

**KEAWETAN KAYU TUSAM (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vr.) DAN
MANGIUM (*Acacia mangium* Willd.) SETELAH FURFURILASI
(*Durability of tusam and mangium after furfurylation*)**

Oleh/By :

Jamal Balfas & Ginuk Sumarni

Summary

Two regrowth wood species, i.e. tusam (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vr.) and mangium (*Acacia mangium* Willd.) were used in this study. Specimens measuring 25 mm x 25 mm x 50 mm and 5 mm x 25 mm x 25 mm were prepared for testing against dry-wood termite (*Cryptotermes*) and subteranean termite (*Coptotermes*) respectively. All specimens were air-dried to approximately 16-18% moisture content. One group of the specimens was further oven-dried to reach moisture content of 6-8%. Furfurylation was carried out by soaking wood specimens for 24 hours in a 98% furfuryl alcohol solution containing 0.35% (v/v) of $ZnCl_2$ as catalyst. Furfurylated specimens were then cured at 100°C for 48 hours. Control and treated specimens were exposed to dry-wood and subteranean termites for 12 and 4 weeks respectively.

Treated specimens revealed a weight gains of 10 to 40 % depending on size of specimens and wood species. Specimens used for testing drywood termites gained less weight than those of subteranean termites. Tusam specimens markedly showed a higher weight gain than mangium. Furfurylation using method 1 resulted in comparable weight gain to that of method 2. Control specimens of tusam and mangium are both encountered susceptible to dry-wood and subteranean termite attacks. Tusam had less initial durability against *Coptotermes* than mangium, but the wood species had a similar durability against *Cryptotermes*. The modified wood with furfuryl alcohol obviously possessed an improved durability upon the two termites. Tusam specimens gained more durability improvement than mangium.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini masyarakat pengguna kayu di Indonesia mulai dihadapkan pada hasil hutan tanaman yang telah dikembangkan pada areal hutan rakyat dan areal Hutan Tanaman Industri (HTI) di wilayah konsesi Hak Pengusahaan Hutan (HPH). Jenis kayu yang telah siap dimanfaatkan dari areal HTI adalah jenis dari kelompok pohon cepat tumbuh, seperti sengon, tusam dan mangium. Sementara itu kesan (citra) masyarakat terutama industriawan kayu terhadap kualitas kayu HTI kurang menggembirakan. Hal ini cukup beralasan karena hasil penelitian yang telah dilakukan selama ini menunjukkan bahwa kayu yang diperoleh dari sistem HTI

memiliki karakteristik yang berbeda dengan kayu sejenis yang diperoleh dari hutan alam, sehingga menimbulkan permasalahan baru dalam proses pengolahannya. Sebagai contoh, Bendtsen (1978) menyimpulkan bahwa kayu yang diperoleh dari hutan buatan ("made forest") memiliki nilai berat jenis dan karakteristik serat yang lebih rendah dari pada kayu sejenis dengan ukuran diameter yang sama berasal dari hutan alam. Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa kelompok jenis pohon cepat tumbuh umumnya mengandung lebih banyak porsi kayu muda (juvenile wood) dibandingkan dengan kelompok jenis berdaur panjang. Sifat interior kayu muda dibandingkan dengan kayu dewasa (mature wood) telah dilaporkan oleh Dadswell (1958), Erickson dan Arima (1974) dan beberapa penulis lainnya.

Penurunan karakteristik fisis dan mekanis pada kayu yang diperoleh dari hutan buatan akan menjadi masalah serius bagi industri kayu utuh (solidwood) dan keperluan konstruksi, karena hal tersebut dapat menimbulkan banyak permasalahan baru dalam proses pengolahan dan penggunaan produknya. Di samping masalah penurunan sifat fisis dan mekanis, kayu hutan tanaman umumnya memiliki sifat keawetan dan stabilitas dimensi yang lebih rendah dibandingkan dengan kayu sejenis dari hutan alam. Karakteristik ini merupakan masalah serius dalam penggunaan kayu untuk keperluan bangunan.

Penyempurnaan karakteristik inferior pada kayu muda dapat dilakukan dengan cara memasukkan (impregnasi) senyawa kimia yang dapat bereaksi dengan komponen dasar pada dinding sel kayu (selulosa, hemiselulosa dan lignin). Perlakuan ini mampu memodifikasi struktur kimia kayu, yang diikuti dengan perbaikan karakteristik fisis, mekanis dan keawetan kayu. Salah satu cara praktis yang termasuk ke dalam metode tersebut adalah perlakuan furfuralisasi, yaitu impregnasi kayu dengan bahan furfuryl, yang mampu menyelenggarakan reaksi silang dengan gugus hidroksil di dalam dinding sel.

Studi yang dilakukan oleh Goldstein dan Draher (1961) menunjukkan bahwa furfuralisasi dapat meningkatkan berbagai sifat keteguhan kayu, serta meningkatkan ketahanan kayu terhadap serangan jamur dan serangga. Stamm (1977) melaporkan bahwa furfuralisasi mampu meningkatkan stabilitas dimensi dan keawetan kayu. Selanjutnya, Balfas (1993) menyimpulkan bahwa furfuralisasi mampu meningkatkan stabilitas dimensi, keteguhan rekat dan ketahanan terhadap cuaca (weathering resistance) pada panel kayu lamina. Dalam studi ini dilakukan pengujian stabilitas dimensi, sifat fisis dan mekanis kayu serta efektivitas furfuralisasi dalam penyempurnaan sifat keawetan kayu tusam dan magium terhadap serangan rayap kayu kering (*Cryptotermes*) dan rayap tanah (*Coptotermes*). Furfuralisasi pada kayu tusam dan mangium dapat meningkatkan stabilitas dimensi, karakteristik fisis dan mekanis jenis kayu tersebut sebagaimana dilaporkan terdahulu (Balfas, 1995). Tulisan ini merupakan laporan lanjutan yang mencakup hasil pengujian biologis pada kayu tusam dan mangium sebelum dan setelah perlakuan furfuralisasi. Tujuan penelitian ini secara umum adalah meningkatkan kinerja kayu yang berasal dari hutan tanaman, terutama dari kelompok jenis cepat tumbuh, sehingga kayu tersebut dapat digunakan secara luas untuk berbagai keperluan penggunaan kayu. Dalam kaitannya dengan peningkatan keawetan kayu, perlakuan furfuralisasi diharapkan mampu menyempurnakan karakteristik kayu hutan tanaman sehingga dapat memenuhi persyaratan teknis keawetan kayu untuk keperluan bangunan.

II. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

A. Persiapan Contoh Uji

Bahan kayu yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis kayu yang berasal dari hutan tanaman, yaitu tusam (*Pinus merkusii* Jungh.) dan mangium (*Acacia mangium* Willd.). Kayu bulat (log) dari masing-masing jenis digergaji menjadi sortimen berukuran tebal 1, 3 dan 5 cm, lebar 5 dan 10 cm dan panjang 50 cm. Semua sortimen dikeringkan secara alami (diangin-angin) dalam ruang laboratorium pengerjaan kayu hingga mencapai kadar air kering udara (15 - 18%). Sortimen kemudian diserut dan diseleksi untuk memperoleh contoh uji bebas cacat. Untuk masing-masing jenis kayu dibuat contoh uji berukuran 25 mm x 25 mm x 50 mm dan 5 mm x 25 mm masing-masing untuk pengujian terhadap serangan rayap kayu kering (*Cryptotermes cynocephalus*) dan rayap tanah (*Coptotermes curvignathus*).

B. Perlakuan Furfurilasi

Larutan furfural alkohol yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Aldrich, Amerika dengan kemurnian 98 %. Sebagai katalis digunakan larutan 5 % $ZnCl_2$ dengan pelarut air. Komposisi campuran kedua larutan tersebut yang digunakan dalam penelitian ini adalah 95 : 5 menurut volume larutan. Perlakuan furfural dilakukan dengan cara merendam contoh uji selama 24 jam dalam larutan furfural alkohol. Setelah perendaman, contoh uji dibungkus dengan kertas aluminium foil, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 48 jam.

C. Pengukuran dan Pengujian

Efektivitas perlakuan furfuralasi ditentukan berdasarkan perubahan berat pada contoh uji, yaitu dengan cara penimbangan contoh uji sebelum dan sesudah perlakuan. Pengujian ketahanan kayu terhadap serangan rayap kayu kering dan rayap tanah secara umum mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Martawijaya dan Sumarni (1984). Contoh uji yang telah difurfuralasi diangin-anginkan selama 4 minggu untuk mencapai kadar air kering udara. Pada salah satu sisi terlebar pada contoh uji rayap kayu kering dipasang tabung gelas berdiameter 18 mm dengan ukuran tinggi 35 mm. Kemudian ke dalam tabung gelas dimasukkan 50 ekor pekerja rayap kayu kering *C. cynocephalus* yang sehat dan aktif. Setelah ini contoh uji yang berisi rayap di simpan di tempat gelap selama 12 minggu. Prosentasi mortalitas rayap dan derajat proteksi pada masing-masing contoh uji ditentukan pada akhir pengujian.

Pengujian terhadap serangan rayap tanah dilakukan dengan memasukkan contoh uji ke dalam jampot (botol selai) dan mengatur posisinya pada dasar jampot sedemikian rupa sehingga salah satu bidang terlebar contoh uji menyentuh dinding jampot. Kemudian ke dalam jampot dimasukkan campuran pasir dan tanah lembab sebanyak 200 gram dengan kadar air sekitar 7% di bawah kapasitas penahanan air (water holding capacity). Selanjutnya ke dalam setiap jampot dimasukkan 200 ekor rayap sehat dan aktif dengan komposisi pekerja 90%. Pengujian selama 4 minggu dilakukan di dalam ruang tanpa cahaya. Prosentasi mortalitas dan derajat proteksi ditentukan pada akhir pengujian.

D. Rancangan Percobaan

Penelitian ini melibatkan 3 faktor utama, yaitu jenis kayu ukuran contoh uji dan metode furfuralisasi. Faktor pertama terdiri dari 2 jenis kayu, faktor ke dua terdiri dari 2 ukuran contoh uji dan faktor ke tiga terdiri dari 3 tahap perlakuan, yaitu kontrol, perendaman contoh uji pada kadar air kering udara dan perendaman contoh uji pada kadar air sekitar 7%. Untuk mengurangi variasi contoh uji menurut perlakuan digunakan metode pengambilan contoh uji secara berpasangan (paired samples). Data yang diperoleh dalam penelitian ini diolah menurut prosedur analisa statistik 3 arah yang diuraikan oleh Mustapa (1994).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Infiltrasi bahan furfural alkohol ke dalam struktur kayu menyebabkan terjadinya penambahan berat pada contoh uji (Tabel 1). Perubahan fisis ini tampaknya berhubungan langsung dengan karakteristik dan kondisi kayu. Hasil analisa sidik ragam (Tabel 2) menunjukkan bahwa penambahan berat pada contoh uji dipengaruhi oleh faktor jenis kayu dan ukuran contoh uji.

Tabel 1. Penambahan berat kayu karena furfuralisasi

Table 1. Weight gains of wood due to furfurylation

Jenis kayu (Wood species)	Perlakuan (Treatment)	Ukuran contoh uji (Sample size)	Penambahan berat (Weight gain), %
Tusam	Metode 1 (Method 1)	5 x 25 x 25 mm	42.56 (7.16)*
		25 x 25 x 50 mm	36.83 (13.27)
	Metode 2 (Method 2)	5 x 25 x 25 mm	38.50 (8.52)
Mangium		25 x 25 x 50 mm	32.92 (4.27)
	Metode 1 (Method 1)	5 x 25 x 25 mm	20.50 (2.44)
		25 x 25 x 50 mm	10.51 (3.16)
	Metode 2 (Method 2)	5 x 25 x 25 mm	22.29 (2.02)
		25 x 25 x 50 mm	11.91 (3.72)

Keterangan (Remarks):

Metode 1 dan 2 masing-masing adalah perlakuan furfuralisasi yang dilakukan pada contoh uji dengan kadar air kayu kering udara dan kadar air sekitar 6-8% (Method 1 and 2 are the furfurylation applied to wood specimens at air-dry and 6-8% moisture content respectively)

* Simpangan baku dalam tanda kurung (Standard deviation within brackets)

Tabel 2. Sidik ragam penambahan berat kayu karena furfuralisasi

Table 2. Anova of wood weight gains due to furfurylation

Sumber keragaman (Source of variation)	Derajat bebas (Degrees of freedom)	Kuadrat tengah (Mean square)	F-hitung (F-calculated)
Jenis kayu (Wood species), A	1	4577.674	6.52 **
Ukuran contoh uji (Sample size), B	1	627.343	13.96 **
Perlakuan (Treatment), C	1	14.244	0.32
Interaksi (Interaction), A x B	1	51.234	1.14
Interaksi (Interaction), A x C	1	77.813	1.73
Interaksi (Interaction), B x C	1	0.038	0.98
Interaksi (Interaction), A x B x C	1	0.176	0.95

Keterangan (Remarks): ** Sangat nyata (Very significant)

Penambahan berat pada contoh uji kayu tusam lebih besar daripada kayu mangium. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa furfural alkohol dengan komponen kimia sel kayu terjadi secara lebih pasif pada kayu tusam dibandingkan dengan kayu mangium. Perbedaan tersebut juga menunjukkan bahwa infiltrasi furfural alkohol ke dalam struktur kayu tusam terjadi secara lebih mudah dibandingkan dengan kayu mangium. Dengan perkataan lain, kayu tusam bersifat lebih permeabel daripada kayu mangium. Perbedaan aspek kimia dan fisis di atas mungkin disebabkan oleh adanya perbedaan kadar ekstraktif antar kedua jenis kayu. Kayu tusam mengandung lebih sedikit bahan ekstraktif polar dan non-polar daripada kayu mangium (Pari, 1988). Kehadiran ekstraktif dapat menurunkan sifat permeabilitas kayu (Haygreen and Bowyer, 1985) dan menghambat reaksi kimia furfuralisasi di dalam kayu (Balfas, 1993).

Penambahan berat akibat furfuralisasi dipengaruhi oleh ukuran contoh uji. Tabel 1 menunjukkan bahwa contoh uji berukuran 25 mm x 25 mm x 50 mm mengalami penambahan berat yang lebih rendah daripada contoh uji berukuran 5 mm x 25 mm x 25 mm. Hal ini terutama disebabkan oleh kemampuan bahan furfural alkohol dalam pengembangan (swelling) struktur kayu. Pada contoh uji yang berukuran lebih kecil furfural alkohol mampu mengembangkan struktur kayu pada porsi yang lebih besar, sehingga membuat kayu tersebut bersifat lebih permeabel dibandingkan dengan contoh uji kayu yang berukuran lebih besar.

Tabel 2 menunjukkan bahwa metode perlakuan furfuralisasi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai penambahan berat pada contoh uji. Hal ini berarti tidak ada perbedaan efektivitas furfuralisasi antara contoh uji kering udara dan contoh uji dengan kadar air sekitar 6-8%. Hasil serupa dijumpai dalam studi furfuralisasi sebelumnya yang dilakukan oleh Balfas (1993) pada kayu kari (*Eucalyptus diversicolor* F. Myell) dan jarrah (*E. marginata* ex Sm). Secara praktis, temuan ini menggambarkan suatu kemudahan teknis dalam penggunaan perlakuan furfuralisasi pada kayu. Artinya, kayu yang akan difurfuralisasi tidak perlu dikeringkan hingga mencapai kadar air kurang dari 8%, sebagaimana yang disyaratkan dalam metode modifikasi kayu lainnya seperti asetilasi (Rowell, 1984).

Hasil pengujian biologis yang meliputi ketahanan kayu terhadap serangan rayap kayu kering (*Cryptotermes* dan rayap tanah (*Coptotermes*) disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan pada nilai rata-rata mortalitas dan derajat proteksi pada Tabel 3 serta hasil pengujian statistik (prosedur t-student) diketahui bahwa daya tahan contoh uji kontrol dari kedua jenis kayu terhadap serangan rayap kayu kering tidak memiliki perbedaan yang berarti satu sama lain ($p > 0,05$). Menurut klasifikasi yang disusun oleh Martawijaya dan Sumarni (1984) serangan rayap kayu kering terhadap kedua jenis kayu tersebut termasuk pada kategori "sedang". Namun demikian, serangan rayap tanah terhadap contoh uji tusam termasuk pada kategori "hebat", sedangkan contoh uji kayu mengium diserang dengan kategori "sedang". Pengujian pada contoh uji kayu yang difurfuralisasi menunjukkan nilai proteksi dan mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan contoh uji kontrol. Secara statistik, perlakuan furfuralisasi secara nyata ($p < 0,01$) meningkatkan daya tahan kedua jenis kayu terhadap serangan rayap kayu kering maupun rayap tanah.

Nilai penyempurnaan proteksi (keawetan) kayu setelah perlakuan furfuralisasi mungkin disebabkan oleh adanya modifikasi kimia pada struktur kayu yang mampu membatasi mekanisme enzimatik pada sistem metabolisme rayap, sehingga menyebab-

kan penurunan kemampuan rayap untuk mengkonsumsi kayu tersebut dan lebih jauh lagi menyebabkan mortalitas rayap secara sempurna. Namun demikian, data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa contoh uji yang difurfurilasi tidak mengalami serangan rayap kayu kering atau dengan kata lain masuk dalam kategori "utuh" dengan disertai nilai mortalitas yang sempurna. Hal ini berarti bahwa modifikasi furfural alkohol ke dalam struktur kayu bersifat toksin bagi pernafasan rayap tersebut. Mekanisme racun pernafasan ini tidak diketahui secara pasti, mungkin terdapat emisi gas furfural atau ester yang dapat mengganggu pernafasan rayap.

Tabel 3. Sifat keawetan kayu terhadap serangan rayap kayu kering dan rayap tanah
Table 3. Wood durability against dry-wood and subteranean termite attacks

Keawetan (Durability)							
Jenis kayu (Wood species)	Perlakuan (Treatment)	Rayap kayu kering (Drywood termite)			Rayap tanah (Subteranean termite)		
		Mortalitas, % (Mortality)	Derajat proteksi, % (Degree of protection)	PK (%)	Mortalitas, % (Mortality)	Derajat proteksi, % (Degree of protection)	PK (%)
Tusam	Kontrol (Control)	32	70	-	6	40	-
	Metode 1 (Method 1)	100	100	43	100	94	135
	Metode 2 (Method 2)	100	100	43	100	78	95
Mangium	Kontrol (Control)	34	70	-	16	70	-
	Metode 1 (Method 1)	100	100	43	100	100	43
	Metode 2 (Method 2)	100	90	43	100	100	43

Keterangan (Remarks) : PK = Penyempurnaan keawetan akibat furfurilasi (Durability gain due to furfurylation)

Prosentasi penyempurnaan keawetan kayu akibat furfurilasi pada kayu tusam adalah lebih tinggi daripada kayu mangium. Perbedaan ini terutama berkaitan dengan dua hal, yaitu keawetan alami dan tingkat furfurilasi. Kayu mangium memiliki keawetan awal (initial durability) yang lebih tinggi daripada kayu tusam, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai derajat proteksi yang lebih besar daripada kayu tusam (Tabel 3). Tingkat furfurilasi pada kayu tusam lebih tinggi daripada kayu mangium, sehingga penyempurnaan nilai proteksi serangan rayap pada kayu ini menjadi lebih tinggi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Efektivitas perlakuan furfurilasi pada struktur kayu ditentukan oleh faktor jenis kayu dan ukuran spesimen. Kayu tusam lebih mudah difurfurilasi daripada kayu mangium. Spesimen berukuran kecil memiliki tingkat furfurilasi yang lebih tinggi daripada spesimen berukuran besar. Perbedaan kadar air dalam kayu tidak bersifat kritis bagi efektivitas furfurilasi. Kayu tusam memiliki daya tahan rendah daripada kayu mangium terhadap serangan rayap, terutama rayap tanah. Perlakuan furfurilasi

dapat meningkatkan daya tahan kayu tusam dan mangium terhadap serangan rayap kayu kering dan rayap tanah. Setelah furfuralisasi, kayu tusam mengalami peningkatan keawetan yang lebih tinggi daripada kayu mangium.

B. Saran

Perlakuan furfuralisasi dalam studi ini dilakukan pada contoh uji berukuran kecil, yang memiliki tingkat furfuralisasi tinggi, serta pengujian keawetan dilakukan di laboratorium. Untuk memperoleh metode furfuralisasi yang optimal dalam konteks keterawetan kayu perlu dilakukan studi lanjutan yang menggunakan contoh uji berukuran besar dan pengujian keawetannya dilakukan di lapangan. Studi ini hendaknya mencakup determinasi teknis mengenai mekanisme keracunan rayap pada kayu yang difurfuralisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Balfas, J. 1993. Improving the weathering resistance of glue laminated regrowth karri and jarrah. Master thesis, Department of Forestry, Australian National University, Canberra.
- Balfas, J. 1995. Furfuralisasi pada kayu tusam dan mangium. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 13(2) : 183-192.
- Bendtsen, B.A. 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *Forest Prod.J.* 28(10) : 61-72.
- Dadswell, H.E. 1958. Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. *J. Inst. Wood Sci.* (1) : 11-32.
- Erickson, H.D. and T. Arima. 1974. Douglas-fir wood quality studies, Part II: Effects of age and stimulated growth on fibril angle and chemical constituents. *Wood Sci. and Tech.* (8) : 255-256.
- Goldstein, T.S. and W.A. Dreher. 1961. Stable furfuryl alcohol impregnating solution. *Ind.Eng.Chem.* 52(11):57-58.
- Martawijaya, A. dan G. Sumarni. 1984. Efikasi dan keragaan kayu hasil pengawetan dengan BFCA. Bagian Proyek Penelitian Hasil Hutan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Mustafa, Z. 1994. Panduan microstat untuk mengolah data statistik. edisi III. Andi Offset, Yogyakarta
- Pari, G. 1988. Hasil pengujian analisis kimia beberapa jenis kayu HTI asal Sumatera. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor. Belum diterbitkan.
- Rowell, R.M. 1984. Penetration and reactivity of cell wall components. In R.M. Rowell (Ed.) : *Chemistry of solid wood*. Washington D.C. American Chem. Soc.
- Stamm, A.J. 1977. Dimensional stabilization of wood with furfuryl alcohol resin. In I.S. Goldstein (Ed.) : *Wood technology; chemical aspects*. Washington D.C. American Chem. Soc.