KETAHANAN 10 JENIS KAYU TROPIS-PLASMA CF_4 TERHADAP RAYAP KAYU KERING (*Cryptotermes cynocephalus* Light)

(*The Resistance of 10 Tropical Woods-Plasma CF_4 on Dry Wood Termite* (*Cryptotermes cynocephalus* Light))

N. Wistara[1], R. Rachmansyah[1], F. Denes[2], R. A. Young[2]

ABSTRACT

Ten (10) tropical hardwoods with low natural durability were treated with CF_4 plasma. Plasma treatments were carried out in a plasma reactor with a 1-meter length of rotary cylindrical glass with inner diameter of 10 cm. The plasma reactor was provided with an outside semi-cylindrical electrode of 10 watt, 13.56 MHz, 30-mT pressure, 150-mT pressure in the absence of plasma and 250-mT pressure in the presence of plasma. Plasma treatments were carried out for 10 minutes. Plasma treated-wood samples of 0.3 cm x 2.5 cm x 2.5 cm size were then fed to *Cryptotermes cynocephalus* Light for 12 weeks under standard conditions. The mortality of termites and the weight loss of samples were measured in accordance with methods developed by Martawijaya (1989) and the degree of protection was determined according to American Wood Preservers' Association (1972).

It was found that plasma treatments increased termite mortality and decreased the weight loss of wood samples. An antagonistic relationship exists between CF_4 plasma and the extractive content of wood samples, in which wood samples with high extractives content produced a less resistant wood-plasma. The durability class of pulai, mahoni, rubber wood, sengon, africa, and gmelina increased upon CF_4 plasma treatment. It was also found that the degree of protection of the plasma treated wood significantly higher than those of their controls. Further investigation is required on the reaction mechanism of plasma with wood surface to ensure the mechanism of plasma protection on wood.

Keywords : CF_4-plasma, tropical woods, durability, mortality, weight loss, and extractives.

PENDAHULUAN

Pada tahun 1995 diperkirakan bahwa kerusakan kayu akibat faktor biologis mencapai 1.67 trilyun rupiah (Rakhmawati, 1996). Meskipun demikian, kerusakan ini sebenarnya dapat dihambat dengan perlakuan fisik maupun kimia. Perlakuan kimia untuk memperpanjang masa pakai kayu telah banyak dilakukan, seperti pengawetan dengan borat (Sean *et al.*, 1999), alfametrin (Sulastiningsih dan Jasni, 2000) dan kreosot (Rhatigan *et al.*, 2000).

Proses pengawetan kayu umumnya dilakukan melalui suatu proses basah yang kurang bersahabat dengan lingkungan. Larutan berbagai bahan beracun sisa relatif sulit untuk dikendalikan dan

[1] *Laboratorium Kimia Hasil Hutan, Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan - IPB, Indonesia*
[2] *Laboratory of Wood and Plasma Chemistry, Department of Ecology and Forest Management, University of Wisconsin-Madison, USA.*

membahayakan kesehatan lingkungan. Bahkan beberapa bahan kimia sisa pengawet tertentu diduga dapat menyebabkan penyakit menetap pada manusia (Hunt dan Garat, 1976). Dengan demikian, tuntutan masyarakat akan teknologi masa depan yang ramah lingkungan akan mendorong pula pencarian metode pengawetan kayu alternatif. Salah satunya adalah metode introduksi bahan pengawet pada fase gas.

Karakter serangan organisme perusak kayu dapat dipergunakan sebagai pendekatan pencarian metode pengawetan alternatif yang diinginkan. Keberadaan air dalam kayu merupakan faktor penting bagi kebutuhan hidup organisme perusak kayu (Tambunan dan Nandika, 1989). Air dapat berada dalam kayu terutama karena sifat hidrofiliknya. Dengan demikian, untuk mengawetkan kayu secara ramah lingkungan, secara teoritis dapat dilakukan dengan menurunkan hidrofilisitas kayu melalui suatu proses kering dengan bahan kimia yang relatif tidak berbahaya.

Plasma memiliki sifat-sifat yang diperlukan oleh teknik pengawetan kayu akrab lingkungan, yaitu dapat dipakai untuk memodifikasi kayu sehingga bersifat relatif hidrofobik (Denes *et al.*, 1999). Modifikasi sifat-sifat suatu bahan melalui interaksi permukaan bahan dengan plasma dapat dilakukan dengan berbagai cara (Sohel, 1992). Plasma dapat diterapkan melalui proses kering di dalam suatu reaktor tertutup dengan menggunakan bahan kimia yang relatif tidak berbahaya (ASTPI, 2001) sehingga tidak membahayakan lingkungan dan operatornya. Bahan-bahan seperti logam (Wierzchon *et al.*, 1998), plastik (France dan Short, 1998), serat alam (Denes dan Young, 1995) dan beberapa biomaterial lainnya (Denes *et al.*, 1999) telah dicoba ditingkatkan sifat penggunaannya dengan plasma.

Modifikasi sifat permukaan bahan dengan plasma bersifat unik, dimana foton dan spesies aktif dalam gas plasma hanya bereaksi pada kedalaman beberapa ratus angstrom sampai dengan 10 mm. Sifat pnetrasi yang demikian ini tidak mengubah sifat ruah suatu bahan (ASTPI, 2001). Berbeda dengan teknik pengawetan konvensional yang sedikit banyak mengganggu sifat ruah bahan sehingga berpengaruh terhadap sifat strukturalnya.

Sifat plasma yang dapat dipakai untuk membuat permukaan kayu menjadi hidrofobik dan dapat diterapkan melalui proses kering, membuka kemungkinan pemanfataanya untuk meningkatkan umur pakai kayu-kayu tropis yang secara alami tidak awet. Dalam penelitian ini 10 jenis kayu tropis kelas awet rendah diberi perlakuan plasma CF_4. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya tahan 10 jenis kayu tropis yang diberi perlakuan plasma CF_4 terhadap serangan rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini 10 jenis contoh kayu berukuran 0.3 cm x 2.5 cm x 5 cm diberikan perlakuan plasma CF_4 di Laboratorium Kimia Kayu dan Plasma Universitas Wisconsin-Madison, USA. Reaktor plasma yang dipergunakan memakai sebuah silinder kaca berputar dengan panjang 1 meter dan diameter dalam tabung 10 cm. Alat ini dilengkapi dengan elektroda semi-silinder luar dengan daya 100 W, frekuensi 13.56 MHz, tekanan 30 mT, tekanan tanpa plasma 150 mT, dan tekanan dengan plasma sebesar 250 mT. Perlakuan diberikan selama 10 menit. Jenis kayu yang diberi perlakuan adalah *Acacia mangium* Miller, *Shorea* sp. Roxb., *Paraserianthes falcataria* (L). Nielsen, *Gmelina arborea* L, *Swietenia* sp. Jack, *Hevea brasilliensis* Muell. Arg., *Alstonia scholaris* R. Br., *Khaya antotheca*, *Duabanga* sp. Blume, dan *Maesopsis eminii.*

Setelah perlakuan plasma, contoh uji diumpankan kepada rayap *Cryptotermes cynocephalus* Light. Contoh uji yang diumpankan dibuat berukuran 0.3 cm x 2.5 cm x 2.5 cm, dengan 2 kali ulangan. Pengumpanan dilakukan dengan memasukkan 50 ekor rayap kayu kering pekerja yang telah dikondisikan ke dalam tabung kaca berdiameter 1.8 cm dan tinggi 3.5 cm. Tabung ini ditempelkan di atas satu sisi terlebar contoh uji menggunakan lilin (malam).

Setelah 12 minggu pengumpanan, persentase kehilangan berat dan mortalitas rayap dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Mortalitas (\%)} = \frac{\Sigma \text{ rp (50 ekor)} - \Sigma \text{ rph}}{\Sigma \text{ rp (50 ekor)}} \times 100\%$$

$$\text{Kehilangan Berat} = \frac{\text{Bsd (g)} - \text{Bsu (g)}}{\text{Bsd (g)}} \times 100\%$$

dimana :
rp = rayap pekerja, rph = rayap pekerja hidup, Bsd = berat sebelum diumpankan, dan Bsu = berat setelah diumpankan.

Perhitungan kehilangan berat didasarkan pada berat kering udara (Martawijaya, 1989; Afifudin, 2000) dan klasifikasi kelas ketahanan kayu terhadap *C. cynocephalus* didasarkan pada klasifikasi Supriana dan Howse (1982) dalam Martawijaya (1989). Klasifikasi dimaksud tercantum dalam Tabel 1.

Derajat proteksi ditentukan dengan cara pemberian nilai (*skoring*) mengikuti standar *American Wood Preservers' Association* (AWPA, 1972). Contoh uji dianggap telah diserang apabila ditemui adanya serbuk kayu pada permukaan. Klasifikasi derajat proteksi menurut standar AWPA dimaksud tercantum pada Tabel 2.

Tabel 1. Klasifikasi ketahanan kayu terhadap rayap *Cryptotermes cynocephalus* dan *Coptotermes curvignathus* (Supriana dan Howse, 1982).

Kelas	Ketahanan	Penurunan Berat (mg)	
		Cryptotermes cynocephalus	*Coptotermes curvignathus*
I	Tahan	0 – 25	0 – 50
II	Kurang Tahan	26 – 50	51 – 100
III	Peka	51 – 75	101 – 200
IV	Sangat Peka	> 75	> 200

Tabel 2. Klasifikasi derajat proteksi AWPA (1972).

Kondisi Kayu (*Wood Condition)*	Nilai (*Rating*)
Tidak ada serangan (*Sound*): <5% volume)	100
Serangan ringan (*Light Attack*) : 6 – 15% volume)	90
Serangan sedang (*Moderate Attack Pnetration*): 16 – 50% volume	70
Serangan berat (*Heavy Attack*): 51 – 90% volume	40
Rusak (*Failure*): >90% volume	0

HASIL DAN PEMBAHASAN

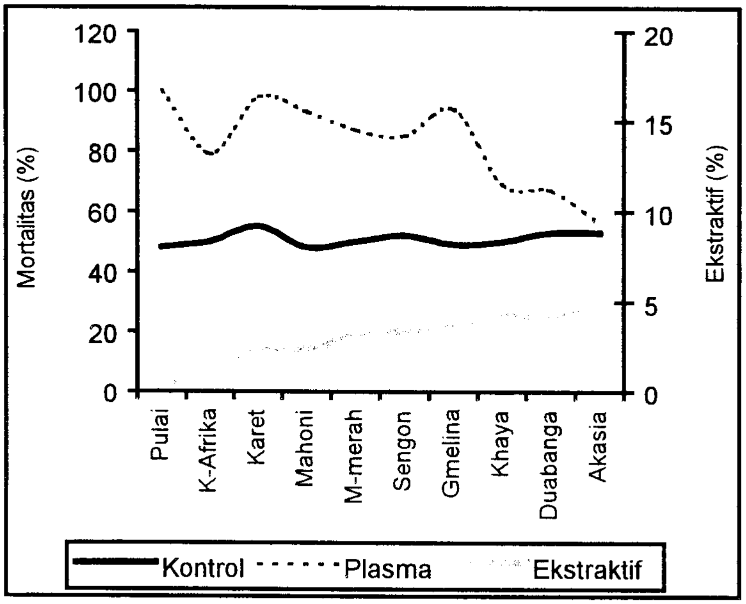
Mortalitas Rayap Kayu Kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light)

Nilai mortalitas rayap yang diumpan dengan contoh uji kayu tanpa perlakuan (kontrol) dan contoh uji kayu dengan perlakuan plasma CF_4 (kayu-plasma) merupakan salah satu parameter yang umum dipergunakan untuk mengetahui respon suatu perlakuan pengawetan kayu dengan bahan pengawet tertentu. Keawetan alami kayu terutama dipengaruhi oleh kadar ekstraktifnya. Meskipun tidak semua ekstraktif beracun bagi organisme perusak kayu, umumnya terdapat kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar ekstraktif, keawetan alami kayu cenderung meningkat pula. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan hubungan mortalitas rayap dengan kadar ekstraktif larut alkohol-benzene. Mortalitas rayap dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. Mortalitas rayap yang diumpan kontrol dan kayu-plasma masing-masing berkisar dari 48 – 55% dan 56 – 100%.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa nilai mortalitas beragam tergantung jenis kayu yang diumpankan. Keragaman tingkat keawetan alami kayu yang berbeda-beda (Tobing, 1977 dalam Barata, 2000) kemungkinan memberikan pengaruh terhadap beragamnya tingkat mortalitas ini. Tetapi terlihat bahwa semua kayu-plasma memiliki nilai mortalitas rayap yang lebih tinggi dibandingkan dengan kayu kontrolnya. Pengaruh perlakuan plasma dan jenis kayu terhadap mortalitas rayap kayu kering ini sangat signifikan (pada tingkat $\alpha = 0.01$). Dari Gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa, terdapat kecendrungan yang serupa antara mortalitas rayap pada kayu kontrol dengan kadar ekstraktif kayu. Suatu fenomena menarik terlihat dari kecenderungan mortalitas rayap yang diumpan kayu-plasma dan kadar ekstraktif larut alkohol-benzene pada Gambar 1. Terdapat suatu kecenderungan bahwa jika kadar esktraktif menurun, maka nilai mortalitas meningkat. Kecenderungan seperti itu dapat mengindikasikan bahwa reaksi kimia yang tidak menguntungkan antara plasma CF_4 dengan ekstraktif terjadi, yang menyebabkan daya racun ekstraktif menurun. Beberapa reaksi kimia telah dikatakan membuat bahan pengawet tidak aktif (Nicholas dan Preston, 1984). Ekstraktif adalah bahan pengawet alami kayu.

Tabel 3. Mortalitas rayap kayu kering setelah diumpan contoh uji selama 12 minggu.

No.	Jenis Kayu	Mortalitas (%)	
		Kontrol	Plasma
1	Pulai (*Alstonia scholaris* R. Br.)	48	100
2	Kayu Afrika (*Maesopsis eminii*)	50	79
3	Karet (*Hevea brasilliensis* Muell. Arg)	55	98
4	Mahoni (*Swietenia sp.* Jack)	48	93
5	Meranti Merah (*Shorea sp.* Roxb.)	50	87
6	Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen)	52	85
7	Gmelina (*Gmelina arborea* L.)	49	94
8	Khaya (*Khaya antotheca*)	50	69
9	Duabanga (*Duabanga sp.* Blume)	53	67
10	Akasia (*Acacia mangium* Miller)	53	56



Gambar 1. Hubungan mortalitas (%) rayap pada kayu kontrol dan kayu-plasma dengan kadar ekstraktif larut alkohol-benzene (%).

Selain keawetan alami kayu, mortalitas rayap yang lebih tinggi pada kayu dengan perlakuan plasma CF_4 dapat diakibatkan pula oleh sifat plasma CF_4 yang mampu mengetsa permukaan kayu. Proses pengetsaan melibatkan penggantian atom H oleh atom F. Atom F yang terikat dengan permukaan bahan (dalam hal ini kayu) dapat berupa atom F, radikal tak jenuh CF_2 dan CF_3 (Shohel, 1992). Radikal tak jenuh CF_2 dapat membentuk suatu lapisan film terflorinasi seperti yang telah dinyatakan oleh Hopkins dan Badyal (1996) yang mengetsa membran *polysulfone* dengan plasma CF_4. Afinitas atom F terhadap oksigen yang lebih tinggi dari atom H dapat menyebabkan peningkatan kristalinitas permukaan kayu, dengan akibat meningkatnya hidrofobisitas kayu. Hal ini kemungkinan dapat mempersulit serangan rayap kayu kering terhadap kayu-plasma.

Kehilangan Berat

Kehilangan berat dapat menjadi indikasi respon serangan rayap terhadap suatu kayu yang diberi perlakuan dengan bahan pengawet. Tabel 4 menunjukkan nilai kehilangan berat kayu-plasma dan kontrolnya setelah diumpankan selama 12 minggu. Terdapat perbedaan nilai kehilangan berat antara kayu-plasma dan kontrolnya, tetapi perbedaan itu tidak signifikan secara statistika. Jadi plasma tidak berpengaruh nyata terhadap kehilangan berat kayu.

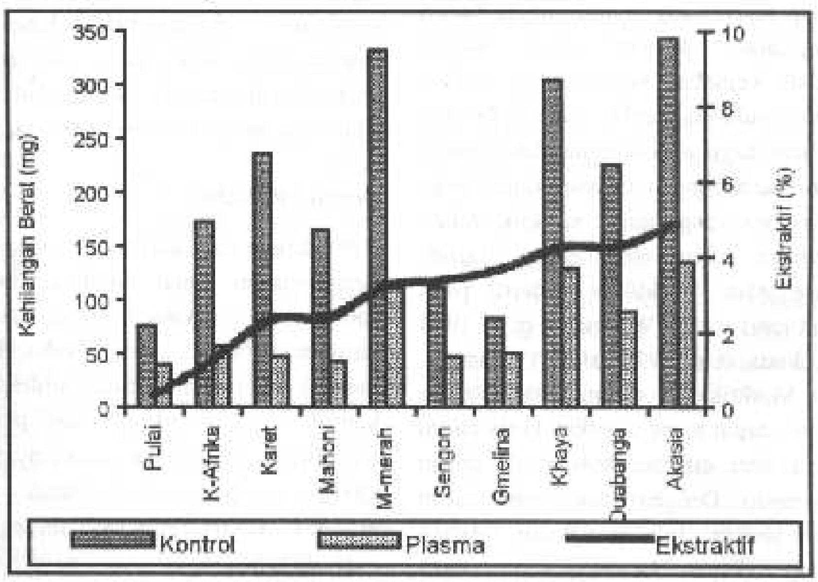
Meskipun secara statistika plasma CF_4 tidak berpengaruh terhadap kehilangan berat kayu, tetapi beberapa jenis kayu yang dipakai dalam penelitian ini mengalami peningkatan ketahanan menurut klasifikasi Supriana dan Howse (1982). Tabel 5 memperlihatkan status ketahanan sampel menurut klasifikasi ini.

Tabel 5 menunjukkan bahwa preferensi makan *C. cynocephalus* berbeda-beda

Tabel 4. Kehilangan berat (%) kayu kontrol dan kayu plasma setelah pengumpanan selama 12 minggu.

No.	Jenis Kayu	Kehilangan Berat (%)	
		Kontrol	Plasma
1	Pulai (*Alstonia scholaris* R. Br.)	6.11	4.65
2	Kayu Afrika (*Maesopsis eminii*)	12.97	10.49
3	Karet (*Hevea brasilliensis* Muell. Arg)	10.49	4.48
4	Mahoni (*Swietenia sp.* Jack)	8.11	5.30
5	Meranti Merah (*Shorea sp.* Roxb.)	18.88	16.31
6	Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen)	12.08	9.91
7	Gmelina (*Gmelina arborea* L.)	7.31	5.80
8	Khaya (*Khaya antotheca*)	16.39	16.99
9	Duabanga (*Duabanga sp.* Blume)	12.85	10.97
10	Akasia (*Acacia mangium* Miller)	18.33	16.65

terhadap jenis kayu yang berbeda. Preferensi makan rayap itu dipengaruhi oleh faktor rangsangan dari luar (*extrinsic releasing stimuli*) yang berasal dari kayu, dan faktor tingkat ambang rasa rayap (*intrinsic response threshold*) (Supriana, 1983 dalam Rudi,1999). Peran syaraf perangsang *gustatory* rayap dipengaruhi oleh bau khas makanannya. Bau khas reaksi kayu dengan plasma yang melepaskan komponen atsiri (Shohel, 1992) kemungkinan berperan dalam hal ini. Ekstraktif atsiri juga dapat memberikan bau khas pada kayu. Meskipun Sofyan dkk (2002) menyatakan bahwa preferensi makan rayap cenderung kepada kayu dengan kadar ekstraktif rendah, tetapi hasil yang relatif berlawanan ditemukan pada penelitian ini. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2, dimana ada kecendrungan bahwa kehilangan berat kayu kontrol meningkat dengan meningkatnya kadar ekstraktif.



Gambar 2. Kehilangan berat (mg) kayu kontrol dan kayu-plasma dan kadar ekstraktif larut alkohol-benzena.

Tabel 5. Klasifikasi Kelas Ketahanan Kayu-plasma berdasarkan klasifikasi Supriana dan Howse (1982).

No.	Jenis Kayu	Kehilangan Berat Kontrol (mg)	Kelas Ketahanan	Kehilangan Berat Kayu Plasma (mg)	Kelas ketahanan
1	Pulai	76	IV	40	II
2	Mahoni	165	IV	42	II
3	Karet	236	IV	48	II
4	Sengon	112	IV	49	II
5	Kayu Afrika	173	IV	57	III
6	Gmelina	84	IV	51	III
7	Duabanga	226	IV	89	IV
8	Meranti Merah	332	IV	111	IV
9	Khaya	305	IV	130	IV
10	Akasia	343	IV	135	IV

Perlakuan plasma terhadap kayu tidak berpengaruh nyata terhadap kehilangan berat, tetapi berpengaruh nyata terhadap mortalitas rayap. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan plasma kemungkinan memberikan efek racun secara lambat terhadap rayap yang memakannya. Selain kemungkinan adanya efek racun, penyebab kematian rayap secara lambat ini dapat pula disebabkan oleh terjadinya modifikasi kayu secara kimia oleh plasma. Hal ini berhubungan dengan keterlibatan kerja enzim yang sangat spesifik dalam pencernaan kayu oleh rayap. Enzim selulase telah dibuktikan terdapat pada seluruh jenis rayap (Watanabe, et al. 1998 dan Tokuda, et al. 1999 dalam Yoshimura, 2002). Modifikasi komponen kayu secara kimia ini dapat menggagalkan kerja ensim selulase dari mikroorganisme di dalam tubuh rayap. Dengan adanya efek racun secara lambat ini, perlakuan plasma terhadap kayu kemungkinan dapat dipergunakan sebagai teknik pemindahan racun ke koloni rayap melalui metode *baiting* (*University of Toronto*, 2000).

Dari Tabel 5 dapat dilihat, bahwa beberapa jenis kayu berketahanan rendah (kelas ketahanan IV) secara signifikan dapat ditingkatkan ketahanannya terhadap serangan *C. cynocephalus*. Kayu pulai, mahoni, karet, dan sengon yang tergolong kelas ketahanan IV meningkat sangat signifikan menjadi kelas ketahanan II.

Derajat Proteksi

Nilai derajat proteksi kayu plasma selama pengumpanan dapat dijadikan indikator kemampuan plasma untuk menahan serangan rayap *C. cynocephalus*. Tabel 6 menunjukkan nilai derajat proteksi kayu kontrol dan kayu plasma hasil penelitian ini. Perlakuan plasma secara nyata (α = 0.05) mampu meningkatkan derajat proteksi kayu terhadap serangan *C. cynocephalus*.

Tabel 6. Nilai derajat proteksi kayu kontrol dan kayu plasma terhadap rayap *C. cynocephalus*.

No.	Jenis Kayu	Nilai Derajat Proteksi	
		Kontrol	Plasma
1	Pulai (*Alstonia scholaris* R. Br.)	64.0	73.0
2	Kayu Afrika (*Maesopsis eminii*)	64.0	88.0
3	Karet (*Hevea brasilliensis* Muell. Arg)	57.5	74.5
4	Mahoni (*Swietenia sp.* Jack)	59.0	97.5
5	Meranti Merah (*Shorea sp.* Roxb.)	67.5	96.0
6 .	Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen)	44.0	97.0
7	Gmelina (*Gmelina arborea* L.)	65.0	98.5
8	Khaya (*Khaya antotheca*)	68.5	93.5
9	Duabanga (*Duabanga sp.* Blume)	65.5	97.0
10	Akasia (*Acacia mangium* Miller)	61.0	96.5

KESIMPULAN

Mortalitas rayap yang diumpan kayu-plasma CF_4 lebih tinggi dari mortalitas rayap yang diumpan kayu kontrol, tetapi efek racun dari plasma CF_4 ini bersifat lambat. Efek racun lambat ini dapat dimanfaatkan untuk mencegah serangan rayap melalui metode *baiting*.

Terdapat suatu kecenderungan bahwa plasma CF_4 dan zat ekstraktif bekerja secara antagonistik. Kayu-plasma dari kayu asal berekstraktif rendah cenderung menghasilkan mortalitas rayap yang tinggi setelah diberi perlakuan plasma CF_4, demikian pula sebaliknya.

Kelas ketahanan kayu-plasma pulai, mahoni, karet dan sengon meningkat secara signifikan dari kelas ketahanan IV menjadi kelas ketahanan II. Sedangkan kayu-plasma afrika dan gmelina meningkat dari kelas ketahanan IV ke kelas ketahanan III. Kayu plasma dari kayu tropis berkeawetan rendah juga mengalami peningkatan derajat proteksi.

DAFTAR PUSTAKA

Afifudin, Y. 2000. Keawetan Kayu Plastik Polivinil Stirena Terhadap Serangan Rayap Kayu Kering (*Cryptotermes cynocephalus* Light.) dan Rayap Tanah (*Coptotermes curvignatus* Holmgren). Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak dipublikasikan.

Association of Surface Treatment Products Incorporation (ASTPI). 2001. Plasma Surface Treatment Products Technology. Association of Surface Treatments Products Incorporation: http://www.astp.com.

Barata, A. 2000. Keawetan Alami Kayu Jati Pada Berbagai Kelas Umur. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak dipublikasikan.

Denes, A. R., M. A. Tshabalala, R. Rowel, F. Denes and R. A. Young. 1999. Hexamethyldisiloxane-Plasma Coating of Wood Surfaces for Creating Water Repellent Characteristics. Holzforschung (53): 318-326.

Denes, F. and R. A. Young. 1995. Cold Plasma State. A New Approach to Improve Surface Adhesion of Lignocellulosic Substances. *In: Proceeding of Wood Adhesive 1995*. pp. 61-73.

France, R. M. and R. D. Short. 1998. Plasma Treatment of Polymers: The Effect of Energy Transfer from An Argon Plasma on the Surface Chemistry of Polystyrene and Polypropylene. A High-Energy Resolution X-Ray Photoelectron Spectroscopy Study. Langmuir (14): 4827-4835.

Hopkins, J. and J. P. S. Badyal. 1996. CF_4 Plasma Treatments of Asymetric Polysulfone Membranes. American Chemical Society. Pp. 4822-4826.

Hunt, G. M. and G. A. Garrat. 1967. Wood Preservation. 3rd Edition. The American Forestry Series. MCGraw Hill Book Company. New York.

Martawijaya, A. 1989. Atlas Kayu Indonesia. Jilid II. Balai penelitian Hasil Hutan Departemen Kehutanan. Bogor.

Rakhmawati, D. 1996. Prakiraan Kerugian Ekonomis Akibat Serangan Rayap pada Bangunan Perumahan di Indonesia. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak dipublikasikan.

Rhatigan, R. G., P.F. Schneider, M. A. Newbill, and J. J. Morell. 2000. Capping and Chemical Treatmnet of Douglas-Fir Pilling to Prevent Pile Top Decay: A 13-Years Test. Forest Prod. J. Vol. 50 (7/8): 66-69.

Rudi. 1999. Preferensi Makan Rayap Tanah Coptotermes curvignatus Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae) Terhadap Delapan Jenis Kayu Bangunan. Tesis Magister Sains. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak dipublikasikan.

Sean, T., G. Brunette, and F. Cote. 1999. Protection of Oriented Strandboard with Borate. Forest Prod. J. Vol. 49(6): 47-51.

Shohel, J. L. 1992. Plasma Science and Engineering. Encyclopedia of Physical Science and Technology. Vol. 13. Academic Press, Inc. San Diego.

Sofyan, S., A. Sulthoni and S. Prawirohatmodjo. 2002. The Feeding Preference of Dry-Wood Termite (Cryptotermes cynocephalus Light) at Four Bamboos Species. *In: Proceeding of The Fourth International Wood Science Symposium*. 2-5 September 2002. Serpong. Indonesia. pp 156.

Sulastiningsih, I. M. dan Jasni. 2000. Pencegahan Serangan Rayap Pada Papan Partikel. J. Penelitian Hasil Hutan. Vol. 17(4): 179-188.

Tambunan, B. dan D. Nandika. 1989. Deteriorasi Kayu oleh Faktor Biologis. Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor.

Wierzchon, T., J. michalski and T. Karpinski. 1989. Formation and Properties of Titanium Carbide Layers Produced on Steels Under Glow Discharge Condition. *In: Proceeding of The Fourth Annual International Conference of Plasma Chemistry and Technology*. Technomic Publishing Co., Inc. Lanchaster. Pp. 145-150.

Yoshimura, T. 2002. Termite Symbiosis-What We Can Learn from the Gut Micro-Ecosystem? *In: Proceeding of The Fourth International Wood Science Symposium*. 2-5 September 2002. Serpong. Indonesia. pp. 312 – 318.

University of Toronto. 2000. Termite Control Methods. University of Toronto. Toronto.