PEMANFAATAN LIGNIN DARI LINDI HITAM UNTUK PEMBUATAN KOPOLIMER LIGNIN RESORSINOL FORMALDEHIDA SEBAGAI PEREKAT KAYU LAMINA

Black Liquor Lignin Utilization for Producing Lignin Resorcinol Formaldehyde Co-polymer as Laminated Wood Adhesive

Oleh/By:

Adi Santoso

ABSTRACT

Black liquor as a waste of (yielded by) pulp factories in Indonesia was estimated to reach more than 2.3 million tonnes/year. The use of this liquid has long been explored for wood adhesive, particularly for glue cold setting type. In this research, black liquor was isolated to get lignin isolate by re-precipitation method. The lignin isolate was then added with resorcinol and formaldehyde at molar ratio of Lignin (L): Resorcinol (R): Formaldehyde (F) = 1:0.5:2. Physical, mechanical, and chemical properties of the glue were tested and evaluated using procedures described in Indonesian standard (SNI) and Japanese standard (JAS).

Results indicated that the isolate lignin obtained from black liquor contained typical functional groups, namely hydroxyphenolic and metoxyl. Under FTIR spectrophotometer, the co-polymer lignin resorcinol formaldehyde showed similar infrared wave number to those of phenol resorcinol formaldehyde resin. The adhesive yielded from co-polymerization lignin had a red-brown colored dilution, typical phenol smell, with 48.95% of solid content, 3.71% of free formaldehyde, and 227.5 minute of gelatinous time. The Lignin resorcinol formaldehyde glue is applicable for laminated wood products.

Keywords: Lignin, adhesives, laminated wood, black liquor, co-polymerization

ABSTRAK

Lindi hitam yang dihasilkan oleh pabrik pulp di Indonesia diperkirakan mencapai lebih dari 2,3 juta ton/tahun. Larutan ini sudah sejak lama diupayakan pemanfaatannya sebagai bahan perekat untuk keperluan industri kayu, terutama untuk jenis perekat kempa dingin (coldsetting). Dalam penelitian ini lindi hitam diisolasi untuk memperoleh isolat lignin dengan menggunakan metode pengendapan berulang (represipitasi). Selanjutnya pada isolat lignin ditambahkan resorsinol dan formaldehida dengan nisbah mol Lignin (L) : Resorsinol (R) : Formaldehida (F) = 1 : 0.5 : 2. Sifat fisis, mekanis, dan kimia perekat diuji dan dievaluasi dengan menggunakan prosedur yang diuraikan dalam standar Indonesia (SNI) dan Jepang (JAS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat lignin yang diperoleh dari lindi hitam mengandung gugus fungsi khas, yaitu hidroksifenolik dan metoksil. Kopolimer lignin resorsinol formaldehida yang dibuat dari lignin isolat tersebut memiliki ciri khas pada bilangan gelombang spektrofotometer inframerah (FTIR) yang mirip dengan ciri yang dimiliki oleh resin fenol resorsinol formaldehida.

Perekat yang dihasilkan dari kopolimerisasi lignin dengan resorsinol dan formaldehida ini berbentuk cairan berwarna merah kecokelatan, berbau khas fenol, memiliki kadar resin padat 48,95%, formaldehida bebas 3,71%, dan waktu tergelatin 227,5 menit. Perekat lignin resorsinol formaldehida dapat digunakan pada produk kayu lamina.

Kata kunci: Perekat, lignin, kayu lamina, lindi hitam, kopolimerisasi

I. PENDAHULUAN

Perekat merupakan salah satu bahan utama yang penting dalam industri pengolahan kayu. Lebih dari 32% total biaya produksi kayu yang dibuat dalam berbagai bentuk dan jenis kayu olahan adalah biaya perekat (Sellers, 2001). Sampai saat ini, sebagian besar perekat untuk produksi kayu pertukangan (*wood working*) untuk keperluan struktural atau bangunan dan perkapalan di Indonesia masih menggunakan perekat impor terutama dari Belgia dan Jepang, yaitu perekat dingin tipe WBP dari jenis fenol resorsinol formaldehida (*Phenol resorcinol formaldehyde, PRF*) dan resorsinol formaldehida (*Resorcinol formaldehyde, RF*).

Sesungguhnya perekat serupa bisa dibuat di Indonesia, bila ditinjau dari potensi bahan baku fenolik yang dimiliki, yaitu dari larutan sisa pemasak serpih kayu dari pabrik pulp dengan proses kimia sulfat, yang secara teknis disebut lindi hitam kraft (*kraft black liquor*). Berbagai jenis produk yang bermanfaat dapat dihasilkan dari isolasi atau pemisahan komponen kimia yang terdapat dalam larutan sisa pemasak tersebut. Komponen kimia terbesar yang terkandung dalam larutan sisa pemasak ialah lignin, dan sisanya terdiri atas: asam format, asam asetat, zat ekstraktif, dan komponen lain.

Berkenaan dengan aplikasi perekat dalam bidang struktur bangunan, lignin dari lindi hitam bila dikopolimerisasi dengan resorsinol dan formaldehida akan membentuk lignin resorsinol formaldehida (LRF), yang merupakan perekat kempa dingin seperti halnya perekat RF dan PRF (Pizzi, 1994). Perekat lignin jenis ini bisa dipakai untuk membuat produk kayu untuk keperluan struktural, seperti papan atau balok lamina.

Upaya pembuatan perekat LRF dalam skala laboratorium telah dilakukan (Ruhendi, 1999, Santoso *et al.*, 2001). Baru-baru ini Santoso (2003) telah berhasil membuat formula optimum perekat berbasis lignin sebagai alternatif pengganti perekat PRF untuk kayu lamina kempas (*Koompassia malaccensis* Maing), namun kesesuaian perekat tersebut untuk jenis kayu yang lain belum diketahui. Mengingat kinerja perekat pada umumnya dipengaruhi oleh jenis kayu yang digunakan, maka perlu dilakukan penelitian pemanfaatan lignin dari lindi hitam sisa pemasak pabrik pulp untuk perekat pada beberapa jenis kayu. Penelitian ini bertujuan mempelajari kinerja hasil reaksi kopolimerisasi dalam sintesis lignin resorsinol formaldehida sebagai perekat pada beberapa jenis kayu.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah lindi hitam kraft cair yang diperoleh dari pabrik kertas PT Bekasi Teguh berbahan baku campuran dari kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* L Nielsen) dan manii (*Maesopsis eminii* Engl.) (60:40), resorsinol 95%, larutan formaldehida 37%, paraformaldehida kristal, NaOH, H₂SO₄, indulin-AT (lignin standar), perekat fenol resorsinol formaldehida (perekat standar), aquades, dan 6 jenis kayu sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis kayu yang digunakan dalam penelitian
Table 1. Wood species used in the study

No.	Jenis (Species)	Nama Botani (Botanical name)	Bobot Jenis ^{*)} (Specific gravity)	Kelas kuat ^{*)} (Strength class)
1.	Sengon	<i>Paraserianthes falcata</i>	0,33	IV-V
2.	Jabon	<i>Anthocephalus chinensis</i>	0,42	III-IV
3.	Tusam	<i>Pinus merkusii</i>	0,55	III
4.	Jati	<i>Tectona grandis</i>	0,67	II
5.	Litokarpus	<i>Lithocarpus</i> spp.	0,80	I-II
6.	Pasang	<i>Quercus</i> sp.	1,01	I

^{*)} Sumber: Martawijaya et al. (1981 dan 1989).

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Produk Majemuk, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan-Bogor. Peralatan yang digunakan adalah gergaji, alat pelabur perekat, mesin kempa, oven, tanur, timbangan, penangas, pH-meter, viskometer, piknometer, desikator, Spektrofotometer UV-Visibel Varian DMS-100, Spektrofotometer Shimadzu FTIR-1600, dan seperangkat peralatan gelas kimia.

B. Metode

Perekat yang digunakan adalah resin kopolimer Lignin Resorsinol Formaldehida (LRF) yang dibuat dengan komposisi nisbah mol L:R:F = 1:0,5:2. Pembuatan resin dilakukan pada suhu kamar dengan kondisi basa pada pH 11 (Santoso, 2003). Pengujian sifat fisis-kimia resin hasil kopolimerisasi terdiri atas kenampakan (uji visual), kadar padatan (*solid content*), viskositas, keasaman (pH), dan bobot jenis, yang masing-masing mengacu pada Standar Nasional Indonesia (1998). Sebagai pembanding digunakan perekat fenol resorsinol formaldehida (PRF) impor.

Kualitas perekatan resin LRF ditentukan berdasarkan nilai keteguhan geser pada kayu lamina yang dibuat dari 6 jenis kayu asal Jambi dan Sumatera Utara. Masing-masing jenis kayu tersebut dipotong dengan ukuran (2 x 5 x 50) cm. Setelah dipilih secara visual, kayu dikeringkan dalam oven hingga kadar airnya berkisar antara 8-12 %. Kayu-kayu yang telah disiapkan dibersihkan permukaannya sebelum dilaburi dengan resin lignin resorsinol formaldehida (LRF). Sebelum dilaburkan, cairan resin ini dibubuhi paraformaldehida masing-masing 3% berdasarkan bobot resin cair. Kemudian resin dilaburkan pada salah satu permukaannya dengan bobot labur 170 g/m². Setelah pelaburan merata, potongan kayu direkatkan dengan kayu lainnya.

Selanjutnya kayu lamina dikempa dingin secara manual, masing-masing selama: 8 jam, dan didiamkan pada suhu ruang selama satu minggu sebelum dilakukan pengujian. Untuk setiap jenis kayu dibuat 3 (tiga) balok kayu lamina. Pengujian keteguhan rekat berupa keteguhan geser tekan dilakukan dalam bentuk uji basah dan kering dengan mengacu kepada standar Jepang (Anonim, 1996). Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan ulangan sebanyak tiga kali. Uji beda dilakukan berdasarkan cara Tukey (Steel dan Torrie, 1989).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakter Kopolimer LRF

Hasil identifikasi kopolimer lignin resorsinol formaldehida dengan menggunakan spektrofotometer inframerah ditampilkan pada Tabel 2, Gambar 1, dan 2. Hasil analisis berupa spektrum pita absorpsi inframerah pada tabel dan gambar tersebut masing-masing menunjukkan adanya pergeseran pita absorpsi dari posisi awal setiap reaktan. Pada kopolimer LRF, lignin guaiasil tercirikan pada pita absorpsi sekitar 1240 cm^{-1} yang pada awalnya muncul di daerah bilangan gelombang 1210 cm^{-1} (Utama *et al.*, 2002), sementara ciri siringil ditunjukkan pada daerah sekitar 1305 cm^{-1} yang semula muncul di daerah bilangan gelombang 1340 cm^{-1} (Bahar, 1984). Gugus hidroksil yang muncul pada daerah bilangan gelombang 3410 cm^{-1} mengindikasikan terwakilinya gugus OH dari lignin maupun resorsinol dalam kopolimer LRF, yang pada resin PRF muncul di daerah bilangan gelombang 3455 cm^{-1} (Tabel 2, Gambar 1). Sementara vibrasi cincin aromatik dan regangan C=C kopolimer LRF masing-masing muncul pada daerah sekitar 1570 cm^{-1} dan 1465 cm^{-1} . Pada resin PRF ciri tersebut muncul di daerah bilangan gelombang 1605 cm^{-1} dan 1455 cm^{-1} .

Tabel 2. Pita serapan spektrofotometer inframerah reaktan, kopolimer LRF, dan perekat PRF (cm^{-1})

Table 2. Infrared spectrophotometer absorption bands of reactants, LRF copolymer, and PRF glue (cm^{-1})

No	Lignin Isolat (Isolate lignin)	Formaldehida (Formaldehyde)	Resorsinol (Resorcinol)	Kopolimer LRF (LRF copolymer)	Resin PRF (PRF resin)
1	3424	-	3450	3410	3455
2	-	-	3250	-	3280
3	2930	2980	2880	-	-
4	-	2716	2640	-	-
5	1600	1614	1610	1570	1605
6	1508	1470	1490	1465	1455
7	1455	-	1380	-	1395
8	1340	1310	1300	1305	1295
9	1210	1238	1170	1240	1220
10	-	1092	1150	1145	1140
11	1003	934	963	970	1070

Gambar 1. Spektrum inframerah lignin dan reaktan bahan resin LRF
Figure 1. Infrared spectrum of lignin and raw material of LRF resin

Keterangan (Remarks): For = formaldehida (Formaldehyde); ISL = Lignin isolat (Isolate lignin); Res = resorsinol (Resorcinol).

Vibrasi ikatan C-C pada kopolimer LRF di daerah bilangan gelombang 970 cm^{-1} mewakili ikatan yang sama yang ada dalam reaktan penyusun kopolimer, yang semula masing-masing muncul di sekitar 1003 cm^{-1} , 934 cm^{-1} , dan 963 cm^{-1} . Ciri yang sama pada resin PRF muncul di daerah bilangan gelombang 955 cm^{-1} .

Gambar 2. Spektrum inframerah kopolimer LRF dan resin PRF
Figure 2. Infrared spectrum of LRF copolymer and PRF resin

Keterangan (Remarks): LRF = lignin resorsinol formaldehida (Lignin resorcinol formaldehyde); PRF = fenol resorsinol formaldehida (Phenol resorcinol formaldehyde)

Ciri khas lain yang penting diamati adalah pada bilangan gelombang sekitar 1150 cm^{-1} untuk regangan eter alifatik yang dihasilkan melalui kondensasi gugus hidroksifenolik, yang dihasilkan dari reaksi antara formaldehida dengan cincin aromatik. Spektrum inframerah untuk regangan eter alifatik tersebut pada kopolimer LRF muncul di daerah bilangan gelombang 1145 cm^{-1} , sementara pada PRF di daerah bilangan gelombang 1140 cm^{-1} .

Pergeseran-pergeseran pita absorpsi yang dikemukakan di atas mengindikasikan bahwa telah terjadi reaksi kimia (Tadjang, 2001, Utama *et al.*, 2002), dalam hal ini antara lignin, resorsinol, dan formaldehida membentuk kopolimer LRF. Implikasi dari karakteristik spektroskopi tersebut adalah bahwa resin LRF akan memiliki sifat fisis dan kimia yang menyerupai resin PRF terutama dalam hal sifat perekatan terhadap kayu.

B. Sifat Fisis-Kimia Resin Lignin Resorsinol Formaldehida

Resin LRF yang dibuat dengan komposisi nisbah mol L:R:F = 1:0.5:2, dan kadar pengeras (paraformaldehida) 3% dari resin cair, memiliki sifat fisis berupa cairan berwarna cokelat kehitaman dan berbau khas fenol (Tabel 3). Warna yang dihasilkan diduga berasal dari perpaduan lignin isolat dengan resorsinol, sedangkan bau khas fenol diduga berasal dari resorsinol, yang merupakan senyawa fenolik mengandung 1 gugus hidroksi tambahan pada inti aromatik, membentuk posisi meta (Pizzi, 1994).

Tabel 3. Sifat fisis-kimia resin lignin resorsinol formaldehida

Table 3. Physical-chemistry properties of lignin resorcinol-formaldehyde

Sifat (Properties)	Resin (Resin) LRF	Resin (Resin) PRF
Penampakan (Appearance)	(+)	(+)
Waktu tergelatin (Gelatinous time) menit (minute)	227,5	85
Kadar padat (Solid content), %	48,95	57,03
Kekentalan (Viscosity) ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), (poise)	1,0	3,4
Keasaman (Acidity) (pH)	11,0	8,0
Bobot jenis (Specific gravity)	1,16	1,15
Formaldehida bebas (Free formaldehyde), %	3,71	0,04

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

Waktu tergelatin mewakili *pot life* resin. Resin LRF yang dibuat memiliki waktu tergelatin lebih panjang daripada perekat PRF yang digunakan sebagai pembanding. Hal ini mengisyaratkan bahwa resorsinol terangkai pada lignin yang dimetilolasi pada kondisi basa sehingga terbentuk rantai cabang, seperti yang disinyalir oleh Pizzi (1994). Hal ini berakibat terbatasnya kekristalan LRF, sehingga resin tersebut lebih nirbentuk (amorf) daripada PRF. Kekentalan resin LRF diupayakan lebih encer daripada perekat PRF, dengan tujuan agar memiliki *pot life* lebih lama, parameter ini bukan merupakan besaran yang diukur melainkan target akhir reaksi. Kondisi seperti itu sengaja diciptakan, karena menurut Maloney (1977), resin yang berkadar padat tinggi dengan viskositas sesuai akan membuatnya mampu menembus pori kayu dengan baik dan membentuk ikatan yang optimum, sehingga dihasilkan daya rekat yang memuaskan. Seperti halnya kekentalan, pH resin juga merupakan target akhir reaksi kondensasi yang sengaja dikondisikan basa, namun diupayakan tanpa menimbulkan pengaruh negatif terhadap kayu (pH 8-11), dengan

tujuan memperlambat reaksi polimerisasi, sehingga resin cair stabil dalam waktu relatif lama sewaktu penyimpanan.

Kadar formaldehida bebas menggambarkan adanya kelebihan formaldehida yang tidak bereaksi dalam pembentukan suatu polimer (Anonim, 1998). Penetapan ini dilakukan dengan tujuan mengetahui jumlah kelebihan formaldehida yang tidak bereaksi dalam pembentukan resin LRF, dan tingkat emisi yang kemungkinan terjadi sebagai akibat formaldehida yang dilepaskan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa formaldehida bebas yang terjadi dalam reaksi kondensasi LRF lebih tinggi daripada perekat PRF, namun demikian masih dalam batas aman karena kurang dari 3% seperti yang disyaratkan bagi perekat yang mengandung formaldehida (Anonim, 1998).

Berdasarkan uraian di atas, dapat dikemukakan bahwa resin lignin resorsinol formaldehida yang dibuat ini memiliki sifat yang serupa dengan perekat fenol resorsinol formaldehida, sehingga memungkinkan aplikasinya sebagai perekat kayu.

C. Kinerja Perekat Lignin Resorsinol Formaldehida

Ikhtisar hasil pengujian keteguhan geser tekan dalam keadaan kering maupun dalam keadaan basah, yang mewakili sifat keteguhan rekat kayu lamina, tercantum pada Tabel 4 dan 5. Keteguhan geser tekan kayu lamina yang menggunakan perekat LRF dan diuji dalam keadaan basah rata-rata berkisar antara 12,26-44,86 kg/cm² dengan kerusakan kayu berkisar antara 0-80%, sementara yang diuji dalam kondisi kering nilai keteguhan geser tekannya berkisar antara 44,48-74,24 kg/cm² dengan kerusakan kayu berkisar antara 0-100% (Tabel 4).

Kayu lamina yang menggunakan perekat komersial (PRF) yang diuji dalam keadaan basah memiliki nilai keteguhan rekat antara 11,04-33,92 kg/cm² dengan kerusakan kayu berkisar 0-65%, sementara hasil pengujian dalam keadaan kering nilai keteguhan geser tekannya berkisar antara 54,97- 90,11 kg/cm² dengan kerusakan kayu berkisar antara 0-100% (Tabel 5).

Tabel 4. Keteguhan rekat dan kerusakan kayu dari kayu lamina dengan perekat LRF
Table 4. Laminated wood bonding strength and wood failure using LRF glue

Jenis kayu (Wood species)	Keteguhan geser (Shear strength) kg/cm ²		Kerusakan kayu (Wood failure), %	
	Basah (Wet)	Kering (Dry)	Basah (Wet)	Kering (Dry)
Sengon	27,17	44,48	65	100
Jabon	38,28	56,01	80	100
Tusam	12,26	58,12	0	0
Jati	44,86	69,11	0	35
Litocarpus	30,55	74,24	0	22
Pasang	22,89	64,24	0	10

Tabel 5. Keteguhan rekat dan kerusakan kayu dari kayu lamina dengan perekat PRF
Table 5. Laminated wood bonding strength and wood failure using PRF glue

Jenis kayu (Wood species)	Keteguhan geser (bonding strength), kg/cm ²		Kerusakan kayu (Wood failure), %	
	Basah (Wet)	Kering (Dry)	Basah (Wet)	Kering (Dry)
Sengon	24,40	54,97	50	100
Jabon	33,92	76,50	65	100
Tusam	14,40	59,08	0	30
Jati	24,64	90,11	25	50
Litokarpus	11,04	80,86	10	35
Pasang	38,47	60,49	30	50

Bila mengacu kepada standar yang dianjurkan oleh Tahir *et al.* (1988), hanya kayu lamina yang menggunakan perekat LRF dan dibuat dari jenis kayu jati yang memenuhi syarat, karena nilainya lebih dari 41 kg/cm² (uji basah) dan 55 kg/cm² (uji kering), sementara bila mengacu kepada ketentuan standar Jepang (Anonim, 2003), tidak ada satupun kayu lamina yang memenuhi syarat karena nilai rata-rata kerusakan kayunya kurang dari nilai rata-rata minimum (60-70%). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh proses pembuatan kayu lamina yang dilakukan secara manual.

Bila dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu pada produk sejenis, yang menggunakan perekat komersial fenol-, resorsinol-, maupun fenol resorsinol formaldehida, seperti Aerodux 500, Cony bond KR-15Y dan PA-302 dengan masa kempa 24 jam, nilai keteguhan geser kayu lamina yang diperoleh dari hasil penelitian ini lebih tinggi. Kayu lamina yang menggunakan perekat komersial tersebut menghasilkan nilai keteguhan geser rata-rata antara 21,77–25,87 kg/cm² untuk kayu lamina dari kayu campuran meranti merah, jati, merawan, kamper dan matoa (Sadiyo, 1989).

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap keteguhan geser tekan kayu lamina selanjutnya dilakukan sidik ragam (Tabel 6), yang hasilnya menunjukkan bahwa jenis kayu berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan geser tekan kayu lamina, baik diuji dalam keadaan kering (63,9%) maupun basah (84,1%).

Tabel 6. Sidik ragam keteguhan rekat kayu lamina (kg/cm²)
Table 6. Analysis of variance on laminated wood bonding strength

Sumber keragaman (Source of variation)	F _{hitung} (calculated)		Keterangan (Remark)
	Kering (Dry)	Basah (Wet)	
Jenis kayu (Wood species)	6,38 **	18,98**	** Sangat nyata (Highly significant)

Berdasarkan hasil perhitungan uji beda (Tabel 7), diketahui bahwa bila diuji dalam keadaan kering, keteguhan geser tekan kayu lamina jenis litokarpus, jati, pasang dan tusam tidak berbeda nyata, demikian pula kayu lamina dari jenis jati, pasang, tusam dan jabon; serta jenis pasang, tusam, jabon dan sengon. Di lain fihak, hasil uji beda dalam keadaan

basah menunjukkan bahwa keteguhan geser tekan kayu lamina litokarpus identik dengan sengon dan pasang. Sementara kayu lamina jabon sama dengan sengon dan litokarpus. Tetapi keteguhan geser tekan kayu lamina jati dan tusam berbeda nyata dengan semua jenis kayu di atas.

Tabel 7. Uji beda keteguhan rekat kayu lamina

Table 7. Test of difference for laminated wood bonding strength

Perlakuan	Nilai rata-rata (<i>Means of values</i>), kg/cm ²					
Uji kering (<i>Dry test</i>)	a ₅	a ₄	a ₆	a ₃	a ₂	a ₁
	74,24	69,11	64,24	58,13	56,01	44,75
Uji basah (<i>Wet test</i>)	a ₄	a ₂	a ₅	a ₁	a ₆	a ₃
	44,86	33,92	30,55	27,17	22,89	12,26

Keterangan (*Remark*) : ————— = Tidak berbeda nyata (*Not significant*)

Menurut Chow dan Chunski (1982) kualitas produk perekatan dipengaruhi oleh jenis kayu, bobot jenis dan kadar zat ekstraktif yang terkandung dalam kayu. Bobot jenis yang makin tinggi menyebabkan perekat agak sulit menembus rongga sel kayu, karena dinding sel kayu semakin tebal, rongga sel relatif kecil sehingga porositas dan permeabilitasnya rendah, perekat banyak tertinggal pada garis rekat. Sementara zat ekstraktif yang tinggi akan membuat penyebaran perekat tidak merata dan sulit masuk ke rongga sel, selain itu zat ekstraktif mengakibatkan perekat mudah mengelupas karena tidak terjadi ikatan yang kompak dan kuat antara perekat dengan kayu.

Sengon dan jabon tergolong kayu berbobot jenis rendah (0,33-0,42), kelas kuat III-V, dengan kandungan zat ekstraktif non polar rata-rata antara 3,4% dan 4,7% (Martawijaya *et al.*, 1989), karena itu uji keteguhan rekat kayu lamina jenis ini akan menghasilkan nilai kerusakan kayu yang tinggi, yang menunjukkan bahwa ikatan kohesif perekat lebih kuat daripada kayu yang direkat.

Tusam tergolong kayu berbobot jenis rendah (0,55), kelas kuat III, dengan kandungan zat ekstraktif non polar rata-rata 6,3% (Martawijaya *et al.*, 1989). Tingginya kadar zat ekstraktif ini diduga menjadi penyebab rendahnya keteguhan rekat kayu lamina tusam terutama bila diuji dalam keadaan basah, karena menurut Chow dan Chunski (1982) selain penyebaran perekat jadi tidak merata dan sulit masuk ke rongga sel, zat ekstraktif tersebut mengakibatkan perekat mudah mengelupas karena tidak terjadi ikatan yang kompak dan kuat antara perekat dengan kayu. Oleh karena itu kayu lamina tusam bila diuji dalam kondisi basah memiliki keteguhan geser tekan dan kerusakan kayu yang amat rendah.

Jati tergolong kayu berbobot jenis sedang (0,67), kelas kuat II, dengan kandungan zat ekstraktif non polar rata-rata 4,6% (Martawijaya *et al.*, 1981). Tingginya bobot jenis kayu ini diduga menjadi penyebab rendahnya kerusakan kayu lamina jati, karena menurut Chow dan Chunski (1982) bobot jenis yang makin tinggi menyebabkan perekat agak sulit menembus rongga sel kayu, karena dinding sel kayu semakin tebal, rongga sel relatif kecil sehingga porositas dan permeabilitasnya rendah, perekat banyak tertinggal pada garis rekat.

Hasil penelitian ini serupa dengan hasil penelitian terdahulu yang mengungkapkan bahwa keteguhan geser tekan kayu jati yang direkat dengan perekat fenol resorsinol formaldehida (impor) berkisar antara 36-84 kg/cm² (Karnasudirdja, 1989).

Litokarpus dan pasang tergolong kayu berbobot jenis tinggi (0,80-1,01), kelas kuat II-I, dengan kandungan zat ekstraktif non polar rata-rata 0,7% (Martawijaya *et al.*, 1981). Kedua jenis kayu lamina ini memiliki nilai keteguhan rekat yang tinggi bila diuji dalam kondisi kering, tetapi relatif rendah bila diuji dalam kondisi basah, demikian pula kerusakan kayunya. Faktor dominan penyebab rendahnya keteguhan geser tekan dan kerusakan kayu dari kedua jenis kayu lamina tersebut diduga karena bobot jenis keduanya yang terlampaui tinggi untuk penggunaan produk perekatan. Kayu-kayu dengan bobot jenis > 0,80 tidak akan memproduksi kekuatan rekat yang lebih besar dari kekuatan rekat kayu dengan berat jenis ≤ 0,80, demikian pula dengan persentase kerusakan kayunya, yang akan menurun dengan meningkatnya bobot jenis (Freeman, 1959 dalam Novianto, 2001). Hal tersebut disebabkan lebih besarnya kekuatan kayu di sekitar garis rekat karena kenaikan bobot jenis kayu, sehingga terjadi pergeseran beban (Chow dan Chunski, 1982).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat dikemukakan bahwa limbah hasil pemasakan pulp dan kertas berupa lindi hitam dapat dijadikan sumber lignin. Isolat lignin ini mengandung gugus fungsi khas, yaitu hidroksifenolik dan metoksil, dan efektif bila digunakan secara bersama dengan resorsinol dalam bereaksi dengan formaldehida, sehingga dalam kondisi basa terbentuk kopolimer lignin resorsinol formaldehida.

Kopolimer lignin resorsinol formaldehida yang dibuat dari isolat lignin tersebut memiliki ciri khas pada bilangan gelombang spektrofotometer inframerah yang mirip dengan ciri yang dimiliki oleh resin fenol resorsinol formaldehida, dan secara fisik berbentuk cairan berwarna merah kecokelatan, berbau khas fenol, memiliki kadar resin padat 48,5%, formaldehida bebas 3,1%, dan waktu tergelatin 227 menit.

Perekat lignin resorsinol formaldehida ini dapat diaplikasikan pada kayu lamina, dan kualitasnya dipengaruhi oleh jenis kayu yang digunakan. Secara umum kualitas kayu lamina yang menggunakan perekat lignin resorsinol formaldehida dari ke enam jenis kayu yang diteliti relatif setara dengan kayu lamina yang menggunakan perekat fenol resorsinol formaldehida. Hasil terbaik dicapai oleh kayu lamina jati yang memenuhi persyaratan mutu Tahir *et al.* (1998) dengan nilai keteguhan rekat 69,11 kg/cm² (uji kering), dan 44,86 kg/cm² (uji basah).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1996. Japanese Agricultural Standard for Structural Glued laminated Timber. Notification No.111 of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Januari 29, 1996. JPIC. Tokyo.
- Anonim. 1998. Kumpulan SNI Perekat. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Bahar N. 1984. Isolasi dan Analisa Lignin dari Pinus merkusii. Berita Selulosa (20): 119-124. Bandung.
- Chow S dan K S Chunski. 1982. Adhesion Strength and Wood Failure Relationship in Wood Glue Bond. Forest Product Association 5(4); 676. Vancouver.

- Karnasudirdja, S. 1989. Prospek kayu Indonesia sebagai bahan baku industri kayu lamina. Makalah pada Seminar Glue Laminated Timber (Glulam) tanggal 15 Juni 1989. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Maloney, T.M. 1977. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller-freeman publication, San Fransisco.
- Martawijaya, A. I Kartasujana, S A Prawira, K Kadir. 1981. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan. Bogor.
- Martawijaya, A. I Kartasujana, Y I Mandang, S A Prawira, K Kadir. 1989. Atlas Kayu Indonesia Jilid II. Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan. Bogor.
- Novianto, B. 2001. Peningkatan kualitas kayu *Maesopsis eminii* Engl. melalui teknologi perekatan berupa kombinasi perlakuan nisbah mol komponen perekat berbahan dasar lignin dan waktu kempa dalam pembuatan kayu lamina. Progam Pascasarjana UGM. Yogyakarta. Tesis (Tidak diterbitkan).
- Pizzi, A. 1994. Advanced Wood Adhesives Technology. Marcer Dekker, Inc. New York.
- Ruhendi, S. 1999. Kualitas lignin resorsinol formaldehida berbahan dasar dari lindi hitam sebagai perekat kayu laminasi. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia 8 (2): 19 - 25. Bogor.
- Sadiyo, S. 1989. Pengaruh kombinasi jenis kayu dan jenis perekat terhadap sifat fisis dan mekanis panel diagonal lambung kapal. Fakultas Pascasarjana, IPB – Bogor. Thesis (Tidak diterbitkan).
- Santoso, A. 2003. Sintesis dan pencirian resin lignin resorsinol formaldehida untuk perekat kayu lamina. Program Pascasarjana IPB. Bogor. Disertasi. (Tidak diterbitkan).
- Santoso, A., Surdiding Ruhendi, Yusuf Sudo Hadi, dan Suminar S. Achmadi. 2001. Pengaruh komposisi perekat lignin resorsinol formaldehida terhadap emisi formaldehida dan sifat fisis-mekanis kayu lamina. Jurnal Teknologi Hasil Hutan Vol. XIV (2): 7-15. Bogor.
- Sellers, T. 2001. Wood adhesive: innovations and applications in North America. Forest Products Journal, June 2001: 51(6). Mississippi.
- Steel, R. G. D. dan J. H. Torrie. 1989. Prinsip Prosedur Statistik. Terjemahan. Gramedia. Jakarta.
- Tahir, P. Md, M. H. Sahri, Z. Ashari. 1998. Gluability of Less Used and Fast Growing Tropical Plantation Hardwood Species: Faculty of Forestry Universiti Pertanian Malaysia. Selangor.
- Tajang, A. U. 2001. Kopolimerisasi kationik monomer aksasolin. Majalah Polimer Indonesia 4 (1-2): 45-52. Bandung.
- Utama, M., T. Ritonga, A. Nurhadi. 2002. Characteristics of paraserianthes falcataria-polymethyl methacrylate composite prepared by gamma irradiation technique. Proceedings. The Fourth International Wood Science Symposium: 2-5 September 2002. LIPI-JSPS Core University Program In The Field of Wood Science. Serpong,