

## PEMANFAATAN LIGNIN DARI LINDI HITAM SEBAGAI PEREKAT KAYU KOMPOSIT

*(Utilization of Lignin From Black Liquor as Composite Wood Adhesive)*

MI Iskandar<sup>1</sup>, Adi Santoso<sup>2</sup>, & Nina Wiyantina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Puslitbang Hasil Hutan-Bogor

<sup>2</sup>Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon

<sup>3</sup>SMK SMAKBO-Bogor

E-mail/telp: mi.iskandar53@gmail.com/081314038039

### ABSTRAK

Lignin dalam lindi hitam memiliki afinitas yang kuat bila direaksikan dengan formaldehida membentuk perekat lignin formaldehida. Guna meningkatkan daya rekatnya, lignin dikopolimerisasi dengan fenol atau resorsinol sehingga terbentuk resin lignin fenol formaldehida atau lignin resorsinol formaldehida. Resin tersebut dapat diaplikasikan dalam pembuatan produk kayu komposit seperti kayu lapis, papan sambung dan kayu lamina. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap jenis perekat berbasis lignin memiliki karakter yang spesifik. Hasil pengujian terhadap kayu lapis yang direkat dengan lignin formaldehida (LF) dan lignin fenol formaldehida (LPF) menunjukkan bahwa keteguhan rekat produk tersebut berkisar antara 8,0-27,0 kg/cm<sup>2</sup>, sementara untuk kayu lamina yang direkat dengan lignin resorsinol formaldehida (LRF) berkisar antara 36,9-88,0 kg/cm<sup>2</sup>, dengan *modulus of rupture* dan *modulus of elasticity* berturut-turut sekitar 372 - 637kg/cm<sup>2</sup> dan 47,164 - 60,237 kg/cm<sup>2</sup>. Emisi formaldehida produk berkisar antara 0,05-0,14 mg/L. Efisiensi perekat berbasis lignin pada aplikasi papan sambung mencapai 35,4 - 73,6%. Produk yang menggunakan perekat berbasis lignin ini memenuhi persyaratan Indonesia, Amerika, dan Jepang.

**Kata kunci:** Lignin, perekat, kayu lapis, papan sambung, kayu lamina

### ABSTRACT

*The lignin in the sulphate black liquor has a strong affinity when being reacted with formaldehyde to form lignin formaldehyde adhesives. To increase the bonding strength, the lignin is co-polymerized with phenol or resorcinol to form lignin phenol formaldehyde or lignin resorcinol formaldehyde resins. The resins can be applied in of reconstituted wood products manufacturing such as plywood, finger-jointed wood assembly and glue laminated lumber. The research result showed that each type of lignin base adhesives have specific characters which met Indonesian standard. The test result on plywood which glued by lignin formaldehyde (LF) and lignin phenol formaldehyde (LPF) indicated that bonding strength of the products were 8.0-27.0 kg/cm<sup>2</sup>, for a while on laminated wood which glued by lignin resorcinol formaldehyde (LRF) indicated that bonding strength of the products were 36.9-88.0 kg/cm<sup>2</sup>, modulus of rupture and modulus of elasticity 372-637kg/cm<sup>2</sup> and 47.164-60.237 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. The*

*E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id*

*formaldehyde emissions were about 0.05-0.14 mg/L. The efficiency of lignin based adhesives on finger joint application reach 35.4-73.6%. Therefore, the synthesis of lignin based adhesives, a unique wood adhesive with good resin characteristics and met bonding strength and formaldehyde emission requirement as stated in Indonesia, American, and Japanese standards.*

**Key words:** *Lignin, plywood, adhesive, jointed board, laminated wood*

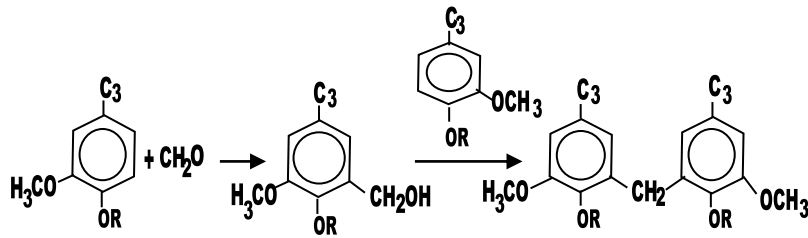
## **1. PENDAHULUAN**

Sampai dengan tahun 2005 di Indonesia diprediksi terdapat 32 pabrik pulp dengan kapasitas produksi pulp mencapai 7,6 juta ton (Ahmad, 2001). Santoso (2003) mengemukakan bahwa dari produksi 250 ton pulp per hari, diperoleh lindi hitam sebanyak 120 ton per hari atau 43.800 ton per tahun (48%). Banyaknya lignin yang bisa diperoleh dari lindi hitam adalah sekitar 18% - 47% (b/b), dan bila dihitung lebih lanjut, maka dari 7,6 juta ton pulp itu bisa diperoleh lindi hitam kira-kira 3,6 juta ton, dengan perolehan lignin sekitar 0,65-1,7 juta ton (Santoso, 2011).

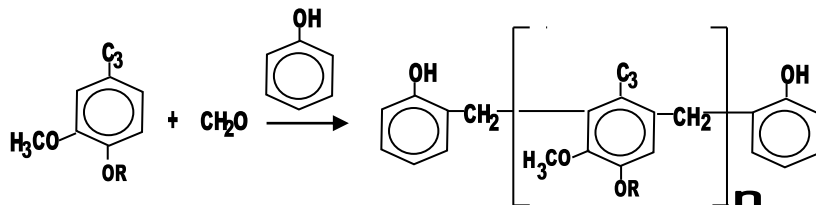
Isolat lignin dari lindi hitam, memiliki tiga gugus fungsi, yaitu gugus karbonil, hidroksifenolik, dan hidroksil-benzilik. Menurut Sjöström (1995), di antara ketiga gugus fungsi tersebut gugus hidroksifenolik berperan penting dalam reaksi yang menggunakan katalis alkali terutama dalam pemanfaatan lignin sebagai bahan baku perekat untuk kayu lapis melalui reaksi hidrosimetilasi (Pizzi 1994, Gillespie 1985, dan Ping *et al.*, 2012) maupun kopolimerisasi dengan fenol (Santoso, 2005). Hermiati *et.al*, (2016) lebih jauh mengemukakan, lignin selain bisa dimanfaatkan untuk perekat juga untuk *coating* dan *chemical*.

Dalam hal aplikasinya sebagai perekat, resin lignin resorsinol-formaldehida dapat berikatan secara spesifik dengan kayu karena resin tersebut bersifat polar, yang dicirikan antara lain oleh adanya gugus hidroksil (OH) dan karbonil (CO) (Wake *dalam* Garrat, 1964). Salah satu komponen kayu lainnya adalah selulosa, yang mengandung gugus hidroksil dan karbonil sehingga bersifat polar. Berdasarkan keserupaan sifat tersebut, Pizzi (1983) mengemukakan bahwa perekat bereaksi dengan selulosa membentuk ikatan yang kuat. Perkiraan reaksi

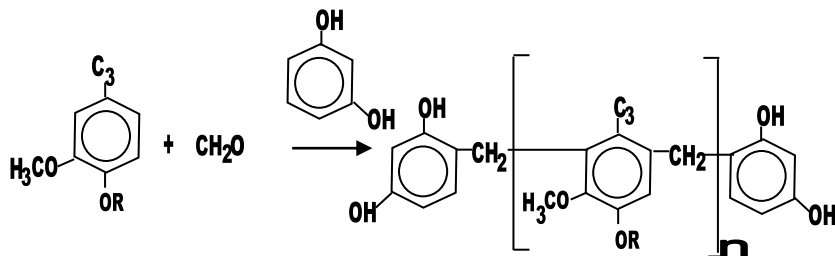
pembentukan dari setiap jenis perekat tersebut disajikan pada Gambar 1, 2 dan 3 (Santoso, 2011). Tulisan ini mengemukakan aplikasi lignin yang diperoleh dari lindi hitam sisa pemasakan di pabrik pulp untuk perekat kayu, yang diharapkan dapat dijadikan alternatif dan mengurangi kebergantungan akan perekat impor untuk industri pengolahan kayu yang ramah lingkungan.



Gambar 1. Reaksi pembentukan LF



Gambar 2. Reaksi pembentukan LPF



Gambar 3. Reaksi pembentukan LRF

## 2. BAHAN DAN METODE

### A. Bahan dan Alat

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah lindi hitam kraft cair yang berasal dari pabrik kertas PT Bekasi Teguh-Bekasi dengan bahan baku campuran serpih kayu sengon (*Paraserianthes falcataria (L) Nielsen*) dan manii (*Maesopsis*

*E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id*

*emini* Engl.) dengan nisbah bobot 60 : 40, berbentuk cairan kental, berwarna coklat kehitaman, dan berbau khas senyawa sulfur. Bahan kimia antara lain terdiri atas H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 N, NaOH 0,1 N, fenol, resorsinol, dan formaldehida.

### **B. Pembuatan Perekat Lignin**

Lignin dari lindi hitam diisolasi dengan cara pengendapan berulang (represipitasi), yaitu mengendapkan lindi hitam dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 N, kemudian disaring. Endapan lignin yang terbentuk kemudian dilarutkan dengan NaOH 0,1 N dan disaring. Filtrat diendapkan kembali dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2N dan disaring lagi. Hasil yang didapat kemudian dikeringkan pada suhu 50-60°C (Kim *et al.*, 1987).

Lignin direaksikan dengan senyawa fenolik seperti fenol, resorsinol, dan formaldehida pada perbandingan mol tertentu. Dibuat perekat lignin formaldehida (LF) untuk perekat kayu lapis dengan nisbah mol L:F = 1:2 dan lignin fenol formaldehida (LPF) dengan nisbah mol L:P:F = 1:0,5:2, sementara untuk papan sambung dibuat dengan perekat lignin pada nisbah mol L:R:F = 1:0,5:2. Sifat fisikokimia perekat berbasis lignin tersebut selanjutnya diuji pH, kadar padatan, bobot jenis dan kekentalan (SNI 1998 dan Akzonobel, 2003).

### **C. Pembuatan Produk Kayu Komposit**

Produk yang dibuat dalam skala laboratorium berupa kayu lapis, kayu lamina dan papan sambung. Kayu lapis dibuat dari jenis kayu tusam (*Pinus merkusii*) dengan ukuran 30 cm x 30 cm x 4.5 mm, masing-masing menggunakan perekat lignin formaldehida (LF) dan lignin fenol formaldehida (LPF), serta dikempa pada suhu 135 °C selama 15 menit.

Produk komposit lainnya yaitu kayu lamina, dibuat dari tiga jenis kayu yaitu manii (*Maesopsis eminii*), jati (*Tectona grandis*), dan kempas (*Koompassia malaccensis*) dengan ukuran masing-masing 50 x 2 x 5 cm. Setiap jenis kayu lamina tersebut menggunakan perekat lignin resorsinol formaldehida (LRF) dan dikempa pada suhu kamar.

*E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id*

Perekat LRF ini juga diaplikasikan pada pembuatan produk komposit berupa papan sambung dengan kempa dingin pada lima jenis kayu, yaitu Waru (*Hibiscus titiaccus*), Bunyo (*Trioma malaccensis*), Gambir (*Trigono pleura malayana*), Tempeas (*Teymanniodendron sympliciodes*), dan Rasamala (*Altingia excelsa*). Kualitas rekat dan efisiensi penyambungan dari setiap produk di atas diuji dengan mengacu kepada SNI (2000) untuk papan sambung dan kayu lapis, serta JAS (2003) dan ASTM (2005) (untuk kayu lamina).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik perekat berbasis lignin tercantum pada Tabel 1. Secara umum, semua jenis perekat lignin yang dibuat memenuhi persyaratan SNI untuk perekat berbasis fenolik (SNI 1998).

#### Kualitas Produk Kayu Komposit

Uji kualitas produk kayu lapis terdiri atas keteguhan rekat dan emisi formaldehida yang hasilnya disajikan pada Tabel 1. Kayu lamina dilengkapi dengan uji keteguhan lentur dan keteguhan patah yang hasilnya masing-masing disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 1.

**Tabel 1. Ikhtisar karakteristik perekat berbasis lignin\*)**

No.	Sifat	Jenis perekat lignin				Standar PF (SNI, 1998)	PRF (Aczonobel, 2003)
		LF	LPF	LRF (1)	LRF (2)		
1.	Visual	L, RB	L, RB	L, RB	L, RB	L, RB	L, RB
2.	Specific gravity	1,12	1,06	1,14	1,16	>1,0	1,15
3.	Solid content, (%)	42	54	50,28	52,78	40,0 – 45,00	57,03
4.	Viscosity (Poise)	1,4	2,4	1,8	1,2	1,3 – 3,0	3,4
5.	Acidity (pH)	8,1	8,5	10,75	9,85	10,0 – 13,01	8,0

*Keterangan:*

\*) = rata-rata dari 4x ulangan; LF = lignin formaldehida, LPF = lignin fenol formaldehida  
LRF (1) = lignin resorsinol formaldehida untuk kau lapis, L, RB = Cair, merah kecokelatan  
LRF (2) = lignin resorsinol formaldehida untuk kayu lamina

**Tabel 2. Kualitas rekat produk kayu komposit yang menggunakan perekat berbasis lignin<sup>\*)</sup>**

Jenis perekat lignin	Produk	Keteguhan rekat (kg/cm <sup>2</sup> )		Emisi formaldehida (mg/L)
		Uji kering	Uji basah	
Lignin formaldehida	Kayu lapis*	-	8.88 – 26.96	-
Lignin phenol formaldehida	Kayu lapis **	-	10.07 – 19.25	-
Lignin resorsinol formaldehida	Kayu lapis ***	-	8.02 – 9.05	0.02 – 0.05
Lignin resorsinol formaldehida (1)	Kayu lamina <sup>a</sup>	76.64 – 79.02	36.86 – 44.64	0.002 – 0.140
Lignin resorsinol formaldehida (2)	Kayu lamina <sup>b</sup>	66.56 – 72.00	42.40 – 45.73	-
Lignin resorsinol formaldehida (3)	Kayu lamina <sup>c</sup>	69.12–88.00	43.17 – 45.49	0.10 – 0.014

Keterangan: <sup>\*)</sup> = rata-rata dari 4x ulangan; \* kempa panas (135<sup>0</sup>C), 3 menit, jenis kayu tusam dengan ekstender;

- = tak ada data; \*\* kempa panas (135<sup>0</sup>C), 3 menit, jenis kayu tusam tanpa ekstender

\*\*\* = kempa dingin (suhu kamar), 24 jam, jenis kayu tusam tanpa ekstender

<sup>a</sup> = kempa dingin, 3 jam, jenis kayu manii; <sup>b</sup> kempa dingin, 4 jam jenis kayu jati

<sup>c</sup> = kempa dingin, 8 jam, jenis kayu kempas

**Tabel 3. Ikhtisar nilai MOE dan MOR kayu lamina manii berperekat LRF<sup>\*)</sup>**

Masa kempa (jam)	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )		MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Kayu lamina	Kayu utuh	Kayu lamina	Kayu utuh
3	47.164,38		371,66	
6	68.540,24	56.387,72	476,95	462,57
12	60.236,71		637,45	

Keterangan: <sup>\*)</sup> = rata-rata dari 4x ulangan;

Nilai keteguhan rekat kayu lapis yang menggunakan perekat LF, LPF dan LRF semuanya memenuhi persyaratan (SNI 01-5008.2-2000) untuk tipe eksterior, karena nilainya > 7 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil penelitian ini lebih tinggi bila dibandingkan dengan produk sejenis yang menggunakan perekat PF komersial (Santoso dan Rachman, 2004).

Aplikasi perekat LRF (1-3) pada tiga jenis kayu lamina, masing-masing jenis kayu manii, jati, dan kempas menghasilkan keteguhan rekat yang memenuhi persyaratan standar Jepang (JAS, 2003) karena masing-masing nilainya > 54 kg/cm<sup>2</sup> (uji kering) dan > 41 kg/cm<sup>2</sup> (uji basah) sehingga dapat diaplikasikan untuk lantai *parquet*. Produk penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan produk serupa yang menggunakan perekat komersial seperti fenol-resorsinol, serta fenol-resorsinol-formaldehida, dengan merk dagang Aerodux 500, Cony Bond KR 15Y, PA 302, dan *Water Based Polymer Isocyanate* (WBPI) hasil penelitian dari Tahir *et al.* (1998), Karnasudirdja (1989), dan Supartini (2012), namun relatif

*E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id*

sebanding dengan produk lamina yang menggunakan perekat nabati berbasis resorsino dari ekstrak kayu merbau (Santoso *et al.* 2016). Kayu lamina yang dibuat dengan berbagai masa kempa ini memiliki *modulus of elasticity* (MOE) dan *modulus of rupture* (MOR) yang lebih tinggi dibanding kayu utuhnya, kecuali masa kempa selama 3 jam. Nilai MOR dan MOE inipun lebih besar bila dibandingkan hasil penelitian Sadiyo (1989) dan Sutton *et al.*, (2011). Hasil tersebut menunjukkan bahwa formula LRF cocok untuk penggunaan kayu lamina.

### **Papan Sambung**

Perekat lignin resorsinol formaldehida (LRF) diaplikasikan pula pada papan sambung. Hasil penelitian terhadap 5 jenis kayu untuk papan sambung yang direkat dengan LRF mencapai efisiensi sambungan antara 35,4% - 73,6% (Tabel 4). Produk perekatan yang menggunakan perekat LRF ini tergolong tipe eksterior yang ramah lingkungan karena emisi formaldehidanya di bawah ketentuan maksimum yang diperkenankan standar Amerika sebesar 0,3 mg/L (NPA, 1983) dan Jepang sebesar 0,3–4,2 mg/L (JAS, 2003).

Berdasarkan hasil perhitungan, jika dibandingkan dengan perekat komersial seperti fenol formaldehida (PF), perekat berbasis lignin ini lebih murah. Untuk memproduksi perekat PF diperlukan bahan baku seperti fenol sebanyak 45% dan formaldehida 27% dari total komponennya, sementara untuk membuat perekat PRF diperlukan fenol sebanyak 27%, resorsinol 19% dan formaldehida 35%, namun untuk memproduksi perekat berbasis lignin seperti lignin resorsinol formaldehida (LRF) hanya diperlukan lignin sebanyak 20%, resorsinol 8% dan formaldehida 13%.

**Tabel 4. Ikhtisar efisiensi sambungan pada lima jenis papan sambung**

No.	Jenis kayu	Bobot jenis	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )	Efisiensi Sambungan (%)
1.	Waru	0,40	501	65.869	60,3
2.	Bunyo	0,47	470	151.692	66,6
3.	Gambir	0,58	400	74.261	40,5
4.	Tempeas	0,76	399	146.417	73,6
5.	Rasamala	0,77	404	91.502	35,4

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Kayu lapis yang direkat dengan lignin formaldehida dan lignin fenol formaldehida berkisar antara 8,02 - 26,96 kg/cm<sup>2</sup>, sementara kayu lamina yang direkat dengan lignin resorsinol formaldehida berkisar antara 36,86 - 88,00 kg/cm<sup>2</sup>. *Modulus of rupture* dan *modulus of elasticity* 371,66 - 637,45 kg/cm<sup>2</sup> dan 47.164,38 - 60.236,71 kg/cm<sup>2</sup>. Emisi formaldehidanya berkisar antara 0,05 - 0,14 mg/L. Efisiensi sambungan dari perekat berbasis lignin untuk aplikasi papan sambung mencapai 35,4 - 73,6%. Perekat sintetis berbasis lignin merupakan perekat prospektif, Produk perekatan yang menggunakan perekat berbasis lignin ini selain berkualitas eksterior, juga ramah lingkungan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ahmad NR. 2001. Restrukturisasi Industri Kayu Hulu dan Pengelolaan Hutan Produksi di Luar Jawa. Makalah Sukarela. Kongres Kehutanan Indonesia ke-III. Jakarta, 25-28 Oktober 2001.
- Akzonobel. 2001. Synteko Phenol-Resorcinol Adhesive 1711 with Hardeners 2620, 2622, 2623. Jakarta: Casco Adhesive.
- Hermiati E, Risanto L, Lubis MR, Laksana RPB, & Dewi AR. 2016. Chemical Characterization of Lignin From Kraft Pulping Black Liquor of *Acacia Mangium*. *International Sympo-sium on Applied Chemistry (ISAC) 2016*. Published by AIP Publishing. 978-0-7354-1471-6.
- Agricultural Standard (JAS). 2003. Japanese Agricultural Standard for Glued Laminated Timber. Notification No. 234 February 27,2003. Tokyo: JPIC.
- Karnasudirdja S. 1989. Prospek Kayu Indonesia sebagai Bahan Baku Industri Kayu Lamina. Makalah pada Seminar Glue Laminated Timber (Glulam), 15 Juni 1989, Departemen Kehutanan RI. Jakarta.
- Kim H, Hill MK, & Friche AL. 1987. Preparation of Kraft Lignin from Black Liquor. *Tappi Journal*, December 1987 : 112.
- National Particleboard Association (NPA). 1983. Small Scale Test Method for Determining Formaldehyde from Wood Product. Maryland.

*E-mail: jurnal.itekima@stack.ac.id*



- Ping L, Gambier F, Pizzi A, Guo ZD, & Brosse N. 2012. Wood Adhesives from Agricultural By-Products: Lignins and Tannins for the Elaboration of Particleboards. *Cellulose Chem. Technol.*, 46 (7-8), 457-462.
- Pizzi A. 1994. *Advanced Wood Adhesives Technology*. New York: Marcel Dekker.
- 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 Karakterisasi Resin Lignin Resorsinol Formaldehida untuk Perekat Kayu Lamina. Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Disertasi (tidak diterbitkan).
- Santoso A, & Rachman O. 2004. The Utilization of Condensed Tannins from Mangium Barks for Wood Adhesives. *Wana Mukti Forestry J.* 2(2):49–56.
- Santoso, A. 2005. Pemanfaatan Lignin & Tanin Sebagai Alternatif Substitusi Bahan Perekat Kayu Komposit. Proseding Simposium Nasional Polimer V, 22 Nopember, Bandung: 155 – 164.
- Santoso A. 2011. Tanin dan Lignin dari Acasia Mangium Wild Sebagai Bahan Perekat Kayu Majemuk Masa Depan. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Pengolahan Hasil Hutan. Pusat Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Santoso A, Hadi YS, Pizzi A, & Lagel MC. 2016. Characterization of Merbau Wood Extract Used as an Adhesive in Glued Laminated Lumber. *Forest Products Journal.* 66(5): 313-318.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1998. Kumpulan SNI Perekat. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2000. Kayu Lapis untuk Penggunaan Umum. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, SNI 01-5008.2-2000.
- Tahir PM, Sahri MH, & Ashari Z. 1998. Gluability of Less Used and Fast Growing Tropical Plantation Hardwood Species. Selangor: Faculty of Forestry University Pertanian Malaysia.