

**KUALITAS REKATAN BILAH SAMBUNG JARI PADA LIMA JENIS KAYU
DENGAN PEREKAT LIGNIN DAN TANIN
(*Bonding quality of finger jointed board on five wood species using
lignin and tannin based adhesives*)**

Oleh/By:

Adi Santoso, Osly Rachman & Jamaludin Malik

ABSTRACT

Earlier study has shown that compound of lignin and tannin could be made copolymer with resorcinol and formaldehyde to form lignin- and tannin resorcinol formaldehyde resins suitable for producing exterior laminated wood products.

*The aims of this study are to find out the quality of lignin resorcinol formaldehyde and tannin resorcinol formaldehyde as an adhesive in manufacturing finger jointed boards from five wood species, i.e. tempeas (*Teysmanniodendron sympliciodes* Kosterm), waru (*Hibiscus tiliaceus* L), bunyo (*Trioma malaccensis* Hook F.), gambir (*Trigonopheura malayana* Hook F.), and rasamala (*Altingia excelsa* Noronha) on its mechanical properties.*

Results showed that there was no case of delamination on the five wood species. Mechanical characteristics of the jointed boards were significantly affected by wood species, glue type and interaction of the two factors.

Keywords: Lignin, tannin, resorcinol, wood species, finger-jointed wood.

ABSTRAK

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa komponen senyawa dalam lignin dan tanin dapat dibuat kopolimer dengan resorsinol dan formaldehida membentuk resin lignin- dan tanin formaldehida untuk produksi kayu lamina eksterior.

Penelitian ini bertujuan mengetahui kualitas lignin resorsinol formaldehida dan tanin resorsinol formaldehida dalam pembuatan bilah sambung jari dari lima jenis kayu untuk bangunan perkapalan, yaitu: tempeas (*Teysmanniodendron sympliciodes* Kosterm), waru (*Hibiscus tiliaceus* L), bunyo (*Trioma malaccensis* Hook F.), gambir (*Trigonopheura malayana* Hook F.), dan rasamala (*Altingia excelsa* Noronha) terhadap sifat mekanisnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak dijumpai adanya delaminasi bilah sambung jari pada kelima jenis kayu. Sifat mekanis dari bilah sambung jari dipengaruhi secara nyata oleh jenis kayu, jenis perekat dan interaksi kedua faktor tersebut.

Kata kunci: Lignin, tanin, resorsinol, jenis kayu, bilah sambung

I. PENDAHULUAN

Aplikasi ilmu rekayasa kayu berkembang pesat khususnya di bidang konstruksi bangunan dan perkapalan. Sebagai contoh, sebagian besar konstruksi kulit lambung jenis kapal patroli cepat (*fast patrol boat*) terdiri atas papan kayu jati, atau jenis-jenis kayu yang berkelas kuat II dan III, sedangkan konstruksi kulit bagian dalam dibuat dari papan meranti merah atau jenis-jenis kayu yang berbobot jenis 0,60-0,70 (Sadiyo, 1989). Dalam perakitan konstruksi kapal tersebut dilakukan perekatan, penyekrupan, dan atau kombinasi keduanya. Perekat yang digunakan adalah perekat dingin tipe WBP (eksterior I) seperti resorsinol phenol formaldehida (RPF) yang di perdagangan dikenal sebagai Aerodux 500 yang diimpor dari Belgia.

Tradisi impor bahan baku industri merupakan satu kelemahan yang perlu dibenahi dalam restrukturisasi industri kehutanan. Dalam upaya menanggulangi atau mengurangi ketergantungan terhadap produk impor, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan mencari bahan perekat substitusi yang setara kualitasnya dengan perekat impor. Salah satu formula yang dikembangkan adalah perekat berkualitas WBP yang terbuat dari bahan baku berupa larutan sisa pemasak serpih kayu asal pabrik pulp, yang dikenal sebagai lindi hitam (Santoso, 2003 a) dan tanin yang merupakan senyawa fenolik alami diperoleh dalam konsentrasi tinggi pada beberapa macam tumbuhan seperti akasia (Santoso, 2003 b).

Mengingat ketersediaan sumber kayu bulat sudah semakin terbatas, sehingga penggunaan jenis kayu kurang dikenal yang belum banyak dimanfaatkan menjadi alternatif dalam kelangsungan industri kayu nasional.

Tulisan ini mengemukakan hasil penelitian penggunaan perekat formula substitusi dalam pembuatan bilah sambung dari lima jenis kayu yang selama ini belum banyak dimanfaatkan.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah perekat sintesis lignin resorsinol formaldehida (LRF) dan tanin resorsinol formaldehida (TRF) dengan spesifikasi masing-masing tercantum dalam Tabel 1, dan 5 jenis kayu yang berasal dari Kabupaten Sukabumi (Jawa Barat) yaitu: tempeas (*Teysmanniodendron sympliciodes* Kosterm), waru (*Hibiscus tiliaceus* L), bunyo (*Trioma malaccensis* Hook F.), gambir (*Trigonopheura malayana* Hook F.), dan rasamala (*Altingia excelsa* Noronha).

Tabel 1. Ikhtisar sifat fisis-kimia perekat LRF dan TRF

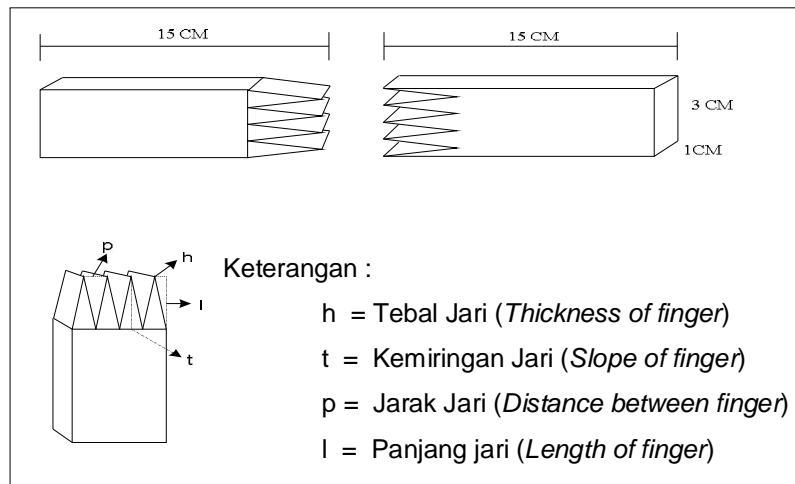
Table 1. Summarized of physical-chemistry properties of LRF and TRF glue

Sifat (<i>Properties</i>)	Perekat (<i>Glue</i>)	
	LRF	TRF
Kenampakan (<i>Appearance</i>)	(+)	(+)
Waktu tergelatin (<i>Gelatinous time</i>), menit (<i>minute</i>)	2 2 8	1 8 7
Kadar padat (<i>Solid content</i>), %	48,95	56,01
Kekentalan (<i>Viscosity</i>), pada suhu (<i>at temperature</i>) $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, poise	1,0	1,08
Keasaman (<i>Acidity</i>), pH	11,0	10,5
Bobot jenis (<i>Specific gravity</i>)	1,16	1,85

Keterangan (*Remarks*) : (+) Cairan, berwarna coklat - hitam, berbau khas (*liquid, black-brown colour, specific phenol smell*).

B. Metode

Dolok kayu berdiameter kecil (≈ 30 cm) dibelah menjadi bilah berukuran tebal 2,5 cm, panjang 50 cm dan lebar 3 cm. Masing-masing kayu diusahakan sama, baik ukuran maupun kualitasnya, dan secara visual bebas cacat. Selanjutnya kayu dikeringkan dalam oven pada suhu $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ hingga kadar airnya ≈ 12 %. Bilah yang telah disiapkan kemudian dibentuk struktur menjari pada kedua bagian ujungnya (Gambar 1).



Gambar 1. Bentuk Sambungan Jari

Figure 1. Finger jointing structure

Bilah yang sudah dibentuk selanjutnya dilaburi perekat LRF dan TRF menggunakan kuas dengan bobot labur 85 g/m^2 . Sebelum perekat tersebut dilaburkan, resin LRF dan TRF masing-masing diberi bahan pengeras berupa paraformaldehida teknis masing-masing sebanyak 1% dari bobot perekat cair. Perakitan bilah sambung yang telah dilaburi perekat diletakan di atas meja pengempaan. Pengempaan dilakukan secara manual dengan tekanan 10 kg/cm^2 , selama 8 jam pada suhu kamar. Selanjutnya bilah kayu sambung didiamkan pada suhu ruang selama satu minggu sebelum dilakukan pengujian. Sebelum dibuat contoh uji, bilah sambung diampelas hingga mencapai ketebalan 2 cm. Pengujian bilah sambung meliputi sifat fisis (kadar air dan kerapatan), sifat mekanis (MOE, MOR), efisiensi sambungan dan delaminasi untuk tipe perekat eksterior I. Efisiensi sambungan dihitung berdasarkan rasio MOE sambungan dan MOE kayu utuhnya yang masing-masing diuji dalam keadaan kering, dan dinyatakan dalam persen (%). Prosedur pengujian sifat fisis dan mekanis tersebut mengikuti standar asosiasi

Jepang (Anonim, 1996), sedangkan delaminasi mengikuti Standar Nasional Indonesia (Anonim, 2000 a).

Data hasil pengamatan dihitung rata-ratanya, kemudian ditabulasi. Nilai rata-rata yang diperoleh diuji secara statistik dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial, dan dilanjutkan dengan uji beda cara Tukey (Steel dan Torrie, 1993).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air rata-rata bilah sambung jari 8,03% dengan kisaran antara 5,24 - 9,37%, nilai ini memenuhi persyaratan SNI (Anonim, 2000 a) karena $< 14\%$, sementara kerapatannya berkisar antara 0,46 - 0,77 g/cm³. Bilah sambung tersebut termasuk berkerapatan rendah sampai dengan sedang (Martawijaya *et al.*, 1981 dan 1990), dan bila berpedoman pada ketentuan penggunaan kayu sebagai bagian dari konstruksi bangunan perkapalan khususnya galar balok produk bilah sambung ini memenuhi syarat karena berkisar dari 0,45-0,70 g/cm³ (Anonim, 2000 b). Uji delaminasi pada papan bilah sambung jari dari lima jenis kayu yang diamati menunjukkan bahwa kualitas rekatan dari kedua jenis perekat tersebut sangat baik dan memenuhi persyaratan standar SNI (Anonim, 2000 a) untuk tipe eksterior karena nilainya 25%.

Hasil pengujian sifat mekanis bilah sambung jari yang dicantumkan pada Tabel 2 dan 3 menunjukkan bahwa keteguhan patah (MOR) bilah sambung yang direkat dengan TRF lebih tinggi daripada bilah sambung jari yang menggunakan perekat LRF, sedangkan keteguhan lentur (MOE) bilah sambung yang direkat dengan LRF lebih tinggi daripada dengan TRF. Hasil tersebut menggambarkan bahwa ikatan molekul perekat TRF dengan kayu lebih kuat daripada LRF. Hal ini

diduga berkaitan dengan kadar padatan yang dikandung perekat (*solid content*) TRF yang lebih tinggi dibandingkan dengan LRF (Tabel 1).

Tabel 2. Sifat mekanis dari papan bilah sambung jari dengan perekat LRF

Table 2. Mechanical properties of finger jointed boards with LRF glue

No.	Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Sifat (<i>Properties</i>)				
		MOR (kg/cm ²)		MOE (x 1000 kg/cm ²)		Efisiensi sambungan (<i>Joint efficienc</i>), %
		1	2	1	2	
1.	Tempeas	399,21	132,61	146,42	48,81	73,57
2.	Waru	500,76	123,07	65,87	43,91	60,31
3.	Bunyo	469,51	172,97	151,69	67,42	66,60
4.	Gambir	400,31	55,21	74,26	34,27	40,45
5.	Rasamala	403,97	38,97	91,50	50,83	35,42

Keterangan (*Remarks*): 1 = Uji kering (*Dry test*); 2 = Uji basah (*Wet test*); MOR = *Modulus of Rupture*; MOE = *Modulus of elasticity*

Tabel 3. Sifat mekanis dari papan bilah sambung jari dengan perekat TRF

Table 3. Mechanical properties of finger jointed boards with TRF glue

No.	Jenis kayu (<i>Wood species</i>)	Sifat (<i>Properties</i>)				
		MOR (kg/cm ²)		MOE (x 1000 kg/cm ²)		Efisiensi sambungan (<i>Joint efficienc</i>), %
		1	2	1	2	
1.	Tempeas	417,15	139,05	71,23	47,49	35,79
2.	Waru	290,61	171,72	42,32	47,82	38,74
3.	Bunyo	639,76	141,82	116,33	46,53	51,08
4.	Gambir	827,76	179,86	79,32	48,87	43,21
5.	Rasamala	322,76	90,67	44,89	14,64	17,38

Keterangan (*Remarks*): 1 = Uji kering (*Dry test*); 2 = Uji basah (*Wet test*); MOR = *Modulus of Rupture*; MOE = *Modulus of elasticity*

Bila dihitung berdasarkan perbandingan dengan MOE kayu solid dari masing-masing jenis dalam keadaan kering, yang berkisar antara 43.688 – 103.344 kg/cm², maka diperoleh efisiensi sambungan bilah sambung jari dari setiap jenis kayu dengan perekat LRF berkisar antara 35,42 – 73,57 %. Efisiensi sambungan terbaik dicapai pada jenis kayu tempeas, bunyo dan waru masing-masing memiliki nilai efisiensi

> 50%. Sementara efisiensi sambungan yang menggunakan perekat TRF berkisar antara 17,38 – 51,08% dengan efisiensi terbaik dicapai oleh jenis kayu bunyo. Menurut SNI (Anonim, 2000 a) bilah sambung dengan karakter seperti tersebut di atas cocok digunakan untuk kusen, daun rangka pintu dan jendela atau digunakan untuk geladak dan galar bilga kapal (Anonim, 2000 b).

Sidik ragam keteguhan patah (MOR), keteguhan lentur MOE), dan efisiensi sambungan dari bilah sambung jari dalam keadaan kering (Tabel 4) ternyata jenis kayu, jenis perekat maupun interaksi kedua faktor tersebut berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan patah bilah sambung. Kontribusi pengaruh jenis kayu, jenis perekat maupun interaksi kedua faktor perlakuan terhadap keteguhan patah masing-masing sebesar 42,30%; 4,57% dan 52,61%, sedangkan kontribusi terhadap keteguhan lentur masing-masing 63,52%, 23,23% dan 13,14%.

Tabel 4. Sidik ragam pada MOR, MOE dan efisiensi sambungan papan bilah sambung jari

Table 4. Analysis of variance on MOR, MOE and efficiency of finger jointed boards

Sumber keragaman (Source of variation)	F _{hitung} (<i>F_{calculation}</i>)				
	MOR		MOE		Efisiensi
	1	2	1	2	
Jenis kayu (<i>Wood species</i>), A	176,33**	4029,71**	2672,66**	1673,33**	628,56**
Jenis Perekat (<i>Glue type</i>), B	408,05**	6078,13**	3909,95**	1661,95**	1562,52**
Interaksi (<i>Interaction</i>), AB	507,50**	2554,52**	552,22**	2178,58	202,14**

Keterangan (*Remarks*): 1 = Uji kering (*Dry test*); 2 = Uji basah (*Wet test*); ** sangat nyata (*Highly significant*).

Hasil sidik ragam keteguhan patah bilah sambung dalam keadaan basah menunjukkan pola yang mirip dengan bilah sambung dalam keadaan kering. Kontribusi pengaruh jenis kayu, jenis perekat maupun interaksinya terhadap keteguhan patah pada keadaan basah masing-masing 49,69%; 18,74% dan 31,50%,

sedangkan kontribusinya terhadap keteguhan lentur masing-masing 38,98%; 9,81% dan 51,09% dan terhadap efisiensi sambungan bilah sambung masing-masing 51,25%; 31,85% dan 16,48%. Berdasarkan data tersebut bahwa jenis kayu memberikan pengaruh terbesar pada keteguhan patah, keteguhan lentur dan efisiensi sambungan bilah sambung.

Hasil uji beda sifat mekanis bilah sambung ditinjau dari jenis kayunya (Tabel 5) menunjukkan bahwa bilah sambung jari yang diuji dalam keadaan kering, keteguhan patah kayu waru sama dengan rasamala, sedangkan keteguhan lentur dan efisiensi sambungan dari kelima jenis kayu masing-masing berbeda nyata. Demikian pula terjadi pada bilah sambung jari yang diuji dalam keadaan basah menunjukkan bahwa keteguhan patah maupun keteguhan lentur dari kelima jenis kayu yang diamati saling berbeda nyata.

Bila ditinjau dari jenis perekat yang digunakan, hasil uji beda menunjukkan bahwa keteguhan patah maupun keteguhan lentur bilah sambung jari yang direkat dengan TRF dalam keadaan kering maupun basah berbeda nyata dengan LRF. Berdasarkan interaksi antara jenis kayu dengan jenis perekat yang digunakan, ternyata dari hasil uji dalam keadaan kering menunjukkan bahwa keteguhan patah bilah sambung tempeas yang menggunakan perekat TRF sama dengan LRF, sedangkan bila diuji dalam keadaan basah ternyata keteguhan patah bilah sambung bunyo yang direkat dengan LRF sama dengan kayu waru yang direkat dengan TRF. Hasil uji beda bilah sambung yang diuji dalam keadaan kering menunjukkan bahwa dengan menggunakan perekat TRF, keteguhan lentur bilah sambung rasamala sama dengan waru.

Tabel 5. Uji beda MOR dan MOE bilah sambung jari

Table 5. Test of difference on MOR and MOE of finger jointed boards

Perlakuan (<i>Treatment</i>)		Nilai rata-rata (<i>Means of values</i>), kg/cm ²									
Jenis kayu (<i>Wood species</i>), A	MOR (1)	<i>G</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>W</i>	<i>R</i>					
		614	554	408	396	363					
	(2)	<i>B</i>	<i>W</i>	<i>T</i>	<i>G</i>	<i>R</i>					
		157	147	136	117	65					
	MOE (1)	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>G</i>	<i>R</i>	<i>W</i>					
		134.012	108.824	76.793	68.197	54.092					
	(2)	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>W</i>	<i>G</i>	<i>R</i>					
		56.975	48.146	45.865	41.571	32.737					
Jenis perekat (<i>Glue type</i>), B	MOR (1)	<i>T</i>	<i>L</i>								
		499	434								
	(2)	<i>TRF</i>	<i>LRF</i>								
		145	104								
	MOE (1)	<i>L</i>	<i>T</i>								
		105.948	70.820								
	(2)	<i>LRF</i>	<i>TRF</i>								
		49.049	41.070								
Interaksi (<i>Interaction</i>), AB	MOR (1)	<i>T-G</i>	<i>T-B</i>	<i>L-W</i>	<i>L-B</i>	<i>T-T</i>	<i>L-R</i>	<i>L-G</i>	<i>L-T</i>	<i>T-R</i>	<i>T-W</i>
		828	640	501	469	417	404	400	399	322	291
	(2)	<i>T-G</i>	<i>L-B</i>	<i>T-W</i>	<i>T-B</i>	<i>T-T</i>	<i>L-T</i>	<i>L-W</i>	<i>T-R</i>	<i>L-G</i>	<i>L-R</i>
		180	173	172	142	139	132	123	91	55	39
	MOE (X1000)	<i>L-B</i>	<i>L-T</i>	<i>T-B</i>	<i>L-R</i>	<i>T-G</i>	<i>L-G</i>	<i>T-T</i>	<i>L-W</i>	<i>T-R</i>	<i>T-W</i>
		15,2	14,6	11,6	9,15	7,93	7,42	7,12	6,59	4,49	4,23
	(2)	<i>L-B</i>	<i>L-R</i>	<i>T-G</i>	<i>L-T</i>	<i>T-W</i>	<i>T-T</i>	<i>T-B</i>	<i>L-W</i>	<i>L-G</i>	<i>T-R</i>
		67,4	50,8	48,9	47,8	47,5	46,5	43,9	43,9	34,3	14,6

Keterangan (*Remarks*): ————— = Tidak nyata (*Not significant*); (1) = Uji kering (*Dry test*);
 (2) = Uji basah (*Wet test*); T = TRF; L = LRF; G = gambir; B = bunyo;
 T = tempeas; W = waru; R = rasamala

Hasil uji beda efisiensi sambungan dari kelima jenis kayu (Tabel 6), menunjukkan bahwa efisiensi sambungan dari kelima jenis kayu berbeda nyata, dengan nilai rataan efisiensi terbaik dicapai oleh kayu bunyo dan tempeas karena nilainya > 50%. Berdasarkan jenis perekat yang digunakan, efisiensi sambungan bilah jari dengan perekat LRF (Rata-rata 55, 27%) lebih baik daripada TRF (Rata-rata 37,21%) karena kadar padatan yang dikandung perekat (*solid content*) LRF lebih rendah daripada TRF dan kenampakan perekat LRF yang lebih kenyal daripada TRF, sehingga sifat lentur pada bilah sambung jari yang menggunakan LRF lebih tinggi.

Selanjutnya uji beda efisiensi sambungan bilah jari menunjukkan (Tabel 6) bahwa efisiensi sambungan kayu gambir yang menggunakan perekat LRF tidak berbeda nyata dengan bilah sambung yang menggunakan perekat TRF, demikian pula kayu tempeas yang direkat dengan TRF tidak berbeda nyata dengan bilah sambung rasamala yang direkat dengan LRF.

Tabel 6. Uji beda efisiensi sambungan bilah jari

Table 6. Test of difference on efficiency of jointed boards

Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Nilai rataan (<i>Means of values</i>), %									
Jenis kayu (Wood species), A	<i>B</i>		<i>T</i>		<i>W</i>		<i>G</i>		<i>R</i>	
	58,84		54,68		49,52		41,83		26,40	
Jenis perekat (Glue type), B	<i>L</i>					<i>T</i>				
	55,27					37,24				
Interaksi (<i>Interaction</i>), AB	<i>L-T</i>	<i>L-B</i>	<i>L-W</i>	<i>T-B</i>	<i>T-G</i>	<i>L-G</i>	<i>T-W</i>	<i>T-T</i>	<i>L-R</i>	<i>T-R</i>
	73,5	66,6	60,3	51,1	43,2	40,4	38,7	35,8	35,4	17,4

Keterangan (*Remarks*): ————— = Tidak nyata (*Not significant*); (1) = Uji kering (*Dry test*);
 (2) = Uji basah (*Wet test*); T = TRF; L = LRF; G = gambir; B = bunyo;

T = tempeas; W = waru; R = rasamala

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Lignin resorsinol formaldehida dan tanin resorsinol formaldehida cocok digunakan sebagai perekat dalam pembuatan bilah sambung jari pada kayu tempeas (*Teysmanniodendron sympliciodes* Kosterm), waru (*Hibiscus tiliaceus* L), bunyo (*Trioma malaccensis* Hook F.), gambir (*Trigonopleura malayana* Hook F.), dan rasamala (*Altingia excelsa* Noronha).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak dijumpai adanya delaminasi bilah sambung jari pada kelima jenis kayu tersebut. Keteguhan patah, keteguhan lentur dan efisiensi sambungan bilah sambung jari dipengaruhi secara nyata oleh jenis kayu (kontribusi pengaruh antara 38,97 - 63,52%), jenis perekat (kontribusi pengaruh antara 4,57 - 63,52%), dan interaksi jenis perekat dengan jenis kayu (kontribusi pengaruh antara 42,30 - 63,52%).

Berpedoman pada ketentuan penggunaan kayu sebagai bagian dari konstruksi bangunan perkapalan, bilah sambung jari yang dibuat dari kelima jenis kayu yang diteliti dengan menggunakan perekat LRF dan TRF ternyata memenuhi syarat untuk penggunaan galar balok.

B. Saran

Bilah sambung jari dari kelima jenis kayu yang diteliti dengan menggunakan perekat LRF dan TRF cocok untuk pemakaian kusen, daun rangka pintu dan jendela atau cocok digunakan untuk galar balok dan konstruksi bagian dalam dinding kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1996. Japanese agricultural standard for structural glued laminated timber. Agricultural Standard (JAS) Notification No.111, January 29, 1996. Tokyo: JPIC.
- _____. 2000 *a*. Papan dan bilah sambung untuk kusen, daun jendela dan daun pintu. Standar Nasional Indonesia (SNI) Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- _____. 2000 *b*. Kayu untuk bangunan perkapalan. RSNI 1, Badan Standardisasi Nasional (BSN). Jakarta.
- Martawijaya, A., I. Kartasudjana & K. Kadir. 1981. Atlas kayu Indonesia. Jilid 1. Balai Penelitian Hasil Hutan (BPHH) Bogor. Indonesia.
- Martawijaya, A. 1990. Sifat dasar beberapa jenis kayu yang berasal dari hutan alam dan hutan tanaman. Prosiding Diskusi HTI. hal. 267-291. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta.
- Santoso, A. 2003 *a*. Sintesis dan karakterisasi resin lignin resorsinol formaldehida untuk perekat kayu lamina. Disertasi Fakultas Pascasarjana-Institut Pertanian Bogor. Tidak diterbitkan.
- _____. 2003 *b*. Uji coba penggunaan perekat tanin untuk kayu rekonstitusi. Laporan Hasil Penelitian Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan, Bogor. Tidak diterbitkan.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. 1993. Prinsip dan prosedur statistik. Gramedia. Jakarta