**PENGARUH JENIS ISOLAT LIGNIN DAN NISBAH MOL L/F
PADA PEREKAT LIGNIN FORMALDEHIDA TERHADAP
KETEGUHAN REKAT KAYU LAPIS TUSAM ***

*(The effect of lignin isolate type and L/F mole ratio in lignin formaldehyde
glue on Tusam Plywood Bonding strength) **

Oleh/By :

**Adi Santoso, Surdiding Ruhendi,
Suminar S. Achmadi & Endang Suhendang**

Summary

It has been known that lignin can be used as plywood adhesive for exterior purpose. The sources of lignin are black liquor indulin-AT (commercial lignin).

A study on lignin formaldehyde resin making from black liquor and indulin-AT was done and the results were used to predict the effect of lignin isolate type and L/F mole ratio on plywood bonding strength. The results show that the type of lignin isolate and L/F mole ratio have highly significant effect on plywood bonding strength. The mole ratio L/F of 1:1.50 and 1:1.75 by lignin isolate from indulin-AT result in plywood bonding strength about 7.5 kg/cm² and 8.8 kg/cm², respectively. The bonding strength of these plywood conforms with the 1983 Japanese standard for exterior purpose.

1. PENDAHULUAN

Telah diketahui bahwa kayu lapis yang dibuat di Indonesia memiliki kualitas tinggi, yang sebagian di antaranya menggunakan fenol formaldehida sebagai perekatnya. Fenol formaldehida merupakan perekat sintetis yang bahan bakunya diperoleh sebagai hasil olahan minyak bumi yang tidak dapat pulih (Maloney, 1977). Karena kegiatan penambangan minyak bumi yang terus menerus, maka ada kemungkinan sumber minyak akan semakin berkurang bahkan habis sehingga perlu adanya pengganti dalam pembuatan perekat tersebut. Salah satu sumber yang cukup potensial dapat menyamai kualitas bahan fenol formaldehida adalah lignin (Gillespie, 1987 dan Nimz dalam Pizzi, 1983).

* Tulisan ini merupakan bagian dari tesis penulis pertama di Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor. (This paper is part of Post Graduate thesis of the first author at Bogor Agricultural University, Bogor)

Lignin adalah polimer alam yang terdiri dari 4 unit fenilpropan atau lebih, terdapat pada lamela tengah dan dinding sel tanaman yang berfungsi sebagai pengikat antar serat. Selain dapat diperoleh dari kayu, lignin dapat juga diisolasi dari lindi hitam. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa lignin dapat dibuat perekat kayu lapis (Gillespie, 1977; Nimz dalam Pizzi, 1983 dan Suhendra, 1992). Namun diduga bahwa tidak semua isolat lignin dapat dibuat perekat. Menurut Santoso (1995), lignin yang memiliki potensi untuk dibuat perekat kayu lapis harus memiliki ciri antara lain : mengandung kadar lignin murni tinggi dengan kadar metoksil dan kadar abu rendah, namun mengandung kadar hidroksil fenolik yang cukup besar. Selain itu nisbah mol lignin dengan formaldehida turut mempengaruhi kualitas yang dihasilkan (Nimz dalam Pizzi, 1983).

Dalam tulisan ini akan dikemukakan pengaruh jenis isolat lignin dan mol lignin : formaldehida (L/F) terhadap keteguhan rekat kayu lapis. Tujuannya adalah untuk mendapatkan gambaran tentang jenis isolat lignin dan nisbah mol L/F yang cocok untuk digunakan sebagai perekat kayu lapis.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan perekat terdiri dari isolat lignin lindi hitam cair yang berasal dari pabrik kertas PT Kertas Bekasi Teguh, Bekasi, dan indulin-AT (lignin impor yang diperdagangkan). Bahan kimia lainnya yang dipakai adalah: larutan soda 50%, polivinil alkohol, para formaldehida dan larutan formaldehida 37%. Bahan untuk pembuatan kayu lapis adalah venir tusam (*Pinus merkusii*) dengan tebal 1,5mm.

B. Metode

1. Pembuatan Perekat

Lindi hitam cair yang telah disaring diasamkan dengan H_2SO_4 2 N sampai pH 2, kemudian disentrifuse dengan kecepatan 2600 rpm selama 25 menit. endapat lignin yang terbentuk dilarutkan dengan NaOH 0,1 N dan disaring, selanjutnya diendapkan lagi dengan penambahan H_2SO_4 , dan dikeringkan dalam oven pada suhu $50^{\circ}-60^{\circ}C$, lalu dihaluskan dan diayak dengan saringan 100 mesh. Dihitung rendemennya.

Serbuk lignin di timbang sesuai dengan yang diperlukan, kemudian dibuat suspensi dengan air. Suspensi lignin tersebut direaksikan dengan formaldehida pada nisbah mol L/F 1:1,25, 1:1,50 dan 1: 1,75. Reaksi ini dilangsungkan pada suhu sekitar $70-80^{\circ}C$ selama 1 jam dengan katalis NaOH (Gillespie, 1987). Sifat fisis dan kimia resin cair di atas diuji sebagai berikut : kenampakan, penentuan bahan asing, penentuan bahan yang tak atsiri, daya campur dengan air, kekentalan, waktu gelatinasi dan PH, masing-masing 4 kali ulangan sesuai dengan standar Nasional Indonesia (Anonim, 1987).

2. Pembuatan Kayu Lapis

Kayu lapis yang dibuat berupa tripleks dengan ukuran 20 cm x 20 cm. Banyaknya perekat yang dilaburkan 190 g/m^2 tiap permukaan venir. Sebagai pengeras digunakan paraformaldehida sebanyak 2,5% dari berat perekat cair.

Setelah peleburan perekat pada venir, dilakukan pengempaan dingin selama 10 menit, kemudian dikempa panas selama 5 menit dengan tekanan 15 kg/cm² pada suhu 130°C. Pengujian keteguhan rekat kayu lapis dilakukan menurut standar Jepang untuk kayu lapis eksterior, yaitu setelah contoh uji direbus selama 4 jam, dikeringkan dalam oven 60° ± 2°C selama 16 - 20 jam, direbus 4 jam dan direndam dalam air dingin sampai mencapai suhu kamar (Sutigno, 1983).

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan tersarang 2 x 3 dalam rancangan acak lengkap (Sudjana 1980) dengan 4 ulangan, dan dilanjutkan dengan uji kontras ortogonal (Steel dan Torrie, 1989).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Resin Lignin Formaldehida

Resin lignin formaldehida untuk bahan perekat kayu lapis dalam penelitian ini dibuat dengan proses hidroksimetilasi yang dimodifikasi (Gillespie, 1987 dan Nimz dalam Pizzi, 1983). Selanjutnya sifat fisika-kimia resin tersebut di atas kualitasnya diuji menurut ketentuan Standar Nasional Indonesia (Anonim, 1987) mengenai resin fenol formaldehida. Berdasarkan perhitungan, diperoleh bahwa rendemen lignin isolat dari lindi hitam yang diteliti sekitar 39,45 - 47,37% dengan rata-rata 43,12%.

Hasil pengujian resin lignin formaldehida cair tercantum pada Tabel 1. Secara umum dapat dilihat bahwa resin cair yang dibuat dari lignin isolat lindi hitam maupun indulin-AT dengan reaksi hidroksimetilasi dalam beberapa nisbah mol, menyerupai sifat fisika-kimia dari resin fenol formaldehida menurut ketentuan Standar Nasional Indonesia.

Tabel 1. Sifat fisika-kimia resin lignin formaldehida

Table 1. Physical-chemical properties of lignin formaldehyde resin

Uraian (Item)	Sumber lignin isolat (Source of isolate lignin)						Sifat
	Indulin-AT (Indulin-AT)			Lindi Hitam (Black liquor)			(Properties)
	1	2	3	1	2	3	(SII 0778-83)
Kedaaan (Appearance)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	Cair, coklat s/d hitam berbau khas fenol (Liquid, brown to black, phenol smell)
Bahan asing (Foreign matter)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	Tida ada (None)
Bahan yang tak atsiri (Non volatile matter), 150° ± 1,5°C. %	33,5 (30-37)	38,5 (37-40)	41,5 (41-42)	27,5 (27-28)	31 (30-32)	34 (33-35)	min.36%
Daya campur dengan air (25 ± 1°C, kali (Mixing factor)	15 (14-16)	15 (15-16)	15 (14-16)	17 (16-18)	16 (16-17)	17 (17-18)	min. 2 kali (Times)
Kekentalan (25 ± 1°C) poise (Viscosity)	1,4 (0,9-1,0)	1,2 (1,0-1,3)	1,2 (1,1-1,4)	0,7 (0,6;0,8)	0,9 (0,9;1,0)	1,2 (1,1;1,4)	0,5 - 5 poise
Waktu gelatinasi (Gelatine time), (135 ± 2°C)	18 (16-20)	24 (23-26)	27 (25-29)	21 (19-23)	23 (23-24)	25 (24-26)	3 - 30 menit min. 7
pH	9 (8-10)	9,5 (9-10)	9 (8-10)	9,5 (9-10)	9 (8-10)	9 (8-10)	

Keterangan (Remarks):

- 1: nisbah mol lignin : formaldehida (L/F mole ratio) = 1 : 1,25
- 2: nisbah mol lignin : formaldehida (L/F mole ratio) = 1 : 1,50
- 3: nisbah mol lignin : formaldehida (L/F mole ratio) = 1 : 1,75

Ada kecenderungan bahwa semakin tinggi jumlah formaldehida dalam nisbah mol antara lignin dengan formaldehida, kadar bahan yang tak atsiri dari perekat semakin tinggi demikian pula kekentalan resin, sementara waktu pembentukan gel cenderung semakin lama. Fenomena tersebut di atas terjadi kemungkinan sebagai akibat terbentuknya rantai polimer yang semakin panjang dan kompleks dengan meningkatnya jumlah mol formaldehida.

Keasaman (pH) resin rata-rata adalah 9 untuk semua jenis nisbah mol yang dibuat, dengan nilai pH demikian bahan perekat cair yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak akan merusak struktur kayu yang direkat karena nilai pH-nya masih dalam kisaran antara 2,5-11 (Suhendra, 1992). Waktu pembentukan gel, keadaan visual dan bahan asing dari setiap jenis bahan perekat yang dibuat memenuhi persyaratan seperti resin fenol formaldehida.

B. Keteguhan Rekat Kayu Lapis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keteguhan rekat rata-rata kayu lapis sebagian besar belum memenuhi standar Jepang yang mensyaratkan bahwa nilai keteguhan rekat kayu lapis dengan perekat Tipe I minimum adalah 7 kg/cm² (Anonim, 1983). Hanya perlakuan yang berupa nisbah mol lignin : formaldehida = 1 : 1,50 dan lignin : formaldehida = 1 : 1,75 saja yang memenuhi persyaratan dimaksud, karena masing-masing nilai keteguhan rekat rata-rata kayu lapis dari kedua perlakuan adalah 7,5 kg/cm² dan 8,8 kg/cm² (Tabel 2). Perekat dengan nilai keteguhan rekat kayu lapis demikian dibuat dengan bahan baku dari Indulin -AT.

Tabel 2. Keteguhan rekat kayu lapis

Table 2. Plywood bonding strength

Nisbah mol L/F (L/F mole ratio)	Indulin-AT (Indulin-AT)			Lindi Hitam (Black liquor)		
	1	2	3	1	2	3
1 : 1,25	5,9	15,0	11,6	1,6	10,0	9,0
1 : 1,50	7,5	10,5	10,2	2,2	2,5	9,2
1 : 1,75	8,8	12,0	9,4	2,7	10,0	10,6

Keterangan (Remarks) :
 1 = Beban putus (Failing load), kg/cm²
 2 = Kerusakan kayu (Wood failure), %
 3 = Kadar air (Moisture content), %

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan berupa macam lignin isolat (yang terdiri dari lignin isolat lindi hitam dan indulin-AT) dan nisbah mol lignin dengan formaldehida masing-masing terhadap keteguhan rekat kayu lapis, dilakukan sidik ragam yang dilanjutkan dengan uji kontras ortogonal. Hasil analisis tersebut tercantum pada Tabel 3 dan Tabel 4. Dapat dilihat bahwa perlakuan berupa macam lignin isolat berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan rekat kayu lapis, demikian pula dengan perlakuan berupa nisbah mol lignin dengan formaldehida, selanjutnya berdasarkan hasil uji kontras ortogonal dapat dikemukakan bahwa sebagian besar keragaman antar perlakuan berasal dari masing-masing jenis lignin isolat, dengan mengamati nilai tengah atau tanda kontras terlihat bahwa nilai keteguhan rekat terbesar ada pada kayu lapis yang menggunakan bahan perekat dari

Indulin-AT. Selain itu ditunjukkan pula bahwa ada beda nilai keteguhan rekat kayu lapis yang nyata karena adanya perbedaan nisbah mol lignin dengan formaldehida, dengan nilai keteguhan rekat kayu lapis paling besar terdapat pada nisbah mol lignin : formaldehida = 1 : 1,75. Uji kontras ortogonal ini juga menunjukkan respon akibat adanya perlakuan perbedaan nisbah mol lignin dengan formaldehida yakni berupa nilai keteguhan rekat kayu lapis yang bervariasi dalam seluruh selang perlakuan. Ada kecenderungan bahwa semakin tinggi nisbah mol lignin dengan formaldehida, keteguhan rekat kayu lapis semakin meningkat. Hal ini diduga akibat terbentuknya rantai polimer yang semakin panjang dan kompleks dengan meningkatnya jumlah mol formaldehida.

Tabel 3. Ikhtisar sidik ragam keteguhan rekat kayu lapis

Table 3. Summarized analysis of variance of plywood bonding strength

Sumber keragaman (Source of variance)	Hitung (F. calc)	Keterangan (Remarks)
Macam lignin isolat (Type of isolate lignin)	31,98 **	Sangat nyata (Highly significant)
Nisbah mol L/F (L/Fmole ratio)	6,14 **	Sangat nyata (Highly significant)

Tabel 4. Kontras ortogonal keteguhan rekat kayu lapis

Table 3. Orthogonal contrast of plywood bonding strength

Kontras (Contrast)	Perlakuan dan jumlahnya						Q	$t\sum C_i^2$	JK(Q) $= Q^2 / t\sum C_i^2$	F. hitung (F. calc)
	I ₁	I ₂	I ₃	L ₁	L ₂	L ₃				
	23,50	29,96	35,53	6,58	9,00	10,84				
1	1	1	1	-1	-1	-1	62,57	4(6)	163,12	196,54 **
2	1	0	-1	1	0	-1	-16,29	4(4)	16,58	19,98 **
3	1	-2	1	1	-2	1	-1,47	4(12)	0,04	0,05
4	1	0	-1	-1	0	1	-7,77	4(4)	3,77	4,55
5	1	-2	1	-1	2	-1	-0,31	4(12)	0,002	0,0024

Tab. F(1,12) : F_{0.05} = 4,75, F_{0.01} = 9,33

Keterangan (Remarks) :

I₁, I₂ dan I₃ = Nisbah mol (Mole ratio of) Indulin-AT : Formaldehida = 1:1,25, 1:1,50 dan 1:1,75

L₁, L₂ dan L₃ = Nisbah mol (Mole ratio of) lignin isolat (eks lindi/ex black liquor) : Formaldehida = 1:1,25, 1:1,50 dan 1:1,75

** Sangat nyata (Highly significant)

C. Kadar air Kayu Lapis.

Menurut Standar Jepang, kadar air maksimum kayu lapis adalah 14 % (Anonim, 1983). Hasil penelitian yang tercantum pada Tabel 2, menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai rata-rata kadar air kayu lapis yang direkat dengan perekat lignin formaldehida ini memenuhi persyaratan tersebut di atas, yang berkisar antara 9,0 - 11,6 %.

Berdasarkan sidik ragam (Tabel 5), perlakuan berupa macam lignin isolat maupun nisbah mol lignin: formaldehida tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air kayu lapis. Hasil penelitian menunjukkan, kadar air kayu lapis relatif sama untuk semua perlakuan, hal ini dapat terjadi mengingat bahwa sebelum pengujian, terlebih dahulu kayu lapis dikondisikan dalam ruangan yang sama selama tujuh hari, sehingga kadar air dalam kayu lapis berada dalam keseimbangan dengan lingkungannya.

Secara keseluruhan hasil penelitian ini mengisyaratkan bahwa lignin dapat dibuat perekat untuk kayu lapis tipe eksterior dengan nisbah mol lignin : formaldehida = 1 :

1,50 atau 1 : 1,75. Namun demikian untuk lignin yang berasal dari lindi hitam dihasilkan perekat yang kualitasnya masih di bawah ketentuan standar untuk penggunaan kayu lapis tipe eksterior. Hal ini kemungkinan di sebabkan antara lain oleh rendahnya mutu isolat lignin dari lindi hitam tersebut. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kadar komponen kimia isolat lignin dari lindi hitam yang di perlukan dalam reaksi pembuatan perekat, lebih rendah daripada kadar komponen kimia yang sama pada Indulin-AT. Sebaliknya kadar komponen senyawa pengganggu (non lignin) dalam isolat lignin lindi hitam jauh lebih tinggi daripada yang ada dalam Indulin-AT (Santoso, 1995). Dengan demikian untuk meningkatkan kualitas lignin formaldehida yang di buat dari isolat lignin lindi hitam, perlu di tambahkan senyawa kimia yang lain, misalnya phenol kristal (Suhendra, 1992).

Tabel 5. Ikhtisar sidik ragam kadar air kayu lapis

Table 5. Summarized analysis of variance of plywood moisture content

Sumber keragaman (Source of variance)	Fhitung (F. calc)
Macam lignin isolat (Type of isolate lignin)	0,98
Nisbah mol L/F (L/F mole ratio)	1,43

IV. KESIMPULAN

1. Sifat resin lignin formaldehida cair yang dibuat dalam penelitian ini menyerupai sifat resin fenol formaldehida.
2. Pengaruh jenis lignin isolat maupun nisbah mol L/F pada pembuatan perekat lignin formaldehida adalah sangat nyata. Nisbah mol L/F = 1 : 1,50 dan 1 : 1,75 dengan jenis lignin isolat yang berasal dari perdagangan (indulin-AT) menghasilkan kayu lapis tipe eksterior yang keteguhan rekatnya memenuhi persyaratan standar Jepang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1987. Perekat Fenol Formaldehida cair untuk kayu lapis. SNI. 0-0120-1987. Standar Nasional Indonesia. Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- , 1983. Japanese Agricultural Standard for Structural Plywood. The Japan Plywood Inspection Corporation, Tokyo.
- Gillespie, R.H. 1987. Durable Wood Adhesives from KRAFT Lignin. In Hemingway, R.W., A.H. Conner and S.J. Branham (editors). 1987. Adhesives from Renewable Resources. Symposium in the Cellulose, Paper, and Textile. New Orleans, Louisiana.
- Maloney, T. M. 1977. Modern particle board and dry-process fibre board manufacturing. Miller - Freeman Publications, San Fransisco. p. 369.

- Nimz, H.H. 1993. Lignin-Based Wood Adhesives. In A. Pizzi Wood Adhesives Chemistry and Technology. Marcel Dekker, New York.
- Santoso, A. 1995. Isolasi dan Pencirian Lignin dari lindi hitam dan sengon untuk bahan perekat. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 13 (2) : 60 -70.
- Steel, R.G.D. dan James H. Torrie. 1989. Prinsip dan Prosedur Statistik. Gramedia. Jakarta.
- Sudjana. 1980. Disain dan Analisis Eksperimen. Tarsito, Bandung.
- Suhendra, A. 1992. Pembuatan Perekat Lignin Hasil Isolasi Larutan sisa Pemasak Pulp. Skripsi. Fateta - IPB, Bogor (tidak diterbitkan).
- Sutigno, p. 1988. Pengujian Kayu Lapis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.