



Nusa Kimia

Kimia Untuk Bangsa

Penelitian dan Sintesis Senyawa Kimia dari Tanaman Obat

oleh: Heri Kurniawan dan Nur Hafidza

Sifat Fisika dan Kimia Senyawa Alkaloid dari Tanaman Obat dan Bahan Kimia Lain
Lainnya dari Tanaman Obat dan Bahan Kimia Lain

Estimasi Jumlah Total Senyawa Alkaloid dalam Ekstrak etanol
Tanaman Obat dan Bahan Kimia Lain Dengan Perhitungan

oleh: Heri Kurniawan, Elizabeth Yuni dan Farid Heri

Pengaruh Sifat Kimia Logam Kadmium Formaldehid dan Merkuri
Kampuh terhadap Kereaktifan Rekan Kimia Lain dan Molekul
Lainnya

oleh: Achmad Syarifuddin, Rendi dan Sumartono

Isolasi dan Identifikasi Senyawa Alkaloid Kufin dari Tanaman
Obat *Cinchona pubescens* (Kubekawar)

oleh: Partomuan Simanjuntak dan Sumardi Wibowo

Isolasi dan Pemurnian Senyawa Kimia dari Ekstrak Etanol Asam
Benaratoh *Dendropanax Pentarifol* (L) Miq (Lorantaceae)

oleh: Rickson Hutagaol, Ekadiyah dan Partomuan Simanjuntak



JURNAL NUSA KIMIA

Alamat : Fakultas **MIPA** Universitas Nusa Bangsa
Jln. Baru Km. 4, Cimanggu, **Bogor** 16166
Telpon : (0251) 340217, Fax. (0251) 505605

Pelindung : Rektor (**Prof.Dr.Ir.H.M.** Nad Darga **Talkurputra**)
Penanggung Jawab : Dekan Fakultas **MIPA**, Universitas Nusa Bangsa
: Dr. H. Mansjur Hawab, drh, **MSc** (Biokimia)
Pemimpinan Umum : Pembantu Dekan I Universitas Nusa Bangsa
Dr. **Ir.** Supriyono Eko **Wardoyo**, APU (Kimia Fisik)

DEWAN REDAKSI

Ketua : Dr. Ir. Supriyono Eko **Wardoyo**, APU (Kimia Fisik)
Anggota : Dr. H. **Mansjur** Hawab, drh, **MSc** (**Biokimia**)
Prof. **Dr.** H. Norman Razief Azwar, drh.
Dr. Partomuan Simanjuntak, **MSc** (Kimia Farmasi)
Dra. Heuny Rachdiati, Apt., **MSi.** (Kimia Analysis)
Prof. Dr. Maria **Bintang** (Kimia Organik)
: Nana Suryana, **MSi.** (Kimia Anorganik)
Redaksi Pelaksana : Dr. Ir. Supriyono Eko **Wardoyo**, APU
Sekretaris : Sri Siswanti, SP
Anang Ibnu Chaldun
Desain Cover : Abdul Rahman **Rusli**, **S.Hut**

- ☛ Jurnal Nusa Kimia **Memuat** artikel **hasil** penelitian dan kupasan (review) dalam bidang **kimia** yang orisinal dan belum serta tidak akan dipublikasikan dalam media lain.
- ☛ Naskah **dikirim** ke Redaksi Jurnal Nusa Kimia **d.a.** Fakultas **MIPA** UNB **Jl.** Baru Km. 4, Cimanggu, **Bogor** 16166. Naskah yang dapat dimuat dengan perbaikan akan **dikirimkan** kembali ke penulis untuk disempurnakan, sedangkan naskah yang tidak dapat dimuat hanya akan **dikembalikan jika disertai amplop balasan** berprangkosecukupnya.
- ☛ **Petunjuk** penulisan naskah dimuat **pada** nomor 1 setiap volume (tahunan). Calon penulis **artikel** yang memerlukan petunjuk penulis artikel, dapat **menghubungi** Redaksi Pelaksana Jurnal Nusa Kimia pada alamat di **atas**.
- ☛ Harga eceran jurnal adalah Rp. 15.000,- / nomor atau berlangganan **Rp.** 25.000.-1 tahun **untuk 2 nomor** (uang berlangganan dibayardi muka).

PENGARUH NISBAH MOL LIGNIN RESORSINOL FORMALDEHIDA DAN WAKTU KEMPA TERHADAP KETEGUHAN REKAT KAYU LAMINA MANII, *Maesopsis eminii* Engl.

Oleh:

Adi Santoso¹, Surdiding Ruhendi², Suminar S Achmadi²
dan Yusuf Sudo Hadi²

ABSTRACT

Santoso A. S. Ruhendi, S.S. Achmadi and Y.S Hadi, 2002. The effect of mole ratio in lignin resorcinol formaldehyde glue and pressing duration on bonding strength of manii (*Maesopsis eminii* engl.) laminated wood
Jurnal nusa Kimia Vol. 2, no. 2 : 31 - 42

Lignin is one of the principal components constituting wood bulk, besides cellulose and hemicellulose. It consists of poly-phenolic molecules, serving as a binding agent which holds the wood cells together. Lignin is also credited with imparting rigidity or stiffness to the wood, rendering its body effectively resistant to the mechanical forces imposed on it. Considering and evaluating the specific attributes of lignin, an idea has come-up to utilize it as a binder or glue in the manufacture of particle board, plywood, or other wood products.

The lignin in the sulphate's black liquor (known as kraft lignin) has a strong affinity when being reacted with formaldehyde to form lignin formaldehyde adhesives; and to increase the bonding strength quality, the lignin is further co-polymerization with resorcinol to form lignin resorcinol formaldehyde resins. The resin can be employed in the manufacture of particular glued wood products such as finger-jointed wood assembly and glue laminated lumber (glulam).

The research was aimed to determine the optimum composition of mole ratio in LRF glue and its pressing duration in laminated wood manufacture for exterior qualities. The adhesive was prepared by mixing the isolated lignin, resorcinol and formaldehyde at various mole ratios (L : R : F was 1 : 0.5 to 0.9 : 2) and the pressing duration was employed by 3 to 24 hours at room temperature.

The result showed that the quality of LRF met the JIS K 6802-1986 standard 1986, and the laminated wood bonding strength met the JAS-1996 standard. The mole ratio composition of L : R : F suitable for laminated wood adhesives is 1 to 0,9 to 2 with 3 hours in pressing duration at room temperature.

Keywords: Mole ratio, pressing duration, laminated wood, lignin resorcinol formaldehyde

ABSTRAK

Lignin merupakan komponen utama penyusun kayu selain selulosa dan hemiselulosa. Ia terdiri dari molekul-molekul senyawa polifenol yang berfungsi sebagai pengikat sel-sel kayu satu sama lain, sehingga menjadi keras dan kaku, selain itu mengakibatkan kayu mampu meredam kekuatan mekanis yang dikenakan terhadapnya. Oleh karena itu memungkinkan untuk memanfaatkan lignin sebagai perekat dan bahan pengikat pada papan partikel, kayu lapis atau produk kayu lainnya.

Lignin dalam lindi hitam cair (yang dikenal sebagai lignin kraft) memiliki reaktivitas baik bila direaksikan dengan formaldehida sehingga terbentuk perekat lignin formaldehida; dan untuk meningkatkan kualitas keteguhan rekatnya, maka lignin dikopolimerisasi dengan resorsinol sehingga terbentuk resin lignin resorsinol formaldehida. Resin ini dapat diaplikasikan untuk membuat berbagai produk perekatan seperti papan sambung atau papan lamina (glulam).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi nisbah mol yang optimum dari perekat LRF dan waktu kempa yang sesuai dalam pembuatan kayu lamina untuk kualitas eksterior. Paekat dibuat dengan cara mencampurkan lignin isolat, resorsinol dan formaldehida pada berbagai nisbah mol (L : R : F = 1 : 0.5 sampai dengan 0.9 : 2) dan waktu kempa yang dikenakan adalah 3 - 24 jam pada suhu kamar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas perekat LRF memenuhi persyaratan Standar JIS K 6802-1986, dan nilai keteguhan rekat kayu laminanya memenuhi persyaratan Standar JAS-1996. Komposisi nisbah mol L : R : F yang cocok untuk perekat kayu lamina adalah 1 : 0,9 : 2 dengan waktu kempa 3 jam pada suhu kamar.

Kata Kunci: Nisbah mol, waktu kempa, kayu lamina, lignin resorsinol formaldehida

¹ Peneliti pada Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan, Bogor ; Staf pengajar LB pada UNIVERSITAS NUSA BANGSA

² Staf Pengajar pada Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan (IPK), Fakultas Pascasarjana - Institut Pertanian Bogor.

PENDAHULUAN

Larutan sisa pemasak (black liquor atau lindi hitam) dari pabrik pulp yang menggunakan proses kimia sulfat, merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang potensial.

Hal ini disebabkan oleh adanya beberapa senyawa kimia seperti metil merkaptan, dan hidrogen sulfida yang meracun. Di pihak lain, berbagai jenis produk yang bermanfaat dapat dihasilkan dari isolasi dan pemisahan komponen yang terdapat dalam larutan sisa pemasak tersebut. Menurut Sjoström⁽¹⁾, komponen terbesar yang terkandung dalam larutan sisa pemasak adalah lignin (47%) dan sisanya terdiri dari karbohidrat (28%), asam format (7%), asam asetat (4%), zat ekstraktif (5%) dan komponen lain (9%). Sementara Bangun⁽²⁾ mengemukakan bahwa lignin yang dapat diperoleh dari lindi hitam sekitar 45 – 70%.

Sebagai bahan mentah, penggunaan lignin masih sangat terbatas, padahal potensi yang didapat dari larutan sisa pemasak pulp sangat besar. Menurut Rudatin⁽³⁾ dari 15.000 ton pulp (bobot kering) dari proses sulfat, akan dihasilkan limbah dalam bentuk lindi hitam sekitar 130.000 ton dengan konsentrasi 18% bobot padatan/bobot larutan. Kapasitas inaksimum industri pulp pada periode 1987 – 1999, meningkat dari 515.000 ton/tahun menjadi 4.033.000 ton/tahun (20,50 % per tahun), sementara produksinya meningkat dari 325.000 ton/tahun menjadi 2.929.690 ton/tahun (21,74 % per tahun)⁽⁴⁾. Peningkatan produksi ini dapat berarti juga peningkatan limbah. Bila diasumsikan bahwa lindi hitam yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan Rudatin⁽³⁾ seperti tersebut di atas maka lindi hitam yang diperoleh pada periode tahun tersebut adalah sebanyak 25.390.647 ton/tahun dengan total lignin yang dapat diperoleh sekitar 4.570.316 ton/tahun.

Lignin sebagai polimer, merupakan makromolekul dengan sifat-sifat yang cocok untuk berbagai tujuan teknis. Beberapa hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa lignin bila dikondensasikan dengan formaldehida membentuk lignin formaldehida (LF) yang dapat dipakai sebagai perekat kayu lapis tipe eksterior⁽⁵⁾. Hasil yang sama diperoleh pula oleh Santoso dkk⁽⁶⁾ yang mengisolasi lignin dari lindi hitam, namun kualitas perekatan terhadap kayu lapisnya masih rendah. Namun kelemahan tersebut telah berhasil diatasi, yaitu dengan cara kopolimerisasi fenol ke dalam lignin dan formaldehida sehingga terbentuk resin lignin fenol formaldehida (LFF)⁽⁷⁾.

Perekat berbahan dasar lignin hasil penelitian tersebut di atas hanya cocok untuk kondisi pengempaan pada suhu tinggi (135°C) dan belum tentu bisa diterapkan pada kayu utuh. Padahal di Indonesia selain kayu lapis, industri pengolahan kayu yang menggunakan perekat adalah kayu lamina (glulam) untuk penggunaan konstruksi bangunan (struktural) yang sampai saat ini masih menggunakan perekat impor seperti resorsinol formaldehida (RF) dan fenol resorsinol formaldehida (PRF) yang dalam prosesnya menggunakan kempa dingin (suhu kamar) selama 8 – 15 jam. Namun menurut hasil penelitian Ruhendi⁽⁸⁾ lignin dapat pula dikopolimerisasi dengan resorsinol dan formaldehida sehingga dihasilkan perekat lignin resorsinol formaldehida (LRF) yang dapat diterapkan untuk pembuatan kayu lamina sengan meskipun kualitas keteguhan gesernya masih belum memuaskan. karena nilainya masih di bawah persyaratan yang dianjurkan oleh Tahir dkk.⁽⁹⁾ Selain itu waktu kempa dalam pembuatan kayu lamina dengan perekat LRF tersebut dinilai terlalu lama (24 jam), sehingga kurang ekonomis.

Dalam upaya meningkatkan pemanfaatan lignin, maka dilakukan penelitian lanjutan mengenai pembuatan

perekat **lignin** resorsinol formaldehida (LRF) untuk **kayu lamina** dengan **perlakuan** komposisi bahan perekat dan waktu kempa yang diterapkan pada **saat** pembuatan produk kayu lamina kurang dari 24 jam. Diharapkan dari penelitian ini akan diperoleh produk perekat **berbahan** dasar lignin untuk kayu **konstruksi** berupa kayu lamina yang **berkualitas** eksterior, yang dalam proses pengempaanannya dapat **dilakukan** pada suhu kamar dengan waktu yang relatif singkat. **Tujuan utama** penelitian ini adalah mendapatkan komposisi perekat lignin resorsinol formaldehida dengan **waktu** kempa yang sesuai untuk pembuatan kayu lamina tipe eksterior.

BAHAN DAN METODE

Bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan perekat terdiri **atas** formaldehida **37%**, resorsinol **kristal**, lignin **hasil isolasi** lindi **hitam** yang **berasal** dari **pabrik pulp** dan **kertas** PT Riau Andalan Pulp & Paper - Riau, **larutan** NaOH **50%**, polivinil alkohol (PVA), dan akuades. Untuk pembuatan kayu lamina, bahan yang digunakan adalah bilah kayu **manii** (*Maesops sw eminii Engl*) sisa kupas (log core).

Untuk mendapatkan lignin isolat dari lindi **hitam** **dilakukan** isolasi **metode** Kim *et al.* ⁽¹⁰⁾ dengan prosedur **sebagai** berikut: lindi **hitam** diberi H_2SO_4 2N agar lignin mengendap, kemudian disaring. **Endapan** yang **tersaring** **dilarutkan** kembali dengan NaOH 0,1N dan disaring. Selanjutnya **larutan ini** diendapkan kembali dengan H_2SO_4 2N dan disaring. Hasil endapan kemudian dikeringkan pada suhu sekitar 50 - 60°C di dalam oven. Selanjutnya sifat dasar lignin yang diperoleh ini **diuji**, meliputi uji kenampakan, rendemen, bobot **ekivalen**, kadar metoksil, kadar hidroksifenolik, kadar abu, **keasaman** (pH) dan kadar air.

Perekat lignin resorsinol formaldehida dibuat **dengan** **mencampurkan** lignin isolat, resorsinol **dan** formaldehida **37%** (formalin)

sedemikian rupa dengan **katalis** larutan NaOH 50% dan **akuades** **secukupnya** pada suhu kamar. **Campuran** **diaduk** sampai homogen **selama** lebih kurang 1 jam, dengan pH **akhir reaksi** sekitar 11 dan kekentalan **sekitar** 0,5 poise. Dalam penelitian ini diterapkan tiga nisbah bobot lignin : resorsinol, **ialah** 1 : 0,5; 1 : 0,7, dan 1 : 0,9 **sedangkan** **nisbah** mol lignin terhadap formalin dibuat **tetap**, **yaitu** 1 : 2.

Sifat dasar perekat lignin yang **diamati** adalah kenampakan, bahan **asing**, kekentalan, dan kadar sisa **penguapan** ⁽¹¹⁾.

Kayu lamina yang dibuat, berupa dua buah bilah **papan** dari kayu **manii** **berukuran** (2 x 5 x 40) **cm**, yang **direkat** dengan arah serat sejajar. Sebelum dilaburi perekat, kayu **dikeringkan** terlebih dahulu di dalam oven sampai kadar air **mencapai** □ 12 %, **diserut** dan **diampelas** **permukaannya**.

Perekat dilaburkan pada salah satu permukaan **papan** **setelah** terlebih dahulu diberi pengeras berupa paraformaldehida masing-masing **sekitar** 5% dari bobot perekat LRF **cair**. Bobot **labur** yang diterapkan sebanyak 170 g/m^2 permukaan. **Setelah** **laburan** merata, **papan** tersebut direkatkan dengan **papan lainnya**, lalu dikempa **dingin** masing-masing **selama** 3, 6, 12, dan 24 jam, kemudian **didiamkan** pada suhu kamar selama satu minggu sebelum diuji.

Pembuatan contoh uji kayu lamina dan cara **pengujian** **kualitasnya** **mengacu** kepada **ketentuan** standar Jepang ⁽¹²⁾, **yaitu** berupa **keteguhan rekat** untuk tipe eksterior.

Penelitian ini **menggunakan** **rancangan** acak **lengkap** dengan **percobaan** **faktorial**. Uji beda **jarak** antara nilai rata-rata hasil pengujian **dilakukan** menurut cara Tukey ⁽¹³⁾.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Dasar Lignin Isolat

Lignin isolat yang diperoleh dari lindi **hitam** dalam penelitian ini **berwujud** **padatan**, berwarna coklat kehitaman dan berbau khas (Tabel 1). Menurut Sjostorm ⁽¹⁾.

warna coklat kehitaman ini timbul karena bahan organik dan anorganik yang terlarut atau tersuspensi dalam larutan setelah proses pemasakan bahan baku, sedangkan bau yang timbul disebabkan oleh adanya senyawa belerang bivalen, yaitu dimetilsulfida (CH₂)₂S, dan dimetil disulfida (CH₂-S-S-CH₃), yang merupakan turunan dari hidrogen'sulfida (H₂S).

Rendemen lignin isolat yang diperoleh dalam penelitian ini rata-rata

mencapai 69,76%. Rendahnya rendemen lignin ini, menunjukkan masih banyaknya komponen non lignin yang terkandung dalam lignin isolat, selain itu ada kemungkinan larutnya lignin dalam asam sulfat dan terjadinya perubahan struktur lignin akibat reaksi kondensasi antara lignin dengan asam, sehingga berakibat sulitnya niemperoleh lignin dengan konsentrasi yang tinggi dari lindi hitam.

Tabel 1. Spesifikasi Lignin Isolat asal Lindi Hitam^{*)}

Komponen	Satuan	Lignin isolat
Rendemen lignin Bobot equivalen	%	69.76
Gugus metoksil		333
Hidroksifenolik	%	14,47
Kadar abu	%	1,0
Kadar air	%	12,73
Keasaman (pH)	%	24,62
Wujud		1,5
Warna		Padatan Coklat kehitaman

Keterangan: ^{*)} Rata-rata dari 3x ulangan

Dengan menggunakan prinsip reaksi asam-basa⁽¹⁴⁾, diperoleh bobot ekivalen lignin isolat asal lindi hitam yang berkisar antara 210 - 466 dengan rata-rata 333. Peneliti terdahulu⁽¹⁴⁾ menyatakan bahwa bobot ekivalen lignin rata-rata adalah 382, karena lignin merupakan senyawa bivalen, maka bobot molekul lignin tersebut adalah 764. Namun dengan menggunakan kolom khromatografi gel didapatkan data kisaran bobot ekivalen lignin yang lebih tinggi, yaitu 370 - 44300⁽¹⁵⁾.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa distribusi bobot molekul lignin amat beragam. dan ini menunjukkan pula bahwa lignin merupakan senyawa kompleks yang terdiri dari sejumlah komponen penyusun, sehingga sulit mendapatkan bobot molekul yang pasti sebagai patokan dalam formulasi bahan perekat. Oleh karena itu dalam penelitian ini ditetapkan formulasi berdasarkan bobot rata-rata unit C9 yang terkandung dalam lignin yang dapat bereaksi

dengan formaldehida, dalam hal ini 1 mol lignin setara dengan 180⁽¹⁶⁾.

Gugus metoksil (-OCH₃) adalah salah satu ciri khas yang dimiliki oleh lignin. Keberadaan gugus ini dalam lignin ditemukan dalam kadar yang cukup tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar metoksil dari lignin isolat sekitar 14,0 - 14,3 % dengan rata-rata 14,15 %. Dalam penggunaannya sebagai bahan perekat, adanya gugus metoksil dalam kadar tinggi dapat mengganggu proses polimerisasi antara lignin dan formaldehida, selain itu bila ditinjau dalam hal mudahnya pembentukan gel, lignin yang memiliki kadar metoksil rendah lebih menguntungkan dibandingkan dengan lignin yang bergugus metoksil dengan kadar yang tinggi⁽⁶⁾.

Gugus fungsi yang mempengaruhi sifat reaktifitas lignin adalah gugus fenolik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar fenolik dalam lignin isolat rata-rata hanya 1,0%. Lignin dapat bereaksi dengan formaldehida dikarenakan oleh strukturnya

yang memiliki senyawa polifenol ⁽⁵⁾, yang sebagaimana diketahui terdiri dari unit fenil propana dengan prazat p-kumaril alkohol, koniferil alkohol dan sinafil alkohol yang mengandung gugus hidroksi dan aromatik, sehingga ikatan yang terjadi antara lignin dengan formaldehida mirip dengan hasil reaksi antara fenol dengan formaldehida dalam perekat fenol formaldehida.

Agar kualitas reaksi lignin dengan formaldehida mencapai kualitas seperti reaksi fenol dengan formaldehida, diperlukan penambahan beberapa komponen yang dapat memperkaya gugus hidroksi dan aromatik terhadap lignin isolat, seperti fenol atau resorsinol sehingga terbentuk lignin fenol-atau lignin resorsinol formaldehida.

Kadar abu lignin isolat menunjukkan banyaknya komponen non lignin anorganik yang terkandung di dalamnya. Semakin tinggi kadar abu lignin, semakin rendah kemungkinan penggunaan lignin sebagai campuran bahan perekat, karena tingginya kadar abu yang antara lain terdiri dari unsur K, Na, Mg dan Si dapat mengganggu proses polimerisasi.

Tinggi atau rendahnya kadar abu dalam lignin bergantung kepada jenis larutan pemasak yang digunakan dalam pembuatan pulp dan proses serta bahan baku yang digunakan ⁽¹⁷⁾. Kadar abu dari lignin isolat yang diperoleh dalam penelitian ini rata-rata 12,73 %.

Kadar air lignin isolat rata-rata mencapai 24,62 %. Tingginya kadar air ini disebabkan oleh proses isolasi lignin dari lindi hitam, di mana pada akhir proses, endapan lignin yang diperoleh dikeringkan pada suhu 50 – 60°C dalam oven. Proses pengeringan ini belum cukup untuk menguapkan air secara keseluruhan, tetapi bila suhu pengeringan ditingkatkan mendekati suhu titik didih air (100 °C) maka struktur lignin isolat akan rusak ⁽¹⁾.

Faktor lain yang menentukan keberhasilan dalam pembuatan perekat, adalah keasaman (pH). Derajat keasaman hasil reaksi akhir dalam pembuatan perekat untuk kayu dianjurkan berkisar antara 2,5 – 11. Nilai ini disesuaikan dengan jenis kayu yang akan direkat agar tidak merusak struktur kayu ⁽¹⁸⁾

Rendahnya nilai pH dari lignin isolat yang diteliti ini (rata-rata 1,5) disebabkan oleh proses isolasi lindi hitam yang menggunakan asam sulfat sebagai pengendap, dan hal ini menunjukkan pula bahwa pencucian yang dilakukan terhadap endapan lignin isolat belum berhasil membebaskannya dari asam. Oleh karena itu dalam penggunaan lignin isolat dalam pembuatan perekat, lignin ini harus ditingkatkan dahulu pH-nya sampai netral atau agak basa untuk memudahkan reaksi lebih lanjut, dan aman bagi kayu.

Sifat Dasar Perekat Lignin Resorsinol Formaldehida

Hasil pengujian sifat resin lignin resorsinol formaldehida (LRF) tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat resin lignin resorsinol formaldehida*

No.	Pengujian	Nisbah Md L : R : F		
		1 : 0,5 : 2	1 : 0,7 : 2	1 : 0,9 : 2
1.	Kenampakan	(+)	(+)	(+)
2.	Bahan Asing	(-)	(-)	(-)
3.	Kadar sisa padatan (%)	45,84	48,21	52,78
4.	Viskositas 25 ± 1°C (poise)	1,0	1,1	1,2

Keterangan :

*) Rata-rata dari tiga kali ulangan

(+) Cairan berwarna merah coklat sampai kehitam-hitaman, berbau khas

(-) Tidak ada

Resin yang dihasilkan berbentuk cairan. benwarna merah-coklat kehitam-hitaman. Sebagian besar sifat yang diuji ternyata menyerupai spesifikasi perekat yang selama ini digunakan (Tabel 3), yang diperoleh dari perdagangan. karena nilai-nilainya berada dalam batas di antara perekat tersebut.

Pada Tabel 2 terlihat, kadar sisa penguapan yang menggambarkan kadar padatan perekat, meningkat sebanding dengan penambahan jumlah resorsinol. Semakin banyak resorsinol yang ditambahkan, semakin tinggi kadar padatan yang dihasilkan. Peningkatan kadar padatan menunjukkan bahwa reaksi kondensasi antara lignin, resorsinol dan formaldehida berlangsung sempurna. Kadar padatan tertinggi yaitu sebesar 52,78 % dihasilkan oleh perekat pada penambahan resorsinol 0,9 mol.

Tabel 3. Spesifikasi perekat berbahan dasar fenol

No.	Spesifikasi	Merk dagang		
		Cony Bond KR 15Y	Aerodux 500	PA - 302
1.	Kenampakan	(+)	(+)	(+)
2.	Bahan Asing	(-)	(-)	(-)
3.	Kadar sisa padatan (%)	55-60	52-58	40-44
4.	Viskositas (poise) 25 ± 1°C	1 - 4	3.5-13	1-3

Sumber: Sadiyo (1989).

Apabila dibandingkan dengan perekat fenol formaldehida (PA-302) sebagai standar, ketiga perlakuan pada pembuatan perekat LRF tersebut nilai kadar padatannya berada di atas nilai kadar padatan perekat standar. Hal ini menunjukkan bahwa perekat LRF memiliki kemampuan daya rekat yang sekurang-kurangnya sama dengan perekat fenol formaldehida.

Semakin tinggi kadar padatan perekat, maka molekul-molekul yang terkandung dalam perekat juga meningkat. hal ini menyebabkan peningkatan molekul-molekul

perekat yang akan bereaksi dengan kayu pada proses perekatan, sehingga terciptanya keteguhan rekat yang lebih baik. Ikatan rekat maksimum dapat terjadi jika perekat membasahi semua permukaan kayu selaku bahan yang direkat sehingga terjadi kontak antara molekul perekat dan molekul kayu sehingga daya tarik intermolekul antara kayu dan perekat dapat mengikat dengan baik⁽¹⁹⁾. Dengan demikian peningkatan kadar padatan akan meningkatkan kualitas perekat yang dihasilkan.

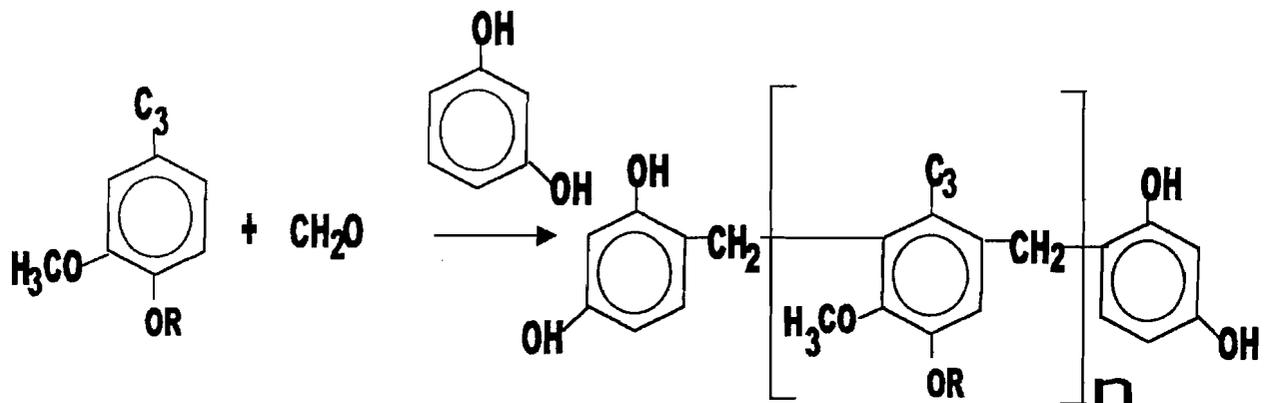
Pada Tabel 2 terlihat juga bahwa semakin banyak jumlah resorsinol yang ditambahkan, maka nilai viskositas perekat makin meningkat. Viskositas tertinggi tercapai pada penambahan resorsinol 0,9 mol yaitu 1,2 poise, sedangkan terkecil yaitu 1,0 poise tercapai pada penambahan resorsinol 0,5 mol. Nilai viskositas perekat yang dihasilkan kesemuanya berada dalam kisaran viskositas perekat fenol formaldehida (PA 302) dan resorsinol formaldehida (Cony bond KR 15 Y). Kenaikan nilai viskositas ini sejalan dengan meningkatnya kadar padatan perekat. Hal ini menunjukkan meningkatnya derajat polimerisasi resin dengan semakin bertambahnya resorsinol, yang berarti semakin besarnya bobot molekul polimer yang terbentuk.

Perekat yang nilai viskositasnya sesuai menyebabkan perekat mampu menembus pori kayu dengan baik dan membentuk ikatan yang optimum, sehingga menghasilkan daya rekat yang tinggi. Perekat yang nilai viskositasnya tinggi disebabkan oleh meningkatnya kadar padatan, dan hal ini mengakibatkan perekat semakin dalam masuk ke dalam kayu, sehingga perekat yang digunakan semakin banyak. Namun demikian, perekat yang berlebih dapat mempengaruhi kadar air kayu lamina. Selain itu kelebihan perekat akan menyebabkan perekat menggumpal dan membentuk bola-bola serat yang akan menimbulkan noda-noda perekat yang tidak diinginkan pada permukaan kayu. Oleh karena itu

banyaknya perkat yang dilaburkan per m² permukaan kayu harus sesuai dan dihitung dengan seksama. Perekat yang nilai viskositasnya rendah menyebabkan perekat mengandung molekul air yang tinggi. Hal ini dapat menurunkan mutu rekatan antara perekat dengan partikel kayu. Jumlah molekul air yang banyak pada perekat menyebabkan basahnya, kayu yang akan

direkat, akibatnya kayu lamina yang dihasilkan akan mengalami proses delaminasi.

Bila mengacu kepada reaksi kopolimerisasi resorsinol fenol formaldehida⁽⁵⁾, kemungkinan reaksi yang terjadi dalam pembentukan LRF ini adalah seperti yang tercantum pada Gambar 1.



Gambar 1. Perkiraan reaksi pembentukan Lignin Resorsinol Formaldehida, pada suhu kamar

Keteguhan Rekat Kayu Lamina

Nilai rata-rata keteguhan rekat kayu lamina pada uji kering dan uji basah dapat dilihat dari Tabel 4, yang secara umum menunjukkan bahwa keteguhan rekat kayu lamina pada uji kering lebih besar dibanding pada uji basah. Hal ini terjadi karena pengujian keteguhan rekat uji basah dipengaruhi oleh tegangan yang dihasilkan oleh kembang susut kayu yang menyerang garis rekat. Kembang-susut kayu, yang banyak dipengaruhi oleh penyerapan dan pelepasan molekul air dari kayu, akan menyebabkan penurunan keteguhan rekat kayu⁽⁹⁾.

Pada pengujian kering nilai keteguhan rekat terkecil diperoleh pada perlakuan A₁B₁ yaitu sebesar 16,73 kg/cm² sedangkan keteguhan rekat terbesar diperoleh pada perlakuan A₃B₃ yaitu sebesar 79,02 %.

Kerusakan kayu pada uji kering terjadi pada hampir semua perlakuan kecuali perlakuan A₁B₁. Pada pengujian basah keteguhan rekat terkecil diperoleh pada

perlakuan A₂B₄ yaitu sebesar 12,32 kg/cm² sedangkan keteguhan rekat terbesar diperoleh pada perlakuan A₃B₂ yaitu sebesar 44,64 kg/cm². Kerusakan kayu pada uji basah hanya terjadi pada perlakuan penambahan resorsinol 0,9 mol saja.

Kerusakan kayu yang rendah menandakan bahwa perkat sudah rusak terlebih dahulu dibanding kayu, sehingga nilai keteguhan rekat yang dihasilkan rendah. Ciri perekatan yang baik adalah jika tingginya keteguhan rekat diikuti dengan kerusakan kayu yang cukup besar⁽⁹⁾. Ini menunjukkan adanya efektifitas proses perekatan yang menyaranakan kekuatan perkat setara dengan kekuatan kayu.

Data pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa kenaikan nilai keteguhan rekat kayu lamina yang dihasilkan sebanding dengan kenaikan jumlah nisbah mol resorsinol yang ditambahkan pada pembuatan perkat lignin resorsinol formaldehida. Kondisi ini terjadi pada pengujian kering dan basah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya⁽⁸⁾,

di mana penambahan resorsinol terhadap perekat berbahan dasar lignin berpengaruh terhadap keteguhan rekat kayu lamina.

Untuk mengetahui berapa besar pengaruh kombinasi nisbah mol resorsinol dan waktu kempa terhadap keteguhan rekat kayu lamina pada pengujian kering, dilakukan sidik ragam. Hasilnya menunjukkan bahwa perlakuan penambahan resorsinol dalam pembuatan perekat 'lignin resorsinol formaldehida dan perlakuan waktu kempa berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan rekat kayu lamina. Berdasarkan uji beda lebih lanjut yang dilakukan dengan cara Tukey, menunjukkan bahwa untuk perlakuan penambahan resorsinol pada pembuatan perekat, diperoleh penambahan resorsinol 0,9 mol yang masing-masing berbeda nyata dengan 0,5 mol dan 0,7 mol. Sedangkan pada uji beda untuk perlakuan waktu kempa, menghasilkan perlakuan waktu kempa selama 3 jam berbeda nyata terhadap 12 jam dan 24 jam, sementara waktu kempa selama 6 jam berbeda nyata terhadap 24 jam.

Pengujian secara statistik untuk keteguhan rekat pada pengujian basah hampir sama dengan keteguhan rekat pada pengujian kering. Pada pengujian basah, perlakuan

penambahan resorsinol terhadap keteguhan rekat kayu lamina berpengaruh sangat nyata. Sedangkan perlakuan kombinasi waktu kempa terhadap keteguhan rekat kayu lamina pada pengujian basah berpengaruh nyata.

Berdasarkan hasil uji beda cara Tukey diketahui bahwa perlakuan penambahan resorsinol 0,9 mol berbeda nyata dengan perlakuan penambahan 0,5 mol dan 0,7 mol. Sedangkan pada perlakuan waktu kempa diperoleh hasil bahwa perlakuan waktu kempa selama 3 jam berbeda nyata dengan perlakuan 24 jam. Terjadinya perbedaan keteguhan rekat yang dihasilkan dapat dijelaskan melalui sifat dasar perekat yang digunakan, antara lain kadar padatan perekat dan viskositas.

Penambahan resorsinol pada perekat lignin resorsinol formaldehida menyebabkan meningkatnya kadar padatan dan nilai viskositas perekat. Peningkatan kadar padatan menunjukkan bahwa reaksi kondensasi lignin, resorsinol dan formaldehida berjalan semakin sempurna,

Tabel. 4. Rata-rata keteguhan rekat dan kerusakan kayu lamina pada pengujian basah dan kering

Nisbah Mol	Waktu Kempa (Jam)	Uji Kering		Uji Basah	
		Keteguhan rekat (Kg/cm ²)	Kerusakan Kayu (%)	Keteguhan rekat (Kg/cm ²)	Kerusakan Kayu (%)
1 : 0,5 : 2 (A ₁)	3 (B ₁)	16,73	0	23,36	0
	6 (B ₂)	24,84	27,50	20,55	0
	12 (B ₃)	35,05	55,00	15,59	0
	24 (B ₄)	45,24	85,00	14,04	0
1 : 0,7 : 2 (A ₂)	3 (B ₁)	22,41	17,50	26,65	0
	6 (B ₂)	29,17	5,00	21,86	0
	12 (B ₃)	35,58	15,00	18,54	0
	24 (B ₄)	46,10	5,00	12,32	0
1 : 0,9 : 2 (A ₃)	3 (B ₁)	76,64	95,00	44,03	32,50
	6 (B ₂)	77,93	92,50	44,64	27,50
	12 (B ₃)	79,02	87,50	43,05	20,00
	24 (B ₄)	77,49	72,50	36,86	12,50

dengan demikian molekul-molekul perekat yang akan bereaksi dengan kayu semakin bertambah dan hal tersebut dapat membuat ikatan kayu semakin kuat.

Menurut teori adhesi spesifik⁽¹⁹⁾, kekuatan perekat dihasilkan dari kekuatan tarik menarik yang disebabkan adanya interaksi atom-atom, molekul-molekul dan ion-ion yang ada di permukaan perekat dan *adherend*. Semakin kuatnya ikatan kayu dan perekat terjadi ketika perekat yang memiliki molekul-molekul yang cukup, berpenetrasi ke dalam rongga kayu dan kemudian terjadi ikatan adhesi dengan selulosa dan hemiselulosa. Dengan demikian perekat secara efektif mentransfer dan mendistribusi tegangan, yang akan meningkatkan kekuatan dan keteguhan rekatnya.

Penetrasi molekul-molekul perekat ke dalam pori – pori kayu dibantu dengan proses pengempaan. Proses pengempaan menyebabkan perekat dapat optimal merekat kedua sisi kayu. Hal ini terjadi karena perekat mengalami pengaliran pada bidang kayu sehingga membentuk lapisan tipis, selanjutnya perekat berpindah dari satu permukaan kayu ke permukaan kayu yang lainnya. Dengan tekanan yang dilakukan pada pengempaan, menyebabkan sel kayu pecah sehingga perekat dapat menembus pori-pori kayu. Pengempaan juga menyebabkan kayu tertahan pada posisi rapat beberapa saat sehingga perekat akan memadat dan menahan kedua kayu yang direkatnya⁽²¹⁾.

Waktu kempa yang kurang, menyebabkan proses penetrasi molekul perekat dan pepadatan belum sempurna sehingga keteguhan rekat kayu belum optimal. Sebaliknya proses pengempaan yang terlalu lama menyebabkan kayu terlalu lama ditekan sehingga pecah. selain itu juga pengempaan yang terlalu lama tidak efisien

Untuk mengetahui hubungan antara penambahan resorsinol dalam perekat lignin resorsinol formaldehida dengan keteguhan rekat kayu lamina, dilakukan perhitungan sidik regresi yang hasilnya tercantum pada Tabel 5. Pada tabel ini terlihat bahwa keteguhan rekat, baik pada pengujian kering maupun basah semakin meningkat dengan bertambahnya resorsinol dalam perekat lignin resorsinol formaldehida. Lebih lanjut hal tersebut dapat terlihat jelas pada Gambar 2 dan Gambar 3. Semakin banyak penambahan resorsinol maka semakin meningkat keteguhan rekat kayu lamina. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Ruhendi⁽⁸⁾. Kekuatan keteguhan rekat dari perekat yang berbahan dasar lignin yang ditambahkan resorsinol terjadi karena adanya reaksi lignin dengan resorsinol, satu unit resorsinol berikatan dengan dua unit senyawa lignin, dan akan menjadi perekat yang mainpu mengeras pada suhu ruang dengan penambahan paraformaldehida melalui pembentukan seri jembatan metilena yang menghubungkan dua molekul resorsinol yang tercangkok pada polimer lignin⁽²²⁾.

Nilai keteguhan rekat yang disarankan, yaitu sebesar 55 kg/cm² untuk pengujian kering dan 41 kg/cm² untuk pengujian basah⁽⁹⁾. Nilai standar tersebut dapat terpenuhi pada perlakuan penambahan resorsinol 0,9mol.

Pada pengujian kering, nilai terbesar yang diperoleh dari penambahan resorsinol 0,9 adalah perlakuan A₃B₃ yaitu 79,02 kg/cm² dan terkecil perlakuan A₃B₁ yaitu 76,64 kg/cm². Sedangkan pada pengujian basah, salah satu perlakuannya yaitu A₃B₄ sebesar 36,86 kg/cm² nilai keteguhan rekatnya tidak memenuhi standar di atas. Nilai terbesar dengan pengujian basah yang diperoleh dari penambahan resorsinol 0,9 adalah perlakuan A₃B₂ yaitu 44.65 kg/cm² dan terkecil perlakuan A₃B₄ yaitu 36,86 kg/cm².

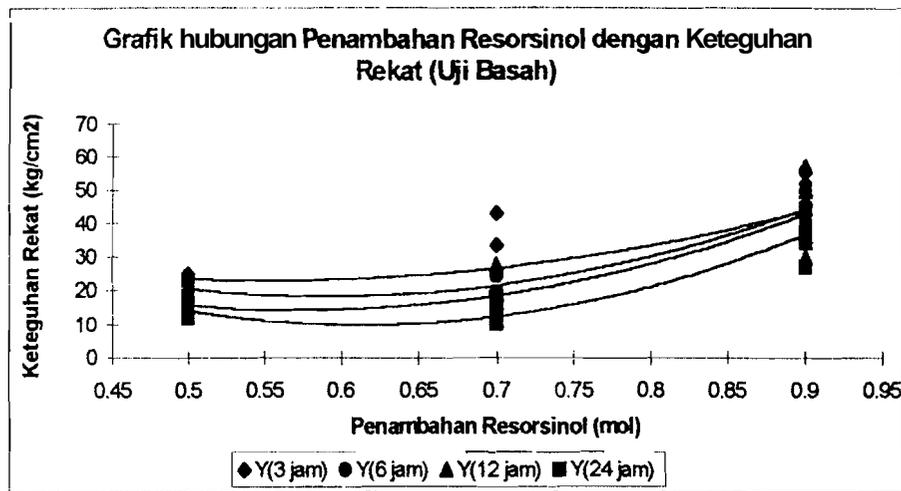
Tabel 4. Hubungan antara penambahan resorsinol (mol, X) dengan keteguhan rekat kayu lamina (kg/cm², Y)

Kondisi Pengujian	Hubungan	n	F _{hitung}	R ²
Pengujian Kering	$Y_{(24)} = 381.6 x^2 - 453.6x + 176.6$	3	37,88*	0,7711
	$Y_{(12)} = 536.4 x^2 - 641.1x + 221.5$	3	25,61*	0,8785
	$Y_{(6)} = 555.4 x^2 - 644.8x + 208.4$	3	3,50	0,8505
	$Y_{(3)} = 607.0 x^2 - 700.0 x + 215.0$	3	15,16*	0,8938
Pengujian Basah	$Y_{(24)} = 328.0 x^2 - 402.1x + 133.1$	3	5,55*	0,8850
	$Y_{(12)} = 269.5 x^2 - 308.7x + 102.6$	3	15,97*	0,7290
	$Y_{(6)} = 276.5 x^2 - 326.8x + 114.8$	3	12,11*	0,7801
	$Y_{(3)} = 176.0 x^2 - 194.8 x + 76.7$	3	34,62*	0,5525

Keterangan : F_{0,05} = 3,98; F_{0,01} = 7,21; * Sangat nyata

Gambar 2. Hubungan antara penambahan resorsinol dengan keteguhan rekat kayu lamina pada pengujian kering

Gambar 3. Hubungan antara penambahan resorsinol dengan keteguhan rekat kayu lamina pada pengujian basah



Bila ditinjau dari segi efisiensi, dari keempat perlakuan waktu kempa pada nisbah mol 0,9, perlakuan A₃B₁ lebih efisien, karena pada perlakuan ini hanya memerlukan waktu kempa selama 3 jam. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian Sadiyo⁽²³⁾ yang membuat kayu lamina dari campuran jenis kayu jati, matoa, meranti, merawan dan kamper; nilai keteguhan rekat dari kayu lamina yang direkat dengan formula dan waktu kempa ini ternyata lebih besar daripada keteguhan rekat kayu lamina yang menggunakan perekat Cony Bond KR 15 Y. Aerodux 500 maupun PA 302 yang rata-rata hanya mencapai sekitar 21,77 – 25,87 kg/cm².

Keteguhan rekat uji kering dengan perlakuan penambahan 0,9 mol resorsinol dan

perlakuan waktu kempa 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24 jam yang didapat pada penelitian ini, semuanya dapat memenuhi standar Jepang kelas 3, karena nilainya lebih besar dari 72 kg/cm² dengan kerusakan kayu > 65 %.

Untuk membuat kayu lamina yang keteguhan rekatnya sesuai dengan standar Jepang pada kelas 1, yaitu sebesar 96 kg/cm² dengan kerusakan kayu 60 %, dari data yang diperoleh pada percobaan ini dapat dihitung berdasarkan nisbah mol yang ditambahkan pada perekat lignin resorsinol formaldehida. agar nilai keteguhan rekat kayu lamina yang dihasilkan menyamai keteguhan rekat standar Jepang kelas 1. Perhitungan menggunakan persamaan regresi yang tertera pada Tabel 4, yaitu $Y_{(3)} = 607 x^2 - 700 x + 215$. Persamaan

ini digunakan karena memiliki R^2 yang paling besar dan juga nilai F hitung nya sangat nyata. Dari perhitungan didapat bahwa untuk memenuhi persyaratan standar Jepang kelas 1, diperlukan nisbah mol resorsinol sebesar 0,95 mol.

Dari percobaan yang dilakukan dapat dihasilkan pula komposisi perekat lignin resorsinol formaldehida dan waktu kempa optimum untuk kayu lamina. Komposisi perekat lignin resorsinol formaldehida yang optimum diperoleh pada komposisi 1 : 0,9 : 2 dengan waktu kempa' 3 jam, karena pada komposisi tersebut nilai keteguhan rekatnya memenuhi standar^(9,12).

KESIMPULAN

Lignin isolat yang diperoleh dari lindi hitam dapat digunakan sebagai bahan baku perekat lignin resorsinol formaldehida untuk pembuatan kayu lamina tipe eksterior.

Kualitas kayu lamina yang direkat dengan lignin resorsinol formaldehida dipengaruhi oleh penambahan nisbah mol resorsinol dalam pembuatan perekatnya dan waktu pengempaan pada proses pembuatan kayu lamina tersebut.

Dari ketiga perlakuan penambahan nisbah mol resorsinol dalam pembuatan perekat lignin resorsinol formaldehida diperoleh komposisi optimuni L : R : F, yaitu 1 : 0,9 : 2. Sedangkan waktu kempa optimum adalah pada pengempaan selama 3 jam.

DAFTAR PUSTAKA

Sjostrom, E., 1995. Kimia Kayu : Dasar-Dasar dan Penggunaannya. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Bangun, B., 1998. Pengaruh Campuran Perekat Lignin dan Phenol Formaldehida Terhadap Sifat Fisik Mekanik Papan Partikel. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.

Rudatin, S., 1989. Potensi Pemanfaatan Lignin dari Limbah Industri Pulp dan Kertas di Indonesia. Berita Selulosa (25).

Ibnusantosa, G., 2000. Konsumsi Pulp dan Kertas Dunia 2000 sampai dengan 2010. SKALA Indonesia, No. 03/th. 1/2000.

Pizzi A Wood Adhesive Chemistry and Technology. Marcell Dekker. Inc. New York.

Santoso, A. 1995., Pencirian, Isolat Lignin dan Upaya Menjadikannya Sebagai Bahan Perekat Kayu Lapis. Thesis Program Pasca Sarjana IPB. Bogor. Tidak diterbitkan.

Santoso, A. 2000., Pengaruh Komposisi Perekat Lignin Fenol Formaldehida Terhadap Keteguhan Rekat Kayu Lapis Tusam. Buletin Penelitian Hasil Hutan 17 (4) : 189 - 198.

Ruhendi, S. 2000., Kualitas lignin resorsinol formaldehida berbahan dasar dari lindi hitam sebagai perekat kayu laminasi. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia 8(2): 19 - 25.

Tahir P.Md, M H Sahri and Z, Ashari., 1998. Gluability of less Used and Fast Growing Tropical Platation Hardwood Species. Faculty of Forrestry Universiti Pertanian Malaysia. Selangor, Malaysia.

Kim, H., M. K. Hill and A L. Friche, 1987. Preparation of Kraft Lignin from Black Liquor. Tappi Journal, December 1987 : 112.

Japanese Industrial Standard, 1986. General Testing Methods for Adhesives. JIS K 6802-1986. Japanese Standard Associations. Japan.

Japanese Agriculture Standard, 1996. Structural Glued Laminated Timber. Japan Plywood Inspection Corporation, Tokyo.

Steel R. G. D dan JH Torric, 1989. Prinsip dan Prosedur Statistik. Gramedia. Jakarta.

Frediedrich E.B, 1952. The Chemistry of Lignin. Academic Press. NewYork.

- Connors, W.J., L.F. Lorenz and T.K. Kirk, 1978. **Chromatographic Separation of lignin Models by Molekular Weight using sepadhcx LH-20. Holzforschung 31 (3), 106-108.**
- Gillespie. R. H., 1985. Durable Wood Adhesive from **Kraft Lignin dalam R. W. Hemingway et al. Adhesive from Renewable Resources. ACS symposium. New Orleans. Washington DC.**
- Fengel, D. dan G. Wegener, 1995. **Kayu : Kimia, Ultra Struktur; Reaksi-reaksi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.**
- Suhendra, A., 1992. **Pembuatan Perekat Lignin Hasil Isolasi Larutan Sisa Pemasak Pulp. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.**
- Vick, C.B., 1999. Adhesive Bonding of Wood Material. **Chapter IX. Wood Handbook,**
- Wood as an Engineering Material. Forest Product Society. USA.
- Maloney, T.M., 1977. **Modern Particleboard and dry-process feberboard manufacturing. Miller-freeman publication, San Fransisco. p. 369.**
- Sutigno P., 1988. **Perekat dan Perckatan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan, Bogor.**
- Pizzi, A., 1994. **Advanced Wood Adhesives Technology. Marcer Dekker, Inc. New York.**
- 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).**