan berat (<i>Weight loss</i>) (%)
I	Sangat resisten (<i>Very resistant</i>)	Kecil atau tidak berarti (<i>None or negligible</i>)
II	Resisten (<i>Resistant</i>)	Rata-rata < 5 (<i>Less than 5 in average</i>)
III	Agak resisten (<i>Moderately resistant</i>)	Rata-rata 5-10 (<i>5 to 10 in average</i>)
IV	Tidak resisten (<i>Nonresistant</i>)	Rata-rata 10-30 (<i>10 to 30 in average</i>)
V	Sangat tidak resisten (<i>Perishable</i>)	Rata-rata >30 (<i>More than 30 in average</i>)

E. Analisis Data

Data mortalitas dianalisis dengan analisis sidik ragam. Pada perlakuan yang berbeda nyata, dilakukan uji lanjut Tukey pada taraf 5% ($P < 0,05$) menggunakan program SPSS 15.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kemurnian Bahan Formulasi dan Retensi

Hasil pengujian kemurnian bahan kimia yang digunakan berupa kotoran zat yang tidak larut dalam air, pH dan homogenitas larutan dapat dilihat pada Tabel 2. Bahan kimia yang digunakan menunjukkan relatif murni, yaitu di atas 95%, atau telah memenuhi persyaratan standar (Anonim, 1994).

Tabel 2. Kemurnian bahan kimia yang digunakan

Table 2. Purity of the used chemicals

Bahan (<i>Materials</i>)	Kotoran (<i>Impurities</i>),%	pH	Keterangan (<i>Remarks</i>)
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1,60	3-4	Homogen
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0,19	4-5	Homogen
H_3BO_3	0	7-8	Homogen

Hasil pengukuran pH dan berat jenis (BJ) pada konsentrasi larutan 1%, 2,5%, 5,0%, 7,5% dan 10%, menunjukkan bahwa larutan dalam keadaan asam (Tabel 3). Dalam praktek, nilai pH bergantung pada jenis pengawet yang digunakan.

Tabel 3. pH dan berat jenis larutan pengawet**Table 3. pH and specific gravity of preservative solution**

Konsentrasi (<i>Concentration</i>),%	pH	Berat jenis (<i>Specific gravity</i>)
1,0	4	1,005
2,5	4	1,012
5,0	4	1,022
7,5	4	1,036
10,0	3	1,050

Hasil perhitungan retensi atau banyaknya bahan pengawet yang masuk ke dalam kayu dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil penelitian ini menunjukkan retensi cenderung bertambah besar dengan meningkatnya konsentrasi larutan. Tetapi pada konsentrasi yang sama retensi yang dihasilkan bisa berbeda karena perbedaan ukuran dan volume kayu yang diawetkan.

Tabel 4. Rata-rata retensi bahan pengawet pada contoh uji kayu**Table 4. Average of preservative retention on wood sample**

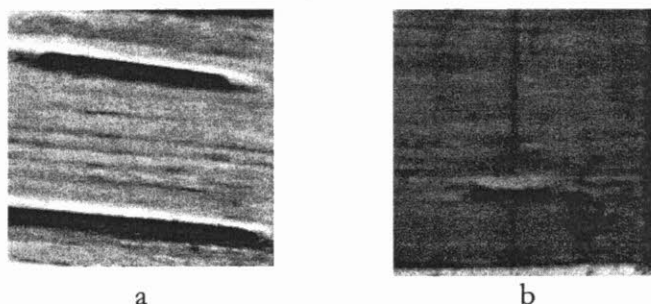
Rayap dan jamur (<i>Wood termites and fungi</i>)	Retensi pada tingkat konsentrasi (<i>Retention at concentration level</i>), kg/m ³				
	1,0%	2,5%	5,0%	7,5%	10,0%
Rayap kayu kering (<i>Dry wood termite</i>)	5,305	13,513	29,292	40,940	60,383
Rayap tanah (<i>Subterranean termite</i>)	6,231	16,075	33,094	49,351	66,504
Jamur pelapuk kayu (<i>Wood rotting fungi</i>)	4,002	10,224	20,094	30,948	42,332

B. Efikasi terhadap Rayap dan Jamur Perusak Kayu

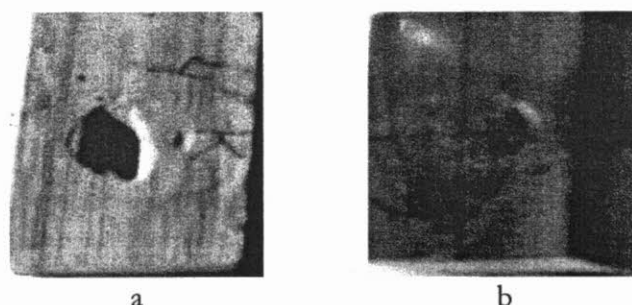
Efektifitas merupakan daya bunuh pestisida terhadap organisme perusak, dalam hal ini rayap. Pestisida yang bagus ditunjukkan oleh dosis yang rendah, cukup mengendalikan organisme perusak. Hasil pengujian berupa nilai rata-rata mortalitas dan derajat proteksi untuk masing-masing perlakuan konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 5. Pada Tabel tersebut dapat dilihat bahwa mortalitas rayap tanah dan rayap kayu kering pada contoh uji kontrol masing-masing memberikan hasil $10,20 \pm 5,45\%$ dan $45,20 \pm 4,15\%$ dengan derajat proteksi masing-masing 40 dan 74, yang berarti rayap yang digunakan untuk pengujian dalam keadaan sehat. Selain itu, mortalitas 100% dan derajat proteksi 100 dapat dicapai pada semua tingkat konsentrasi kecuali pada konsentrasi 1%. Meskipun demikian, pada konsentrasi 1% sudah menunjukkan hasil yang baik (Gambar 1 dan Gambar 2) dengan nilai retensi 5,30 kg/m³ untuk rayap kayu kering dan 6,23 kg/m³ untuk rayap tanah.

Tabel 5 . Mortalitas dan derajat serangan rayap tanah serta rayap kayu kering
Table 5. Mortality and attack degree of subterranean termite and dry wood termite

Konsentrasi (Concentration), %	Rayap tanah (Subterranean termite)		Rayap kayu kering (Dry wood termite)	
	Mortalitas (Mortality), %	Derajat serangan (Attack degree)	Mortalitas (Mortality), %	Derajat serangan (Attack degree)
1,0	- . .	94	100 ± 0	90
2,5	100 ± 0	100	100 ± 0	100
5,0	100 ± 0	100	100 ± 0	100
7,5	100 ± 0	100	100 ± 0	100
10,0	100 ± 0	100	100 ± 0	100
Kontrol (Control)	10,20 ± 5,45	40	45,20 ± 4,15	74



Gambar 1. Serangan rayap tanah pada contoh uji kontrol (a) dan diawetkan (konsentrasi 1%) (b)
Figure 1. Subterranean termite attack on sample of control (a) and treated (1% concentration) (b)



Gambar 2. Serangan rayap kayu kering pada contoh uji kontrol (a) dan diawetkan (konsentrasi 1%) (b)
Figure 2. Dry-wood termite attack on sample of control (a) and treated (1% concentration) (b)

Kematian larva rayap dalam penelitian diduga diakibatkan oleh pengaruh asam borat yang terdapat dalam bahan pengawet. Asam borat dilaporkan dapat berinteraksi dengan berbagai molekul penting, seperti riboflavin, vitamin B6, koenzim A, vitamin B-12 dan nikotinamida adenin dinukleotida (NAD⁺) (Williams *et al.* 1990), sehingga mengganggu proses fisiologis sel serangga yang pada akhirnya rayap mati kelaparan.

Hasil pengujian terhadap jamur perusak kayu dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat ditetapkan batas racun bahan pengawet terhadap jamur. Batas racun itu terdiri dari dua nilai, yaitu berupa konsentrasi atau retensi tertinggi dimana masih terdapat serangan jamur (penurunan berat 5% atau lebih) dan nilai kedua berupa konsentrasi atau retensi terendah dimana tidak terdapat serangan jamur (penurunan berat kurang dari 5%). Adanya kehilangan berat menunjukkan terjadinya kerusakan atau pelapukan pada kayu. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap kehilangan berat kayu akibat serangan jamur pelapuk. Kehilangan berat terbesar ditunjukkan pada kontrol, yaitu 10, 12% (kelas IV atau tidak resisten). Meskipun secara statistik hasil tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, tetapi pada perlakuan konsentrasi 1% dapat meningkatkan kelas keawetan kayu (kelas III). Dengan kriteria diuraikan di atas maka batas racun diperoleh pada konsentrasi 7,5% atau retensi 30,94 kg/m³ atau dapat meningkatkan kelas awet kayu menjadi kelas II setara dengan kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) meskipun peningkatan kelas awet sesungguhnya sudah terjadi pada konsentrasi 1%, dari kelas IV ke kelas III.

Tabel 6. Rata-rata kehilangan berat contoh uji dan kelas resistensinya
Table 6. Average of weight loss percentage and its resistance class of wood sample.

Konsentrasi (Concentration), %	Kehilangan berat (Weight loss), %	Kelas (Class)
1,0	9,23ab	III
2,5	6,96bc	III
5,0	6,14cd	III
7,5	3,26de	II
10,0	3,00e	II
Kontrol (Control)	10,12a	IV

IV. KESIMPULAN

Bahan pengawet campuran garam tembaga-kromium boron hasil formulasi di atas cukup efektif mencegah serangan rayap tanah *C. curvignathus* dan rayap kayu kering *C. cynocephalus* pada retensi masing-masing terhadap rayap tanah 6,23 kg/m³ dan terhadap rayap kayu kering 5,30 kg/m³. Hasil tersebut lebih rendah dari persyaratan standar untuk pemakaian kayu bangunan di bawah atap yaitu 8,0 kg/m³, sehingga biaya pengawetan dapat lebih murah. Namun demikian, bahan pengawet tipe tembaga-kromium boron tidak

dianjurkan untuk mengawetkan kayu bangunan yang berhubungan dengan air atau tanah lembab karena kurang tahan terhadap jamur sehingga membutuhkan retensi yang cukup tinggi. Untuk dapat dikembangkan pada skala komersial, bahan pengawet ini perlu ditingkatkan efektivitasnya terutama terhadap jamur pelapuk kayu di samping perlu dijaga agar aman dari sifat pelunturan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, S. H., S. C. Oh, I. G. Choi, H. Y. Kim and I. Yang. 2008. Efficacy of wood preservatives formulated from okara with copper and/or boron salts. *J. Wood Sci.* 54: 495-501.
- Anonim 1994. Book of Standars. American Wood-Preservers' Association. Woodstock, MD 21163-0286.
- , 2003. Pesticida untuk Pertanian dan Kehutanan. Direktorat Pupuk dan Pesticida. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Carr, D.R. Tanpa Tahun. A Survey of boron toxicity to wood destroying organism. *In* Boron in Timber Preservation. Borax Consolidated Limited. Borax House. London.
- Mampe, C. D. 2010. Effectiveness and Uses of Borate. <http://www.environment-sensitive.com/effectiveusesofborate.htm>. Diakses tanggal 3 Januari 2010.
- Martawijaya, A: Barly. G. Sumarni dan S. Abdurrochim. 1994. Status penelitian pengawetan kayu: masalah penerapannya dalam praktek. Prosiding Diskusi Hasil-hasil Penelitian Hasil Hutan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Cipayung. 24-25 Maret 1994. p. 8-62.
- Martawijaya, A. 1994. Formulasi dan efikasi bahan pengawet CCA type 2. Prosiding Diskusi Hasil-hasil Penelitian Hasil Hutan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Cipayung. 24-25 Maret 1994. p. 89-103.
- Pizzi, A. 1990. Chromium interactions in CCA/CCB wood preservation. Part I: Interactions with wood carbohydrate. *Holzforschung* 44 : 373-380.
- Selamat, S., Z. Said and F. Ahmad. 1992. Effectiveness of copper-chrome-boron as wood preservative. *J. of Tropical Forest Sci.* 6 (2): 98-115.
- Williams, L. H., S. I. Sallay & J. A. Breznak. 1990. Borate-treated food affects survival, vitamin B-12 content, and digestive processes of subterranean termites. IRG/WP Document 90-1448. International Research Group on Wood Protection. Stockholm, Sweden. 16 pp.
- Yamauchi, S., Y. Sakai, Y. Watanabe, M.K. Kubo and H. Matsue. 2007. Distribution boron in wood treated with aqueous and methanolic boric acid solutions. *J. Wood Sci.* 53: 324-331.
- Yusuf. S. dan F. Taeshi. 2005. Ketahanan kayu terhadap serangan rayap tanah dengan perlakuan garam metal. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 3 (1). Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia.