

PENGARUH KOMPOSISI PEREKAT LIGNIN FENOL FORMALDEHIDA TERHADAP KETEGUHAN REKAT KAYU LAPIS TUSAM

(The effect of composition in lignin-phenol-formaldehyde glue on its bonding strength in tusam (pinus merkusii) plywood)

Oleh / By :
Adi Santoso¹

Summary

Based on previous research as to lignin-formaldehyde (LF) glue, where the lignin was from the waste product in pulp mill, this glue can be utilized as adhesive in bonding the plywood for exterior purpose. To improve the quality of this adhesive, phenol was added to produce the lignin-phenol-formaldehyde (LPF) resin glue, and the effect of its addition was evaluated. The other gluing ingredient used for the manufacture of this LPF resin was paraformaldehyde (as a hardener) added varying percentage.

The results showed that the properties of the LPF resin could meet the Indonesian Standard requirement for the conventional phenol-formaldehyde resin. The effect of varying mixing ratio in the resin between lignin and formaldehyde (based on molecular ratio) on its bonding strength in plywood was significant. And so was the effect of varying addition percentages of paraformaldehyde hardener in the resin. In general, the mixing ratio of lignin : phenol at 1 : 0,5 until 1 : 2,5 with any of the percentages levels of hardener addition could meet the Indonesian standard for exterior plywood (Type I). Only the resin with mixing composition between lignin and phenol at 1 : 2,0 and 1 : 2,5, with 4,5% hardener did not meet the standard.

The plywood bonding strength tended to decrease with the use of more phenol. Based on economic consideration, it is recommended to use weight ratio lignin : phenol = 1 : 0,5 based on mol ratio with percentage of hardener 1,5 % of liquid resin.

Key words : Glue, lignin, phenol, weight ratio, plywood

Ringkasan

Berdasarkan penelitian terdahulu senyawa lignin yang diantaranya terdapat dalam limbah pabrik pulp dapat digunakan untuk perekat kayu lapis eksterior. Untuk meningkatkan mutunya, pengaruh penambahan fenol untuk menghasilkan perekat lignin fenol formaldehida, diteliti. Perlakuan lain yang diterapkan adalah pemakaian kadar paraformaldehida sebagai penguas.

Hasilnya menunjukkan bahwa sifat-sifat perekat lignin fenol formaldehida sesuai dengan perekat fenol formaldehida menurut Standar Indonesia. Pengaruh nisbah bobot berdasarkan nisbah mol dan kadar penguas terhadap keteguhan rekat kayu lapis masing-masing sangat nyata. Umumnya, nisbah bobot lignin : fenol dari 1 : 0,5 sampai dengan 1 : 2,5 dengan ketiga macam kadar penguas, memenuhi persyaratan Standar Indonesia untuk kayu lapis eksterior (tipe I). Nisbah bobot lignin : fenol = 1 : 2,0 dan 1 : 2,5 dengan kadar penguas masing-masing 4,5 % tidak memenuhi persyaratan.

Keteguhan rekat kayu lapis cenderung menurun bila penggunaan fenol makin banyak. Berdasarkan pertimbangan ekonomi, disarankan untuk menggunakan nisbah mol lignin : fenol = 1 : 0,5 dengan kadar penguas 1,5 % dari berat perekat cair.

Kata kunci : Perekat, lignin, fenol, nisbah bobot, kayu lapis.

¹ Penelitian ini dibantu oleh teknisi : Aden Budiman dan Agus Turoso

I. PENDAHULUAN

Larutan sisa pemasak dari pabrik pulp khususnya menggunakan proses kimia sulfat yang dikenal sebagai lindi hitam (*black liquor*) merupakan sumber pencemaran lingkungan yang potensial. Hal ini disebabkan oleh adanya beberapa senyawa kimia seperti metil merkaptan dan hidrogen sulfida yang bersifat racun. Di pihak lain, berbagai jenis produk yang bermanfaat dapat dihasilkan dari isolasi dan pemisahan komponen yang terdapat dalam larutan sisa pemasak tersebut. Menurut Sjöström (1981), lignin merupakan komponen terbesar yang ada dalam larutan sisa pemasak yaitu 47 % dan sisanya terdiri dari karbohidrat (28 %), asam format (7 %), asam asetat (4 %), zat ekstraktif (5 %) dan komponen lain (9 %).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa lignin dapat digunakan untuk membuat perekat lignin formaldehida. Nimz dalam Pizzi (1983) mengemukakan beberapa hasil penelitian pembuatan perekat lignin formaldehida dari sisa pemasak pabrik pulp yang hasilnya menunjukkan bahwa perekat lignin formaldehida tersebut dapat dipakai sebagai perekat kayu lapis eksterior. Sementara itu Santoso, dkk (1995) mengemukakan hasil penelitian pembuatan perekat lignin formaldehida dari beberapa jenis isolat lignin yang menunjukkan bahwa perekat lignin formaldehida dapat digunakan sebagai perekat kayu lapis eksterior namun perlu disempurnakan lebih lanjut terutama dalam hal kualitas keteguhan rekat kayu lapisnya.

Pembentukan perekat lignin formaldehida didasarkan pada reaksi antara lignin dengan formaldehida, sehingga lignin formaldehida merupakan suatu polimer. Namun reaksi polimerisasi ini menjadi kurang sempurna oleh adanya gugus metoksil yang terkandung dalam lignin. Untuk mengatasi hambatan tersebut, dalam reaksi polimerisasi ini dapat ditambahkan bahan lain seperti fenol sehingga menghasilkan lignin fenol formaldehida. Hal semacam ini sudah biasa dilakukan pada pembuatan beberapa macam perekat, seperti melamin urea formaldehida dan fenol resorsinol formaldehida (Santoso dan Sutigno, 1995).

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian pembuatan perekat lignin fenol formaldehida untuk perekat kayu lapis eksterior. Dalam penelitian ini selain digunakan variasi banyaknya fenol, juga variasi banyaknya penguas berupa paraformaldehida. Menurut Brandts (1953), banyaknya penguas yang dipakai dapat mempengaruhi keteguhan rekat kayu lapis. Tujuan penelitian ini adalah guna mengetahui pengaruh banyaknya fenol dan banyaknya paraformaldehida pada perekat lignin fenol formaldehida terhadap keteguhan rekat kayu lapis. Sasarannya adalah untuk menghasilkan nisbah fenol yang optimum yang keteguhan rekat kayu lapisnya memenuhi syarat tipe eksterior.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan perekat terdiri dari fenol kristal, formalin, larutan NaOH 50 % dan lignin isolat yang berasal dari lindi hitam (*black liquor*) dari pabrik pulp dan kertas PT. Kertas Bekasi Teguh, Bekasi. Untuk

pembuatan kayu lapis, bahan yang digunakan adalah venir tusam (*Pinus merkusii*), dan paraformaldehida sebagai pengeras.

B. Metode

1. Pembuatan perekat lignin fenol formaldehida

Pembuatan perekat dilaksanakan dengan mencampurkan isolat lignin, fenol dan formaldehida 37% (formalin) sedemikian rupa dengan katalis larutan NaOH 50 % pada suhu kamar. Kemudian direfluks pada suhu 70 – 80 °C selama lebih kurang 1 jam. Nisbah bobot lignin : fenol = 1 : 0,5 ; 1 : 1,0 ; 1 : 1,5 ; 1 : 2,0 ; dan 1 : 2,5 dihitung berdasarkan nisbah mol, sedangkan nisbah mol lignin terhadap formalin dibuat tetap yaitu 1 : 2.

Sifat fisis dan kimia yang diamati adalah kenampakan, pH, kekentalan, kadar sisa penguapan, waktu gelatinasi dan daya campur dengan air (Anonim, 1992a). Sebelum dibuat perekat, dilakukan juga analisis kualitatif (spektroskopi infra merah) dan kuantitatif (titrasi asam basa dan gravimetri) terhadap isolat lignin guna mengetahui spesifikasinya.

2. Pembuatan kayu lapis

Pembuatan kayu lapis berupa tripleks dari venir tusam (*Pinus merkusii*) tebal 1,5 mm. Jumlah perekat yang dilaburkan sebanyak 190 g/m² tiap permukaan, suhu pengempaan 130 °C dengan tekanan 15 kg/cm² selama 5 menit. Untuk setiap perlakuan dibuat 3 ulangan. Pengeras yang dipakai adalah paraformaldehida dengan 3 macam kadar, yaitu : 1,5 %; 3,0 % dan 4,5 % masing-masing dari berat perekat cair.

Setelah pelaburan perekat, dilakukan pengempaan dingin selama 10 menit, kemudian dikempa panas. Pengujian keteguhan rekat kayu lapis dilakukan menurut Standar Indonesia (Anonim, 1992b) untuk kayu lapis tipe I, yaitu setelah contoh uji direbus selama 4 jam, dikeringkan dalam oven 60 °C selama 16 – 20 jam, kemudian direbus lagi selama 4 jam dan direndam dalam air dingin selama 16 – 20 jam. Percobaan ini memakai rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial. Uji beda jarak antara nilai rata-rata hasil pengujian dilakukan menurut cara Tukey, yaitu uji jarak beda nyata jujur (Steel dan Torrie, 1989).

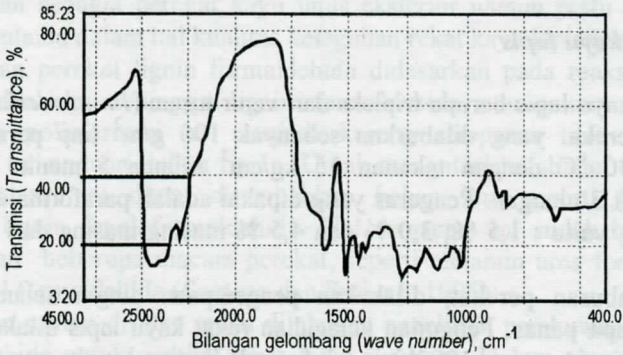
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ciri Khas Kimia Lignin Isolat

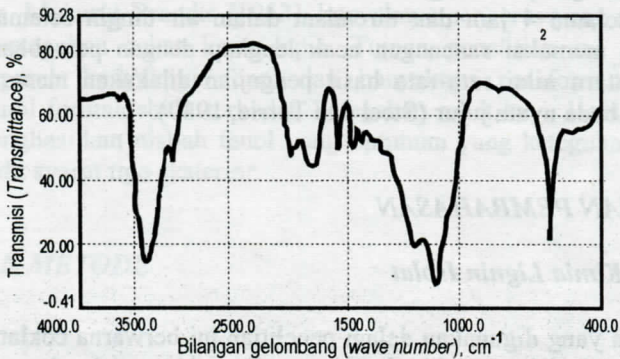
Lindi hitam yang digunakan dalam penelitian ini berwarna coklat kehitaman dan berbau tidak enak. Warna coklat kehitaman disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang larut atau tersuspensi dalam larutan setelah proses pemasakan bahan baku. Bahan organik tersebut antara lain zat ekstraktif dan lignin yang terdegradasi. Bau yang timbul disebabkan oleh adanya senyawa belerang bivalen,

yaitu dimetilsulfida ($\text{CH}_3)_2\text{S}$ dan dimetildisulfida ($\text{CH}_2\text{-S-S-CH}_3$) yang merupakan turunan dari hidrogen sulfida (H_2S) (Sjöström, 1981). Lindi hitam ini memiliki pH 10,85. Nilai ini lebih rendah daripada hasil penelitian sebelumnya, yaitu : 11,1 (Santoso. dkk, 1995) dan 12,0 (Sjöström, 1981). Perbedaan ini diduga disebabkan oleh terbentuknya gas CO_2 , asam asetat dan asam format yang lebih banyak selama proses pemasakan berlangsung, atau karena kadar asetil bahan baku kayu yang dipergunakan berbeda, sehingga cairan lindi hitam yang digunakan dalam penelitian ini lebih asam daripada yang dipakai oleh peneliti terdahulu.

Lignin yang diperoleh dari isolasi lindi hitam secara kualitatif memiliki ciri yang sama dengan lignin murni (indulin-AT) yaitu memperlihatkan serapan pada bilangan gelombang sekitar $1515 - 1505 \text{ cm}^{-1}$ untuk regangan C=C cincin aromatik, 1600 cm^{-1} untuk vibrasi cincin aromatik dan sekitar $3450 - 3000 \text{ cm}^{-1}$ untuk gugus hidroksil. Adanya pita serapan pada bilangan gelombang sekitar 1505 cm^{-1} menunjukkan bahwa lignin isolat mengandung lignin guaiasil (Topsom dalam Fengel dan Wegener, 1984). Gambaran spektrum inframerah yang dikemukakan di atas lebih jelas disajikan dalam Gambar 1.



a. Lignin isolat (*Isolate lignin*)



b. Standar lignin murni (*Standard of pure lignin*)

Gambar 1. Spektrum inframerah dari lignin isolat
Figure 1. Infrared spectrum of isolate lignin

Hasil analisis kuantitatif komponen lignin isolat yang tercantum pada Tabel 1 berikut ini memperlihatkan spesifikasinya, dengan penjelasan sebagai berikut : Rendemen lignin isolat dari lindi hitam diperoleh sebesar 59,85 %. Hasil ini lebih tinggi daripada yang diperoleh oleh peneliti terdahulu yaitu : sekitar 43,4 % (Santoso dkk, 1995) dan 48 % (Dolenko dan Clarke, 1978). Perolehan lignin yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa proses isolasi larutan sisa pemasak pulp yang dilakukan pada pH 2 cukup baik. Menurut Sjöström (1981), isolasi yang dilakukan pada pH rendah akan menghasilkan rendemen lignin yang tinggi karena reaksi polimerisasi pada pH ini berlangsung cukup sempurna, selain itu dikarenakan semakin banyak unit penyusun lignin yang semula larut mengalami polimerisasi lagi dan membentuk polimer lignin. Reaksi kondensasi akan semakin meningkat dengan meningkatnya keasaman.

Kadar lignin murni yang terkandung dalam lignin isolat rata-rata 35,19 % (Tabel 1). Hasil ini lebih rendah daripada penelitian sebelumnya yaitu sekitar 40 % (Santoso, 1995). Rendahnya kadar ini bila dibandingkan dengan rendemen lignin isolat (59,85%) menunjukkan bahwa lignin isolat masih banyak mengandung komponen non lignin. Hal ini menunjukkan adanya lignin yang terlarut oleh asam sulfat yang digunakan dalam proses isolasi. Achmadi (1990) menyatakan bahwa sekitar 10 – 20 % lignin kayu daun lebar akan terlarut dalam H₂SO₄ 72 % selama proses isolasi berlangsung, selain itu ada struktur yang berubah karena reaksi kondensasi antara lignin dengan asam.

Tabel 1. Ciri lignin isolat

Table 1. Characteristic of isolate lignin

No.	Uraian (Item)	Jumlah (Quantity)
1.	Rendemen lignin (Raw lignin content), %	59,85 ¹⁾ (56,70 – 59,80) ²⁾
2.	Kadar lignin murni (Pure lignin content), %	35,19 (35,15 – 35,23)
3.	Bobot ekuivalen (Equivalent weight)	586 (583 – 622)
4.	Kadar metoksil (Methoxyl content), %	19,50 (19,41 – 19,61)
5.	Keasaman (Acidity), pH	3,50 (3,42 – 3,61)
6.	Daya serap air (Water absorption), %	98,56 (97,46 – 99,98)

Keterangan (Remarks) : ¹⁾ Nilai rata-rata (Average value)
²⁾ Nilai selang (Range value)

Ciri khas lignin adalah memiliki gugus fungsi metoksil (-OCH₃) dengan kadar yang cukup tinggi. Kadar metoksil dalam lignin yang diteliti ini rata-rata 19,50 %.

Nilai ini hampir sama dengan yang diperoleh pada penelitian terdahulu yaitu sekitar 17,1 (Santoso dkk, 1995) dan 20,5 – 21,5 % (Friedrich, 1952) sementara lignin yang berasal dari perdagangan (Indulin-AT) sekitar 13,5 – 14,5 % (Arthur dan Elizabeth, 1961). Tingginya kadar metoksil ini menjadi salah satu penyebab sulitnya perekat yang dibuat dari lignin isolat membentuk gel (Santoso. dkk, 1995). Keasaman (pH) lignin merupakan salah satu peubah yang digunakan dalam proses pembuatan perekat. Lignin isolat yang diperoleh dalam penelitian ini memiliki pH 3,5. Hasil ini relatif sama dengan peneliti sebelumnya yang mengemukakan bahwa lignin memiliki pH sekitar 3,5 – 5,5 (Arthur dan Elizabeth, 1961), 1,95 (Santoso. dkk, 1995) dan 2,9 (Suhendra, 1992). Perbedaan tersebut disebabkan kandungan asam dari setiap lignin berbeda (Damat, 1989). Ada yang menyatakan bahwa lignin hasil isolasi dari lindi hitam dengan H₂SO₄ banyak mengandung asam asetat, asam laktat dan asam format (Kim *et al*, 1987).

Lignin isolat yang digunakan dalam penelitian ini memiliki daya absorpsi terhadap air sebesar 98,56 %. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu, nilai ini masih jauh lebih rendah yaitu sekitar 108,3 – 112,9 % (Damat, 1989 dan Suhendra, 1992), 109,0 % (Santoso. dkk, 1995) dan 134,1 % (Santoso, 1995). Tingginya daya absorpsi terhadap air ini menunjukkan bahwa lignin isolat dari lindi hitam banyak mengandung komponen anorganik yang berafinitas tinggi terhadap air seperti Na, K dan Mg (Kim *et al*, 1987). Dalam penggunaan sebagai bahan baku perekat, sifat higroskopis lignin dapat menurunkan gaya adhesi antara perekat dengan kayu, sehingga bahan yang telah direkat akan mengelupas kembali (delaminasi). Salah satu upaya untuk mengurangi sifat higroskopis lignin, maka dalam proses pembuatan perekat digunakan bahan pemlastik (*plasticizer*).

B. Sifat Perekat Lignin Fenol Formaldehida

Hasil pengujian sifat resin lignin fenol formaldehida (LFF) tercantum pada Tabel 2. Resin LFF yang dihasilkan berbentuk cairan berwarna coklat kehitam-

Tabel 2. Sifat resin lignin fenol formaldehida
Table 2. The properties of lignin phenol formaldehyde

No.	Sifat (Properties) ¹⁾	Resin					SNI
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	
1.	Keadaan (<i>Appearance</i>)	+	+	+	+	+	+
2.	Bahan asing (<i>Foreign matter</i>)	-	-	-	-	-	-
3.	Bahan tidak menguap (<i>Non volatile matter</i>) 150 ± 5 °C, %	45	60	62	62,5	64	Min. 36
4.	Daya campur (<i>Mixing factor</i>), kali (<i>times</i>)	5	4	4	3	3	Min. 3
5.	Kekentalan (<i>Viscosity</i>), 25 ± 1 °C, poise	2,4	2,7	3,0	3,0	3,0	0,5-5,0
6.	Keasaman (<i>Acidity</i>), pH	8,5	8,9	9,0	9,2	9,2	Min. 7
7.	Waktu gelatinasi (<i>Gelatinizing time</i>), menit (<i>minute</i>)	58	57	47	38	30	3-30

Keterangan (*Remarks*):

Nisbah bobot (*Weight ratio of lignin (lignin) : fenol (phenol)*) = 1 : 0,5 (a₁), 1 : 1,0 (a₂), 1 : 1,5 (a₃), 1 : 2,0 (a₄), and 1 : 2,5 (a₅).

+ = Cairan berwarna coklat sampai hitam berbau khas fenol (*Liquid with brown to black in colour, and with phenol-smelling characteristics*).

- = Tidak ada (*None*).

SNI = Standar Nasional Indonesia (*Indonesian National Standard*).

1) = Nilai rata-rata (*Average value*)

nitaman. Sebagian besar sifat yang diuji ternyata memenuhi persyaratan, karena nilainya ada dalam batas yang ditentukan, dalam hal ini resin fenol formaldehida diambil sebagai pembanding mengingat senyawa lignin fenol formaldehida mengandung gugus fenolat yang memiliki kemiripan sifat dengan fenol formaldehida.

A. Keteguhan Rekat Kayu Lapis

Pengujian keteguhan rekat kayu lapis dilakukan menurut Standar Indonesia (Anonim, 1992). Hasil pengujian berupa data keteguhan rekat dan kerusakan kayu tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Keteguhan rekat kayu lapis dan kerusakan kayu
Table 3. Bonding strength and wood failure of the tested plywood

Nisbah bobot (Weight ratio of) L : F : F	Kadar pengeras (Percentage of hardener), %					
	1,5 (b1)		3,0 (b2)		4,5 (b3)	
	1	2	1	2	1	2
1 : 0,5 : 2 (a ₁)	19,25	22	17,71	18	11,35	16
1 : 1,0 : 2 (a ₂)	19,71	16	14,61	11	10,95	10
1 : 1,5 : 2 (a ₃)	15,07	11	14,23	10	10,07	10
1 : 2,0 : 2 (a ₄)	14,31	12	14,16	8	6,36	0
1 : 2,5 : 2 (a ₅)	13,23	10	11,31	8	5,05	0

Keterangan (Remarks) :

L : F : F = Lignin (Lignin) : Fenol (Phenol) : Formaldehida (Formaldehyde)

1 = Beban putus (Failing load), kg/cm²

2 = Kerusakan kayu (Wood failure), %

Keteguhan rekat kayu lapis berkisar antara 5,05 – 19,25 kg/cm², sedangkan kerusakan kayunya berkisar antara 0 – 22 %. Bila mengacu kepada Standar Indonesia, hampir seluruh kayu lapis yang dibuat dalam penelitian ini memenuhi persyaratan keteguhan rekat standar tersebut karena nilainya lebih dari 7 kg/cm². Menurut ketentuan Standar Indonesia, untuk kayu lapis yang memiliki nilai keteguhan rekat di atas 7 kg/cm², maka kerusakan kayunya tidak dipersyaratkan. Dengan demikian hanya kayu lapis yang dibuat dengan perekat a₄ dan a₅ dengan pengeras masing-masing 4,5 % saja yang tidak memenuhi syarat. Makin banyak pengeras yang digunakan dalam perekat, keteguhan rekat kayu lapis makin rendah. Hal ini disebabkan oleh semakin bersuasana asamnya sifat perekat sehingga lebih cepat mengeras, sebelum terjadinya ikatan sempurna antara bahan perekat dengan permukaan kayu. Hasil penelitian terdahulu (Tabel 4) menunjukkan bahwa kayu lapis yang direkat dengan perekat lignin formaldehida (tanpa fenol) mempunyai nilai keteguhan rekat antara 1,6 – 8,8 kg/cm² dengan kerusakan kayu 0 % (Santoso, 1995). Dengan demikian, penambahan fenol dalam pembuatan perekat ini dapat meningkatkan keteguhan rekat kayu lapis tusam.

Tabel 4. Keteguhan rekat kayu lapis tusam

Table 4. Bonding strength of tusam plywood

Nisbah bobot (Weight ratio of) L : F	Indulin-AT		Lignin isolat	
	1	2	1	2
1 : 1,25	5,9	0	1,6	0
1 : 1,50	7,5	0	2,2	0
1 : 1,75	8,8	0	2,7	0

Sumber (Source) : Santoso, 1995

Keterangan (Remarks) : L = lignin (lignin) ; F = formaldehida (formaldehyde) ;

1 = beban putus (failing load), kg/cm² ; 2 = kerusakan kayu (wood failure), %

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap keteguhan rekat kayu lapis dilakukan perhitungan sidik ragam (Tabel 5). Perlakuan berupa nisbah bobot lignin dan fenol (A), kadar pengeras (B) dan interaksinya (AB) berpengaruh sangat nyata. Hasil ini sejalan dengan pendapat Nimz (dalam Pizzi, 1983) bahwa komposisi bahan baku perekat berpengaruh terhadap keteguhan rekat kayu lapis, sementara Brandts (1953) menyatakan bahwa banyaknya pengeras yang dipakai dapat mempengaruhi keteguhan rekat kayu lapis.

Tabel 5. Analisis ragam keteguhan rekat kayu lapis

Table 5. Analysis of variance on bonding strength of plywood

Sumber keragaman (Source of variation)	F _{hitung} (F _{calculation})	Keterangan (Remarks)
Nisbah bobot (Weight ratio), A	52,17**	Sangat nyata (Highly significant)
Kadar pengeras (Percentage of hardener), B	209,33**	
Interaksi (Interaction), AB	3,93**	

Tabel 6. Uji jarak beda nyata jujur (D_{0,05}) terhadap rata-rata keteguhan rekat kayu lapis

Table 6. Honestly significant difference's range test on the average of plywood's bonding strength

Perlakuan (Treatments)	Nilai rata-rata keteguhan rekat kayu lapis (Average of Plywood bonding strength), kg/cm ²														
A	a ₅ 9,86	a ₄ 11,61	a ₃ 13,12	a ₂ 15,09	a ₁ 16,10										
B	b ₃ 8,76	b ₂ 14,40			b ₁ 16,31										
AB	a ₅ b ₃ 9,31	a ₃ b ₃ 10,94	a ₂ b ₃ 11,92	a ₁ b ₃ 12,13	a ₅ b ₂ 12,43	a ₃ b ₂ 13,08	a ₂ b ₂ 13,76	a ₁ b ₂ 13,76	a ₅ b ₁ 13,96	a ₃ b ₁ 14,71	a ₂ b ₁ 14,74	a ₁ b ₁ 14,74	a ₅ b ₂ 15,25	a ₃ b ₂ 15,70	a ₂ b ₂ 16,20

Keterangan (Remarks) :

A = Nisbah bobot (Weight ratio)

B = Kadar pengeras (Percentage of hardener)

= Tidak nyata (Not significant)

D_{0,05} (A) = 2,34

D_{0,05} (B) = 1,76

Untuk ke dalam taraf perlakuan tunggal (a_i dan b_j) dan taraf kombinasi perlakuan (a_ib_j) lihat Tabel 3 (For the level codes of single treatment (a_i and b_j) and of treatment combination (a_ib_j), please refer to Table 3).

i = 1,2,3,4,5 j = 1,2,3.

Uji beda lebih lanjut (Tabel 6) menunjukkan bahwa perekat dengan komposisi L : F : F = 1 : 2,0 : 2 dan 1 : 2,5 : 2, masing-masing dengan kadar pengeras 4,5 % menghasilkan kayu lapis yang keteguhan rekatnya lebih rendah daripada perlakuan lainnya. Berdasarkan pertimbangan ekonomi, dianjurkan pemakaian komposisi nisbah bobot lignin : fenol = 1 : 0,5 dengan kadar pengeras 1,5 %.

IV. KESIMPULAN

1. Sifat resin perekat dari campuran fenol-formaldehida dan diberi bahan pengeras paraformaldehida yang dibuat dalam penelitian ini menyerupai sifat fenol formaldehida.
2. Pengaruh fenol dan pengeras pada pembuatan perekat lignin fenol formaldehida terhadap keteguhan rekat kayu lapis tusam adalah sangat nyata. Komposisi perekat dengan nisbah bobot lignin : fenol = 1 : 0,5 sampai dengan 1 : 2,5, yang mengandung pengeras sebanyak 1,5 % sampai 4,5 % dari bobot perekat cair menghasilkan kayu lapis tipe I (eksterior). Hanya perekat dengan komposisi lignin : fenol = 1 : 2,0 dan 1 : 2,5, masing-masing mengandung pengeras 4,5 % saja yang keteguhan rekat kayu lapisnya tidak memenuhi persyaratan Standar Indonesia, sedangkan yang lainnya memenuhi syarat.
3. Untuk menghemat biaya, dianjurkan menggunakan perekat lignin fenol formaldehida dengan nisbah bobot lignin : fenol = 1 : 0,5 Pada keadaan nisbah molekul antara lignin dan formalin sebesar 1 : 2 dengan kadar pengeras 1,5 % dari berat perekat cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S. S. 1990. Bahan Pengajaran Kimia Kayu. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas. Ilmu Hayat. IPB, Bogor. Hal. 53 – 68.
- Anonim. 1992a. Perekat fenol formaldehida cair untuk kayu lapis Standar Industri Indonesia (SII. 01 – 2704 – 92). Departemen Perindustrian, Jakarta.
- . 1992b. Mutu kayu lapis untuk penggunaan umum. Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Arthur and Elizabeth, R. 1961. The Condensed Chemical Dictionary, 6thEd. Reinhold Publishing Corporation, New York. pp. 605, 666, 1089.
- Damat. 1989. Isolasi lignin dari larutan sisa pemasak pabrik pulp dengan menggunakan H₂SO₄ dan HCl. Skripsi, Fateta, IPB, Bogor (Tidak diterbitkan).
- Dolenko, A. J. and M. R. Clarke, 1978. Resin binder from kraft lignin. Forest Product Journal 28 (8) : 41 – 46.

- Feagel, D. and G. Wegener. 1984. Wood : Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter Berlin, New York. pp. 132 – 174.
- Friedrich E. B. 1952. The Chemistry of Lignin. Academic Press. Inc., Publishes. New York.
- Kim, H., M. K. Hill and A. L. Friche. 1987. Preparation of Kraft Lignin from Black Liquor. Tappi Journal, December 1987 : 112.
- Nimz, H. H. 1983. Lignin Based Wood Adhesives. In A. Pizzi. Wood Adhesives. Chemistry and Technology. Marcel Dekker, New York.
- Pizzi, A. 1983. Tannin – Based Wood Adhesives: In. Pizzi. edit. Wood Adhesives. Chemistry and Technology. Marcel Dekker, New York and Basel pp. 178 – 243.
- Santoso, A. 1995. Pencirian Isolat Lignin dan Upaya Menjadikannya sebagai Bahan Perekat Kayu Lapis. Tesis, Program Pascasarjana, IPB, Bogor (Tidak diterbitkan).
- , S. Ruhendi, S.S. Achmadi dan E. Suhendang. 1995. Isolasi dan pencirian lignin dari lindi hitam dan sengon untuk bahan perekat. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 13 (2) : 60 – 70.
- , dan P. Sutigno. 1995. Pengaruh komposisi perekat tanin urea formaldehida terhadap keteguhan rekat kayu lapis meranti. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 13(3) : 87 – 93.
- Sjöström, E. 1981. Wood Chemistry Fundamentals and Applications. Academic Press, New York. pp. 68 – 82, 105 – 193.
- Suhendra, A. 1992. Pembuatan Perekat Lignin Hasil Isolasi Larutan Sisa Pemasak Pulp. Skripsi, Fateta – IPB, Bogor. (Tidak diterbitkan).
- Steel, R. G. D dan J. H. Torrie. 1989. Prinsip Prosedur Statistik. Terjemahan. Gramedia, Jakarta.