LIKUIDA KAYU UNTUK PEREKAT KAYU LAPIS EKSTERIOR

Oleh :
Surdiding Ruhendi*, Fauzi Febrianto*, dan Nanik Sahriawati**

ABSTRACT

WOOD LIQUIDS FOR EXTERIOR PLYWOOD ADHESIVES

Four kinds of adhesives were derived from woods of Agathis sp., Pinus sp. and Shorea sp. and their mixture. Wood materials (sawdust) were liquefied by heating the materials at 100°C for 30 minutes in the presence of phenol as a reacting solvent and sulfuric acid as a catalyst. The ratio of wood material to phenol was 1 : 5 (by weight). To the liquefied wood, sodium hydroxide was added, then formaldehyde, with a molar ratio of formaldehyde to phenol of 2.1. Husk powder of respective woods was added as a filler at amounts of 0 - 20% (based on adehisive weight). Three-layer meranti plywoods were prepared based on SNI 01-2704-1992. The viscosity, non volatile matter content, gelatin time and pH of adhesives without filler fullfiled SNI 06-0121-1987 requirements. Moisture content of the prepared plywoods met the SNI 01-2704-1992. The shear strength of plywood using wood liquids of Agathis sp., Pinus sp. and mixed liquids and their respective husk powders up to10% fullfiled the SNI 01-2704-1992 requirements.

ABSTRAK

Penelitian liquifikasi kayu dengan fenol yang mengacu pada metode Pu (1991), dilakukan pada temperatur 100°C selama 30 menit dengan katalis asam sulfat. Empat jenis serbuk kayu yang digunakan adalah *Agathis* sp., *Shorea* sp., *Pinus* sp. dan campuran ketiganya dalam proporsi yang sama. Perbandingan berat serbuk dan fenol adalah 1 : 5. Perekat likuida kayu (wood liquids) dibuat dengan menambahkan sodium hidroxida dan formalin dengan molar rasio F/P 2.1. Tepung sekam ditambahkan sebagai *filler*. Perekat diaplikasikan pada kayu lapis yang dibuat berdasarkan SNI 01-2704-1992. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh jenis kayu dan *filler* terhadap keteguhan rekat kayu lapis dan kualitas perekat. Viskositas, kadar padatan, gelatin time, dan pH perekat tanpa *filler* tepung sekam telah memenuhi persyaratan SNI 06-0121-1987. Nilai kadar air semua kayu lapis telah memenuhi persyaratan SNI 01-2704-1992. Keteguhan rekat kayu lapis dengan perekat dari serbuk kayu *Agathis* sp., *Pinus* sp. dan campuran (*Agathis* sp., *Shorea* sp., *Pinus* sp.) dengan tepung sekam sampai 10% telah memenuhi SNI 01-2704-1992.

Kata kunci : Kayu, *Filler*, Kualitas Perekat, Kadar Air, Keteguhan Rekat

PENDAHULUAN

Industri perkayuan, khususnya industri kayu lapis yang saat ini mempunyai nilai ekspor 7,7 juta m^3 dengan nilai 2,7 milliar dolar AS (APKINDO 1999) membutuhkan perekat sebagai salah satu komponen penyusun produknya. Industri perekatan Indonesia dapat memproduksi perekat sebanyak 821.737.232 kg pada tahun 1997 (BPS, 1997). Angka ini lebih rendah dari jumlah perekat yang harus dipenuhi untuk keperluan industri kayu lapis dalam negeri. Perekat yang dibutuhkan untuk industri kayu lapis saja adalah sebanyak 1 juta ton pertahun (AIFTA, 1993). Selain tidak memenuhi kebutuhan pasar, sebagian besar perekat yang diproduksi adalah perekat sintetik. Perekat sintetik yang banyak digunakan untuk memproduksi kayu lapis adalah Urea Formaldehida (80%), Fenol Formaldehida (10%) dan Melamin Formaldehida (10%). Sifat perekat sintetis memang cukup baik, namun harganya lebih mahal karena dibuat dari bahan kimia yang jumlahnya terbatas dan relatif mahal.

Secara umum dapat dikatakan bahwa Indonesia masih sangat boros dalam memanfaatkan sumber daya alam kayunya. Angka-angka limbah dari hasil penelitian baik limbah eksploitasi maupun limbah industri pengolahan telah banyak dikemukakan. Penelitian Abidin (1983), *dalam* Direktorat Pengolahan Hasil Hutan (1989) mengemukakan bahwa limbah eksploitasi rata-rata adalah 30% dari total kayu bulat bebas cabang yang ditebang. Sementara produksi log pada tahun 1999 adalah 25,492 juta m^3 (DPH, 1997 *dalam* Febrianto, 1999), sehingga potensi limbah eksploitasi adalah 7,65 juta m^3.

Sumber limbah lain yaitu industri pengolahan kayu. Di Indonesia terdapat 518 perusahaan kayu gergajian dan olahan (ISA, 1997), dengan nilai produksi 3.426.740 m^3. Menurut Padlinurjaji (1989) nilai rata-rata limbah *sawmill* adalah 54% dari bahan bakunya yang terdiri dari 32% sebetan, 11% serbuk dan 11% potongan ujung dengan volume sebesar 4.022.694 m^3.

Permasalahan dibidang lain adalah rendahnya nilai guna sekam sebagai limbah industri penggilingan padi. Sekam yang dihasilkan dari industri penggilingan padi dan penyosohan beras di Indonesia pada tahun 1997 adalah 130 134,25 ton dengan harga Rp. 59,47/Kg (BPS, 1997). Juliano *dalam* Abbas *et al.* (1985) telah menganalisa sekam dari 55 varietas padi di lima negara Asia dan dikemukakan bahwa kadar sekam berkisar antara 16,3-26% dari jumlah gabah yang digiling. Sekam mempunyai nilai rupiah yang rendah, padahal sekam mempunyai kandungan bahan kimia yang tidak jauh berbeda dengan kayu yaitu sekam mengandung 40% selulosa, 30% lignin, dan 20% abu (Somaatmadja, 1980).

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut dan untuk meminimalkan ketergantungan pada komponen impor, maka diperlukan perekat alternatif yang dapat

* Staf Pengajar pada Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.
** Alumnus Fakultas Kehutanan IPB

memanfaatkan sumber daya alam terbaharui adalah dengan mengadopsi sebuah teknologi pembuatan perekat oleh Pu *et al.* (1991) yaitu dengan mengkonversi serbuk kayu dengan proses kimia sederhana. Metode ini memanfaatkan serbuk kayu sebagai bahan baku pembuatan perekat. Perekat liquifik kayu merupakan hasil reaksi antara lignin yang ada dalam serbuk kayu dan senyawa aromatik alkohol pada suhu tinggi, sehingga didapatkan suatu larutan yang dapat digunakan sebagai perekat.

Proses pembuatan perekat dari serbuk kayu menurut Shiraishi (1993) *dalam* Widiana (1998) adalah dengan mereaksikan serbuk kayu dan fenol beserta katalis asam phenosulfonic atau asam lainnya dengan persentase 1,25-10% pada suhu 150°C selama 30 menit. Larutan fenol dan serbuk yang telah diliquifikasi dicampur dengan NaOH 40% sampai mencapai pH 11, selanjutnya formalin ditambahkan dengan molar rasio berkisar 1,8-3,0 (F/P) (Nakarai *dalam* S.Pu *et al.*, 1991).

Perekat likuida kayu ini oleh Pu (1991) diaplikasikan pada pembuatan kayu lapis struktural (tripleks) dengan venir dari jenis-jenis Edge-Grained Makamba yang telah dioven pada suhu 60°C selama lebih dari semalam sampai mencapai kadar air 5-6%. Pengujian keteguhan rekat kayu lapis dilakukan berdasarkan JIS (*Japan Industrial Standard*) sebagai kayu lapis struktural.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perekat liquifik kayu dengan katalis 5% dan waktu pematangan 30 menit yang dikempa selama 9 menit mempunyai keteguhan rekat rata-rata sebesar 16,6 kgf/cm^2 dan kerusakan kayu 100%. Sedangkan kayu lapis dari perekat yang sama dengan waktu kempa 12 menit mempunyai keteguhan rekat rata-rata sebesar 17,9 kgf/cm^2 dan nilai kerusakan kayu 100% (Pu *et al.* 1991).

Teknologi pembuatan perekat oleh Pu *et al.* telah diaplikasikan pada jenis kayu Indonesia yaitu kayu sengon (Widiana, 1998). Penelitian ini juga mencoba untuk mengaplikasikan teknologi tersebut terhadap jenis-jenis kayu lain yang ada di Indonesia, yaitu kayu agathis (*Agathis* sp.), meranti merah (*Shorea* sp.) dan pinus (*Pinus* sp.). Serbuk ketiga jenis kayu tersebut digunakan sebagai bahan baku perekat dengan tepung sekam sebagai *filler*- nya. Dengan demikian diharapkan serbuk kayu dan sekam yang pada awalnya hanya dinilai sebagai limbah industri dapat dimanfaatkan untuk bahan perekat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perekat likuida kayu dari serbuk kayu *Agathis* sp., *Pinus* sp., dan *Shorea* sp. serta kinerjanya sebagai perekat kayu lapis meranti. Hipotesa dalam penelitian ini adalah keteguhan rekat, kadar air, penyerapan air dan pengembangan tebal kayu lapis dipengaruhi oleh jenis serbuk kayu dan persentase tepung sekam dalam perekat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan bahan baku berupa serbuk kayu berukuran 60 mesh dari jenis *Pinus* sp, *Agathis* sp dan *Shorea* sp. Bahan lainnya adalah venir kayu meranti, larutan fenol teknis, formalin, NaOH 40%, tepung sekam dan air destilata.

Rancangan percobaan yang digunakan untuk mengetahui pengaruh jenis serbuk kayu dan persentase tepung sekam adalah analisis faktorial 4X3 dalam rancangan acak lengkap. Parameter yang diukur adalah keteguhan rekat, nilai kadar air dan stabilitas dimensi produk olahan dalam hal ini kayu lapis.

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh setiap perlakuan, maka dilakukan Uji Wilayah Berganda Duncan dan untuk mengetahui taraf yang paling optimal dilakukan analisis regresi kuadratik.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu liquifikasi serbuk kayu, pembuatan perekat, perakitan kayu lapis, analisis kualitas perekat, dan pengujian kualitas kayu lapis.

Proses liquifikasi serbuk kayu dimulai dengan penentuan kadar air setiap jenis serbuk kayu. Cara yang digunakan untuk menentukan kadar air adalah metode gravimetri atau kering tanur. Serbuk kayu dari salah satu jenis diambil beberapa gram untuk disimpan dalam oven pada suhu 103±2°C sampai beratnya konstan (± 24 jam). Kadar air dihitung dengan metode ASTM D2016-74 (Reapproved 1983).

Serbuk kayu (KA ± 5,65%) diliquifikasi dengan mengacu pada proses liquifikasi yang dilakukan oleh Pu (1991). Fenol dicampur dengan H2SO4 98% sebanyak 5% dari jumlah larutan fenol dan ditambah serbuk kayu ukuran 40 mesh, perbandingan serbuk dan fenol adalah 1:5 (berdasarkan berat). Campuran ketiga bahan yang telah merata tersebut dipanaskan pada suhu 100°C selama 30 menit atau sampai larutan menjadi homogen. Larutan yang sudah homogen tersebut didinginkan dan siap digunakan sebagai bahan utama perekat.

Perekat utama hasil liquifikasi dicampur dengan NaOH 40% sampai pH-nya menjadi 11, kemudian ditambahkan formalin pada molar rasio F/P : 2,1. Setelah campuran merata, segera ditambahkan filler sebanyak 0%, 10% dan 20% (berdasarkan berat perekat). Selanjutnya perekat yang telah jadi siap diaplikasikan sebagai perekat kayu lapis.

Kayu lapis dirakit dari venir kayu meranti dengan ukuran 30 cm × 30 cm. Tebal venir muka/belakang adalah 1,5 mm, sedangkan venir inti adalah 2,4 mm dengan KA sekitar 5-6%. Berat labur perekat adalah 300g/m^2 untuk dua permukaan. Lembaran contoh yang telah dirakit dikempa dingin selama 10 menit dengan tekanan 10 kg/cm^2 dan dikempa panas pada suhu 160°C dengan tekanan 10 kg/cm^2 selama 10 menit (Widiana, 1998).

Analisis kualitas perekat berupa Berat Jenis, Viskositas, Kadar Padatan, Gelatin Time, dan Derajat Keasaman (pH) dilakukan dengan mengacu pada JIS K 6833-1980. Air destilata dimasukkan ke dalam piknometer 50 ml yang telah dikeringkan dan diketahui beratnya, kemudian ditimbang. Setelah air dibuang dan piknometer dikeringkan, maka sampel perekat dimasukkan ke dalam piknometer dan ditimbang.

Viskositas perekat dapat ditentukan berdasarkan JIS K 6833-1980 yaitu dengan memasukkan perekat ke dalam gelas piala 100 ml dan diaduk hingga tidak ada udara di dalam perekat tersebut. Bandul atau rotor dari alat viskometer dimasukkan dalam perekat hingga alat menunjukkan nilai yang konstan.

Alat yang digunakan untuk mengetahui pH perekat adalah pH meter. Setelah perekat dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml, maka ujung alat segera dicelupkan pada perekat sampai jarum skala menunjukkan angka tertentu. Pengukuran dilakukan dua kali.

Kadar padat perekat ditentukan dengan menimbang sampel dalam wadah yang sudah diketahui beratnya dan dioven pada suhu 135 ±1,5°C selama satu jam. Setelah dikeluarkan dari oven, sampel segera dimasukkan ke dalam eksikator sampai dingin kemudian ditimbang.

Gelatin time ditentukan dengan cara contoh uji perekat dimasukkan ke dalam gelas piala 100 ml dengan catatan waktu saat itu (To). Gelas piala dan perekat dimasukkan ke dalam water bath dengan suhu 90°C. Sampel diperhatikan dengan seksama sampai terjadi suatu ketidaknormalan yang dapat berupa perubahan viskositas, pengerasan dan perubahan warna.

Pengujian kualitas kayu lapis berupa pengujian kadar air, penyerapan air dan pengembangan tebal, serta keteguhan rekat (interior II dan eksterior II)mengacu pada SNI 01-2704-1992, yaitu dengan membuat contoh uji pada keempat sisi contoh kayu lapis yang berukuran 10 cm x 2,5 cm. Pada contoh uji tersebut dibuat celah sedalam 3mm dengan bidang geser 2,5 x 2,5 cm. Sebelum diuji, sampel mendapat perlakuan sesuai dengan tujuan penggunaannya yaitu untuk tipe eksterior II dan tipe interior II.

Penentuan kadar air kayu lapis meranti dilakukan dengan metode SNI 01-2704-1992. Contoh uji ukuran 10 x10 cm ditimbang dan dikeringkan dalam oven pada suhu 103 ± 2°C sampai beratnya konstan.

Penentuan penyerapan air dan pengembangan tebal dilakukan dengan pengukuran pada contoh uji ukuran 5 cm × 5 cm. Contoh uji ditimbang dan diukur beratnya. Selanjutnya contoh uji direndam dalam air secara horizontal pada suhu 25 ± 1°C selama 24 jam dan dilakukan pengukuran ulang terhadap berat serta tebal pada tempat yang sama dengan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Perekat

Perekat yang dibuat dari tiga jenis serbuk kayu dan campurannya mempunyai sifat-sifat seperti pada Tabel 1.

Dari tabel tersebut diketahui bahwa selain viskositas dan warnanya, perekat yang dihasilkan mempunyai sifat yang mendekati ciri-ciri perekat fenol formaldehida.

Tabel 1. Sifat-sifat dasar perekat

Perekat		Ciri-ciri Perekat					
		BJ	Gelatin Time (90° C)	Kadar Padatan (%)	Viskosita (Poise)	Warna	pH
Agathis	**0%**	1,23	12:35	62,66	5,17	Hitam	10,83
	10%	1,21	8:10	63,96	267,33	Hitam	10,68
	20%	1,18	5:18	65,16	625,00	Hitam	10,57
Meranti	**0%**	1,21	10:30	64,96	4,77	Hitam	10,80
	10%	1,19	7:15	65,92	310,00	Hitam	10,63
	20%	1,16	5:38	68,16	650,00	Hitam	10,55
Pinus	**0%**	1,22	11:06	64,26	7,07	Hitam	10,79
	10%	1,19	7:42	64,85	373,33	Hitam	10,67
	20%	1,19	4:39	66,39	716,67	Hitam	10,55
Campuran	**0%**	1,21	10:33	63,94	5,87	Hitam	10,84
	10%	1,21	7:13	64,68	285,00	Hitam	10,70
	20%	1,18	6:00	65,21	663,33	Hitam	10,50
PF (SNI 06-0121-1987)		1,19	3 - 30	Min 42	0,5 – 5	Coklat kehitaman	Min 7
PF (JIS K 6833-1980)		-	>15	>38	1 – 10	Coklat kehitaman	7 – 13
Wood Liquid Sengon		1,17	3:32	52,60	1,80	Hitam	0,12

(1) Warna

Perekat yang dibuat dari serbuk kayu agatis, pinus, meranti, dan campurannya tidak menunjukkan perbedaan warna, dimana semua perekat yang dihasilkan berwarna hitam. Hal ini berbeda dengan perekat fenol yang berwarna coklat kehitaman. Warna hitam pada perekat liquifik kayu disebabkan oleh lignin pada kayu dan bahan kimia lain yang merupakan hasil konversi komponen holoselulossa pada kayu akibat kombinasi perlakuan panas dan kimia (Pu *et al.*, 1991). Warna serbuk dan fenol berubah menjadi hitam setelah dipanaskan, dan setelah menjadi perekat warna ini tidak berubah.

(2) Berat Jenis

Tabel 1 menunjukkan bahwa berat jenis perekat berkisar antara 1,15-1,22. Berat jenis rata-rata terkecil 1,17 diperoleh dari penambahan tepung sekam 20% dan tertinggi 1,21 diperoleh dari perekat tanpa tepung sekam. Pada tabel terlihat kecenderungan penurunan nilai berat jenis terjadi seiring dengan penambahan persentase *filler*. Hal ini terjadi karena *filler* yang ditambahkan berupa tepung sekam, sebagaimana diketahui bahwa tepung sekam adalah benda yang voluminous. Artinya ia mempunyai volume yang jauh lebih besar dibandingkan dengan beratnya, sehingga bila dicampur akan menurunkan berat jenis perekat yang memiliki berat jenis lebih tinggi.

(3) Kadar Padatan

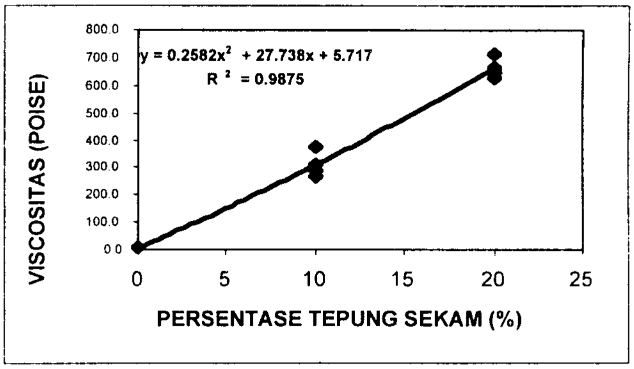
Persentase kadar padatan perekat telah memenuhi syarat kadar padatan menurut SNI 06-0121-1987 untuk fenol formaldehida yaitu minimal harus 42%. Kadar padatan perekat berkisar antara 62,66% - 68,16%. Kadar padatan berkorelasi positif dengan tepung sekam, semakin tinggi penambahan tepung sekam maka kadar padatan semakin tinggi. Kadar padatan rata-rata terendah dan tertinggi adalah 63,95% dan 66,23%, berturut-turut untuk perekat tanpa penambahan dan dengan penambahan 20% tepung sekam. Meningkatnya kadar padatan ini terjadi karena tepung sekam yang ditambahkan tidak dapat menguap (*non volatil*) pada suhu 135°C, sehingga semakin banyak tepung sekam yang ditambahkan maka semakin banyak zat non volatil yang tersisa setelah dikempa. Sedangkan bila dilihat dari jenis serbuk yang digunakan, maka terlihat bahwa jenis serbuk kayu meranti mempunyai nilai kadar padatan tertingi. Hal ini diduga terjadi karena bila dibandingkan dengan kayu agathis dan pinus, kayu meranti tidak banyak mengandung damar atau gum sehingga akan lebih banyak zat padat yang tidak dapat menguap (Martawijaya, 1997).

Menurut Vick (1999), peningkatan kadar padatan berarti peningkatan molekul-molekul perekat yang akan bereaksi dengan kayu pada proses perekatan, sehingga sampai batas tertentu kadar padatan yang tinggi dapat menciptakan keteguhan rekat yang lebih baik. Ikatan rekat maksimum dapat terjadi jika perekat dapat membasahi semua permukaan venir sehingga terjadi kontak antara molekul perekat dan molekul kayu yang pada akhirnya akan mempunyai daya tarik intermolekuler lebih baik.

(4) Viskositas

Tabel 1 memperlihatkan nilai viscositas perekat yang jauh lebih tinggi dari nilai viskositas fenol formaldehida maupun perekat dari kayu sengon. Hal ini dapat dimaklumi karena perbandingan formalin dengan fenol yang ditambahkan adalah 2,1 dalam molar, nilai ini berarti bahwa formalin yang ditambahkan pada perekat yang dihasilkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan formalin yang ditambahkan pada perekat kayu sengon yaitu 60% dari berat perekat (Widiana, 1998). Penambahan formalin lebih banyak dapat menyebabkan semakin banyaknya cairan dalam perekat, sehingga viskositas perekat lebih rendah.

Viskositas perekat meningkat dengan penambahan persentase tepung sekam. Perekat dengan tepung sekam 0% mempunyai viskositas paling rendah yaitu 4,76 poise, sedangkan perekat dengan tepung sekam 20% mempunyai viscositas paling tinggi yaitu 716,66 poise. Gambar 1 menunjukkan hubungan antara penambahan persentase tepung sekam dengan peningkatan viskositas perekat.



Gambar 1. Grafik hubungan persentase tepung sekam dan viskositas

Viskositas dapat mempengaruhi kemampuan penetrasi perekat dan pembasahan oleh perekat. Penetrasi dan pembasahan berlangsung bersama-sama antara kayu dengan perekat yang dipakai. Semakin kecil viscositas perekat, maka semakin besar kemampuan perekat untuk mengalir, berpindah, dan mengadakan penetrasi dan pembasahan. Dengan demikian maka kualitas perekatan akan meningkat sampai pada batas keenceran tertentu, karena perekat yang terlalu encer justru akan menurunkan nilai keteguhan rekat (Ruhendi, 1988).

Nilai viskositas yang tinggi dapat dikurangi dengan memperkecil persentase *filler* atau meningkatkan nisbah formalin dan fenol yang dipakai. Penambahan *filler* pada perekat berkisar 10-20% (Kollmann *et al.*, 1975). Menurut Pu (1991), viscositas yang tinggi juga disebabkan oleh residu serat kayu setelah liquifikasi dan tingginya berat molekul komponen perekat.

(5) Gelatin Time

Menurut Solomon (1967), waktu gelatinasi adalah waktu yang dibutuhkan perekat untuk mengental atau membentuk gel, sehingga tidak dapat digunakan lagi. Waktu gelatinasi perekat liquifik kayu berkisar antara 4 menit 39 detik sampai 12 menit 35 detik, nilai ini masuk dalam selang waktu gelatinasi yang disyaratkan SNI 06-0121-1987 untuk fenol formaldehida yaitu 3 menit 30 detik.

Waktu gelatinasi semakin singkat dengan semakin banyaknya penambahan tepung sekam. Hal ini dapat disebabkan oleh penambahan tepung sekam pada perekat, karena untuk berat yang sama akan mengurangi jumlah pelarut dalam perekat. Berkurangnya pelarut dalam perekat akan mempercepat hilangnya pelarut dari perekat karena proses penguapan dan perekat lebih cepat mengental, sehingga waktu gelatinasinya semakin singkat.

(6) Derajat Keasaman

Perekat yang dihasilkan mempunyai nilai pH berkisar antara 10,50-10,84, kisaran nilai ini masuk dalam syarat SNI 06-0121-1987 untuk perekat fenol formaldehida yaitu minimum 7.

Derajat keasaman perekat cenderung seragam karena sebelum ditambahkan formalin, pH sudah diatur dengan menambahkan NaOH 40% sampai mencapai pH 11. Meskipun demikian nilai pH cenderung turun dengan semakin tingginya persentase tepung sekam yang ditambahkan. Penurunan pH terjadi karena pengaruh dari pH tepung sekam yang relatif lebih asam dari pH perekat, sehingga apabila dicampur akan menurunkan pH perekat secara keseluruhan.

Perekat liquifik kayu dibuat ber-pH tinggi karena menurut Kollmann *et al.* (1975), pH yang sangat rendah dapat menyebabkan kayu rusak, serat kayu dikedua permukaan kayu yang direkat suatu saat dan dengan kondisi tertentu dapat dipengaruhi sehingga ikatan pada kayu lepas. Derajat keasaman tinggi pada perekat mempunyai dua fungsi yaitu untuk membersihkan permukaan kayu yang akan direkat dengan cara melarutkam kontaminan yang ada dan untuk mengembangkan zat kayu serta membuka struktur dinding sel sehingga akan memperbaiki penetrasi dari perekat.

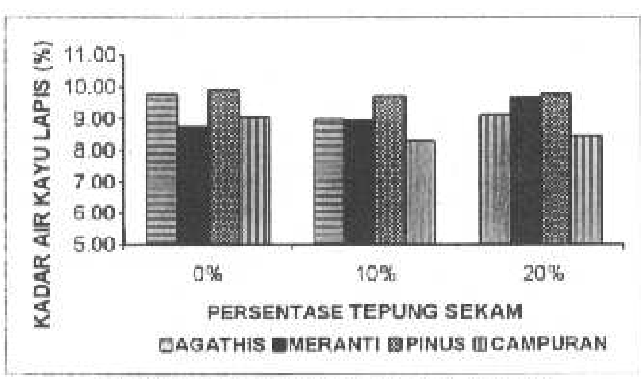
Kualitas Kayu Lapis

(1) Kadar Air Kayu Lapis

Penentuan kadar air pada contoh uji kayu lapis menunjukkan bahwa kadar air kayu lapis berkisar antara 8,30-9,95%. Kadar air kayu lapis menurut SNI 01-2704-1992 adalah maksimum 14%, berarti semua nilai kadar air kayu lapis pada Tabel 2 memenuhi syarat tersebut.

Tabel 2. Nilai rata-rata kadar air kayu lapis

Jenis Serbuk	Persentase Tepung Sekam		
	0%	10%	20%
Agathis	9,76	8,97	9,14
Meranti	8,78	8,93	9,64
Pinus	9,95	9,69	9,75
Campuran	9,06	8,30	8,46



Gambar 2. Diagram batang kadar air kayu lapis

Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai kadar air kayu lapis tidak memperlihatkan suatu kecenderungan yang beraturan. Untuk mengetahui pengaruh faktor jenis serbuk dan persentase tepung sekam terhadap kadar air kayu lapis secara lebih teliti maka dilakukan analisis ragam seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis ragam kadar air kayu lapis

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F	Pr>F
Jenis serbuk (A)	3	10,863276	3,621092	8,47	0,0001**
% Tepung sekam (B)	2	1,753985	0,876992	2,05	0,1398
AB	6	3,895182	0,649197	1,52	0,1925
Galat	48	20,526146	0,427628		
Total	59	37,038588			

Keterangan : (**) : sangat nyata

Dari tabel analisis ragam diatas diketahui bahwa jenis serbuk memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air kayu lapis, sedangkan persentase tepung sekam dan interaksinya tidak memberikan pengaruh yang nyata. Untuk menguji perbedaan diantara semua pasangan perlakuan yang mungkin maka dilakukan Uji Wilayah Berganda Duncan dan diperoleh hasil bahwa serbuk agathis dan meranti memberikan respon yang sama namun berbeda dengan serbuk kayu pinus maupun serbuk campuran ketiganya. Nilai rata-rata kadar air paling tinggi didapat dari kayu lapis dengan perekat dari serbuk kayu pinus yaitu 9,79%, dan nilai Kadar Air kayu campuran yaitu 8,60%.

Nilai kadar air yang tinggi dapat mempengaruhi stabilitas dimensi kayu lapis, sehingga keteguhan rekat kayu lapis akan turun. Kadar air kayu lapis dipengaruhi oleh kadar air kayu yang direkat, perekat dan air yang dihasilkan dari proses perekatan. Untuk mengatur agar kadar air kayu lapis tidak lebih dari 14%, maka sebelum direkat kadar air venir diturunkan sampai 5-6% (Vick, 1999). Selain itu menurut Vick (1999) sebagian besar perekat untuk kayu mengandung air yang pada proses perekatan akan menguap dan terserap oleh kayu yang direkat. Kadar air kayu lapis akan stabil setelah berada dalam kondisi kesetimbangan dengan kadar air lingkungannya.

(2) Penyerapan Air dan Pengembangan Tebal

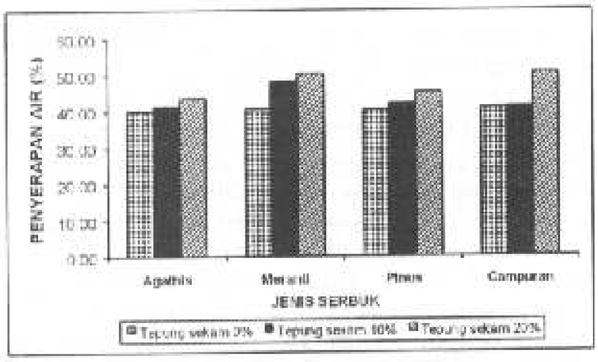
Tabel 4 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai penyerapan air dan pengembangan tebal tertinggi diperoleh dari kayu lapis yang menggunakan perekat dengan tepung sekam 20% yaitu 50,69% untuk penyerapan air dan 8,88% untuk pengembangan tebal. Penyerapan air dan pengembangan tebal yang tinggi tidak diharapkan, karena keteguhan rekat yang dihasilkan rendah.

Tabel 4. Nilai rata-rata penyerapan air dan pengembangan tebal

Jenis Serbuk	Penyerapan Air (%)			Pengembangan Tebal (%)		
	0%	10%	20%	0%	10%	20%
Agathis	40,09	41,34	43,70	5,12	5,93	6,01
Meranti	40,62	48,15	50,33	6,62	8,31	8,87
Pinus	40,27	42,08	45,21	6,19	6,65	7,26
Campuran	40,79	41,15	50,69	6,29	6,88	7,43

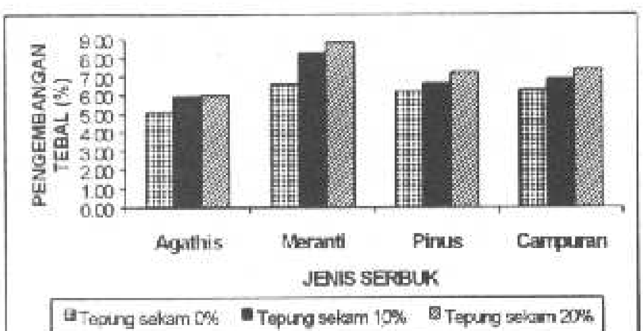
Nilai penyerapan air dan pengembangan tebal mempengaruhi kembang susut kayu lapis. Kembang susut yang tinggi akan menurunkan kualitas ikatan, sehingga keteguhan rekatnya rendah. Tahir *et al.* (1998) menyatakan bahwa kembang susut kayu yang banyak dipengaruhi oleh penyerapan dan pelepasan molekul air oleh kayu akan menyebabkan penurunan keteguhan rekat, sebab kembang susut ini akan menghasilkan tegangan yang akan menyerang garis rekat.

Nilai penyerapan air dan pengembangan tebal pada kayu lapis dipengaruhi oleh penyerapan air dan pengembangan tebal venir penyusunnya serta sifat perekat yang digunakan. Dalam hal ini perekat yang dipakai menggunakan tepung sekam sebagai *filler*-nya.



Gambar 3. Diagram batang penyerapan air kayu lapis

Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan suatu kecenderungan peningkatan penyerapan air dan pengembangan tebal dengan ditambahkannya tepung sekam. Sekam merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis, terdiri dari dua belahan lemma dan palea yang saling bertautan (Abbas *et al.*, 1985). Lebih lanjut dijelaskan oleh Somaatmadja (1980), bahwa sekam mengandung 40% selulosa, 30% lignin dan 20% abu. Dilihat dari bahan penyusunnya yang tidak jauh berbeda dengan kayu, maka peningkatan penyerapan air dan pengembangan tebal diatas dapat dijelaskan. Seperti halnya kayu, sekam yang mengandung selulosa dan bersifat higroskopik juga dapat berikatan dengan air.



Gambar 4. Diagram batang pengembangan tebal kayu lapis

Ikatan yang terbentuk antara selulosa dan air adalah ikatan hidrogen. Penyerapan air oleh selulosa pada tepung sekam tergantung pada jumlah gugus-gugus -OH bebas atau lebih tepat pada gugus-gugus –OH selulosa yang tidak terikat satu dengan lainnya (Fengel, 1995). Masuknya air kedalam struktur selulosa berarti pembengkakan struktur yang tampak sebagai pengembangan tebal pada kayu lapis. Selain itu, hal penting yang perlu mendapat perhatian adalah adanya pelarut-pelarut non-polar seperti fenol pada perekat. Pelarut seperti fenol apabila tidak bereaksi secara sempurna dengan formalin maka justru akan menghalangi pembentukan ikatan –H intermolekul selulosa selama pengeringan, sehingga gugus-gugus –OH pada selulosa akan menjadi sangat reaktif dan mudah berikatan dengan air.

Untuk mengetahui pengaruh jenis serbuk dan persentase tepung sekam terhadap penyerapan air dan pengembangan tebal dilakukan analisis ragam seperti pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Analisis ragam penyerapan air kayu lapis

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F	Pr>F
Jenis serbuk(A)	3	190,551184	63,55039	1,55	0,2139
% Tepung sekam (B)	2	504,223421	252,11171	6,15	0,0042**
AB	6	167,077901	27,84623	0,68	0,6672
Galat	48	1968,618697	41,01289		
Total	59	2830,571203			

Tabel 6. Analisis ragam pengembangan tebal kayu lapis

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F	Pr>F
Jenis serbuk(A)	3	38,147628	12,715876	21,93	0,0001**
% Tepung sekam (B)	2	18,638940	9,319470	16,07	0,0001**
AB	6	3,800379	0,633396	1,09	0,3805
Galat	48	27,828100	0,579752		
Total	59	88,415048			

Keterangan : (**) : sangat nyata

Berdasarkan kedua tabel di atas ternyata persentase tepung sekam berpengaruh sangat nyata terhadap penyerapan air, sedangkan pengembangan tebal dipengaruhi dengan sangat nyata oleh jenis serbuk dan persentase tepung sekam.

Hasil pengujian lebih lanjut terhadap pengaruh-pengaruh sederhana dengan Uji Wilayah Berganda Duncan diketahui bahwa penambahan tepung sekam 20% mempunyai rata-rata penyerapan air tertinggi. Pengaruh perlakuan tersebut berbeda nyata dengan pengaruh penambahan tepung sekam 0% dan 10%, meskipun penambahan tepung sekam 0% memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata dengan penambahan tepung sekam 10%, tetapi mempunyai nilai rata-rata yang lebih kecil. Dengan kata lain semakin banyak tepung sekam ditambahkan, maka semakin banyak air diserap.

Sedangkan untuk pengembangan tebal, serbuk pinus dan campuran memberikan pengaruh yang sama, tetapi berbeda dengan serbuk meranti yang mempunyai nilai respon paling tinggi yaitu 7,93%. Sementara penambahan tepung sekam 10% dan 20% tidak memberikan pengaruh yang berbeda, tapi pengaruh keduanya berbeda dengan penambahan tepung sekam 0%.

(3) Keteguhan Rekat Kayu Lapis

a. Keteguhan rekat kayu lapis interior II

Nilai rata-rata keteguhan rekat kayu lapis pada kondisi kering dapat dilihat pada Tabel 7. Dari tabel tersebut diketahui bahwa nilai keteguhan rekat dengan uji kering untuk semua perlakuan telah memenuhi syarat yang ditetapkan standar mutu kayu lapis penggunaan umum dalam SNI 01-2704-1992. Dalam standar tersebut nilai keteguhan rekat kayu lapis interior II minimal harus 7 kgf/cm^2.

Tabel 7. Nilai rata-rata keteguhan rekat kayu lapis interior II

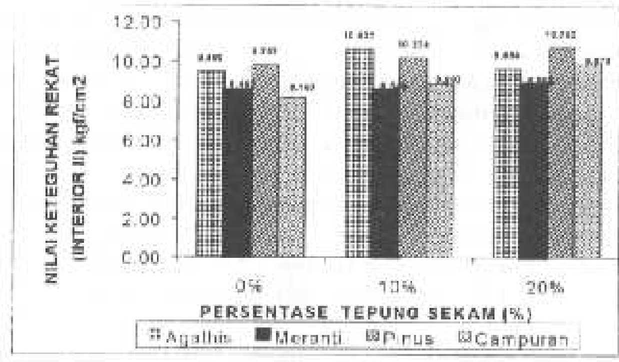
Jenis Serbuk	Persentase Tepung Sekam		
	0%	10%	20%
Agathis	9,49	10,63	9,69
Meranti	8,49	8,54	8,86
Pinus	9,79	10,23	10,76
Campuran	8,17	8,90	9,87

Secara umum pada Tabel 7 terlihat bahwa nilai rata-rata keteguhan rekat interior II meningkat dengan penambahan tepung sekam. Nilai rata-rata tertinggi untuk semua jenis serbuk kecuali serbuk kayu agathis diperoleh dari perekat dengan persentase tepung sekam 20%.

Kenyataan tersebut membuktikan teori Filoteo (1972), bahwa suatu bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan ke dalam perekat dapat memperbaiki sifat campuran perekat seperti permanensi dan keteguhan. Menurut Brown *et al.* (1952) hal tersebut terjadi karena bahan pengisi dapat memperbanyak pengisian celah-celah atau pori-pori pada permukaan kayu bertekstur kasar.

Dengan penambahan tepung sekam 20% maka viskositas perekat sangat tinggi, sehingga mengurangi penetrasi perekat ke dalam kayu. Hal ini menyebabkan perekat lebih banyak di permukaan. Dengan kondisi tersebut dan selama tidak dilakukan perendaman atau kontak dengan air maka kekuatan ikatan menjadi lebih baik.

Dari beberapa pendapat tersebut maka tidak aneh bila penambahan tepung sekam dapat meningkatkan keteguhan rekat kayu lapis tipe interior II. Sedangkan perekat dari jenis serbuk Agathis mempunyai nilai keteguhan rekat tertinggi yang dihasilkan oleh perekat dengan persentase tepung sekam 10%. Hal ini terjadi karena penambahan bahan pengisi dalam hal ini tepung sekam lebih dari 10% berdasarkan berat perekat justru menurunkan keteguhan rekat walaupun hasilnya masih baik. Selain itu jenis serbuk yang diliquifikasi juga dapat berpengaruh terhadap penentuan jumlah tepung sekam yang harus ditambahkan.



Gambar 5. Diagram batang nilai keteguhan rekat kayu lapis interior II

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai keteguhan rekat interior II untuk setiap jenis serbuk juga agak berbeda. Perbedaan ini terjadi karena perbedaan komposisi zat kayu masing-masing jenis, sehingga perekat yang dihasilkan dari proses yang sama juga berbeda. Perbedaan ini sebenarnya terletak pada sempurna tidaknya proses liquifikasi, dan ini juga tergantung pada bahan yang diliquifikasi sebagaimana dikemukakan Martawijaya (1989) tentang komposisi kimia kayu Agathis, Pinus, dan Meranti. Diantara ketiga jenis kayu tersebut hanya Meranti yang jarang atau bahkan tidak mengandung damar dan kayunya tidak dapat larut dalam NaOH 1%. Menurut Achmadi (1990), resin dalam saluran getah pinus mencapai 70-80%, sedangkan pada Agathis kadar terpenanya lebih tinggi dibanding damar yaitu 70%.

Untuk mengetahui pengaruh jenis serbuk dan persentase tepung sekam terhadap respon keteguhan rekat tipe interior II dilakukan analisis ragam seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisis ragam keteguhan rekat kayu lapis interior II

Sumber keragaman	DB	JK	KT	F	Pr>F
Jenis serbuk(A)	3	26,783135	8,927711	8,71	0,0001**
% Tepung sekam (B)	2	7,073122	3,536560	3,45	0,0398*
AB	6	6,762795	1,127133	1,10	0,3765
Galat	48	49,204733	1,025099		
Total	59	89,823793			

Keterangan : (**) : sangat nyata; (*) : nyata

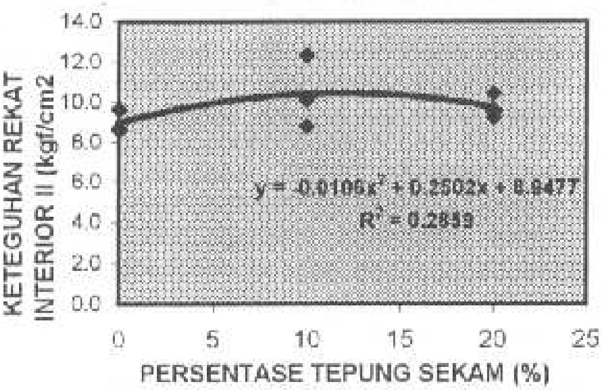
Tabel 8 menunjukkan bahwa jenis serbuk berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan rekat tipe interior II, sedangkan persentase tepung sekam berpengaruh nyata. Untuk menguji perbedaan pengaruh-pengaruh setiap perlakuan maka dilakukan Uji Wilayah Berganda Duncan. Dari uji lanjut tersebut diperoleh hasil bahwa jenis serbuk agathis dan pinus memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan serbuk meranti dan campuran. Sementara persentase tepung sekam 0% memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan persentase tepung sekam 20%, namun keduanya tidak berbeda pengaruhnya dengan persentase tepung sekam 10%.

Untuk menunjukkan hubungan antara penambahan persentase tepung sekam pada setiap jenis serbuk dengan keteguhan rekat kayu lapis interior II, maka persamaan-

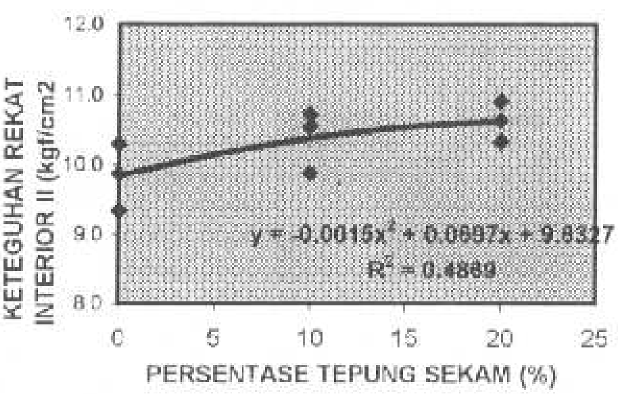
persamaan regresinya dapat dilihat pada Tabel 9. Dengan membandingkan nilai R^2 dari masing-masing model persamaan regresi pada Tabel 9, maka terlihat bahwa nilai R^2 tertinggi diperoleh dari model persamaan kuadratik. Artinya model persamaan tersebut lebih mewakili sebaran nilai rata-rata keteguhan rekat interior II, sehingga lebih dapat digunakan untuk menunjukkan hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekatnya. Grafik hubungan persentase tepung sekam dan keteguhan rekat interior II dapat dilihat pada gambar di bawah.

Tabel 9. Persamaan regresi nilai keteguhan rekat (Interior II)

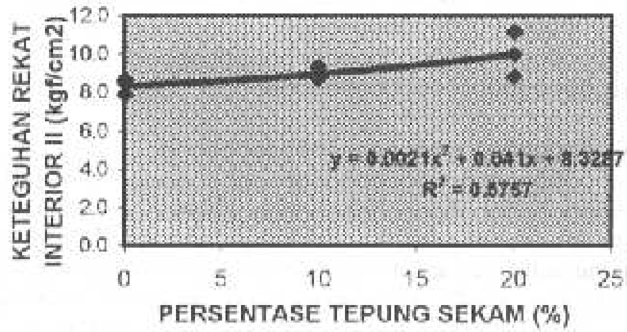
Jenis Serbuk	Persamaan Regresi		R^2	
	Linier	Kuadratik	Linier	Kuadratik
Agathis	Y= 0,0384X + 9,301	Y= -0,0106X² + 0,2502X + 8,9477	0,0807	0,2859
Meranti	Y= 0,0395X + 9,883	Y= -0,0015X² + 0,0697X + 9,8327	0,4842	0,4869
Pinus	Y= 0,0837X + 8,257	Y= 0,0021X² + 0,041X + 8,3287	0,5634	0,5757
Campuran	Y= 0,0402X + 8,461	Y= 0,003X² – 0,0202X + 8,562	0,2143	0,2546



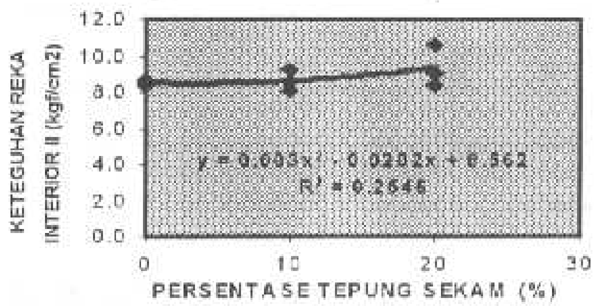
Gambar 6. Grafik hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat kayu lapis interior II, menggunakan perekat dari serbuk kayu *Agathis* sp



Gambar 7. Grafik hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat kayu lapis interior II, menggunakan perekat dari serbuk kayu Meranti



Gambar 8. Grafik hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat kayu lapis interior II, menggunakan perekat dari serbuk kayu *Pinus* sp.



Gambar 9. Grafik hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat kayu lapis interior II, menggunakan perekat dari serbuk kayu campuran (*Agathis* sp., *Shorea* sp., dan *Pinus* sp.)

Dengan persamaan regresi tersebut maka untuk masing-masing jenis serbuk dapat ditentukan berapa persen tepung sekam yang harus ditambahkan agar perekat tetap mempunyai kekuatan yang memenuhi syarat tetapi lebih ekonomis.

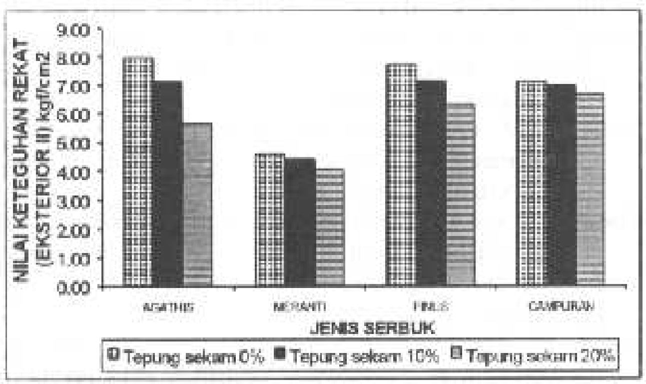
b. Keteguhan rekat kayu lapis eksterior II

Tabel 10 menunjukkan bahwa tidak semua nilai rata-rata keteguhan rekat kayu lapis yang diuji memenuhi persyaratan SNI 01-2704-1992 untuk kayu lapis eksterior II, dimana nilai keteguhan rekat eksterior II berkisar antara 4.06 - 7.99 kgf/cm². Selain itu ada nilai keteguhan rekat yang berada di bawah 7 kgf/cm² sebagaimana disyaratkan, sehingga perlu diperhitungkan persentase kerusakan kayunya.

Persen kerusakan kayu pada kayu lapis dengan perekat dari serbuk kayu meranti dan tepung sekam 20% yang mempunyai nilai keteguhan rekat di bawah standar adalah 0%, hal ini menjelaskan bahwa perekat dari serbuk kayu meranti dan tepung sekam 20% tidak memenuhi standar sehingga tidak dapat digunakan untuk keperluan kayu lapis eksterior.

Tabel 10. Nilai rata-rata keteguhan rekat (eksterior II) dan persentase kerusakan kayu

Jenis Serbuk	Persentase Tepung Sekam (%)	Keteguhan Rekat Eksterior II (kgf/cm^2)	Kerusakan Kayu (%)
Agathis	0	7,99	0
	10	7,13	0
	20	5,64	0
Meranti	0	4,64	0
	10	4,44	0
	20	4,06	0
Pinus	0	7,72	40
	10	7,16	0
	20	6,32	0
Campuran	0	7,12	0
	10	7,00	0
	20	6,67	0



Gambar 10. Diagram batang nilai keteguhan rekat eksterior II

Gambar 10 memperlihatkan adanya suatu kecenderungan semakin rendahnya nilai keteguhan rekat dengan semakin besarnya persen tepung sekam yang ditambahkan. Kecenderungan ini berhubungan dengan tepung sekam yang bersifat higroskopis, semakin banyak tepung sekam yang ditambahkan maka semakin banyak air yang dapat diserap perekat. Hal ini dapat dilihat pada nilai penyerapan air yang semakin besar. Air yang diserap perekat dan berikatan dengan selulosa dalam tepung sekam menyebabkan turunnya nilai keteguhan rekat perekat.

Apabila dilihat dari viscositasnya, maka perekat dengan tepung sekam 20% mempunyai nilai viskositas yang tinggi. Viskositas yang tinggi dapat menurunkan kemampuan penetrasi perekat, sehingga perekat tidak dapat masuk dengan baik kedalam kayu dan tidak dapat membentuk ikatan yang kuat dengan kayu.

Menurut Houwink dan Solomon (1965), jumlah bahan pengisi yang ditambahkan dalam campuran perekat bergantung pada kerapatan, ukuran partikel dan bentuk partikel bahan pengisi. sedangkan jumlah maksimum bahan pengisi yang ditambahkan tergantung dari kekuatan atau ketahanan terhadap beberapa pengaruh yang diinginkan. Susunan kimia bahan pengisi juga berpengaruh terhadap jumlah bahan pengisi yang ditambakan dalam campuran perekat.

Tabel 11. Analisis ragam keteguhan rekat kayu lapis eksterior II

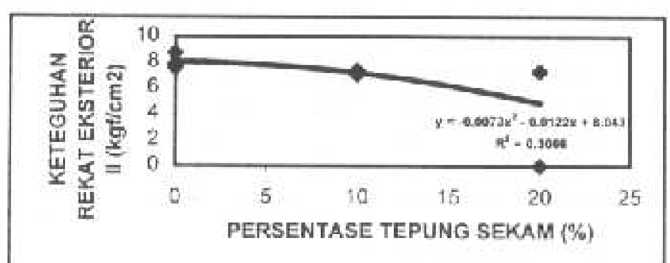
Sumber keragaman	DB	JK	KT	F	Pr>F
Jenis serbuk(A)	3	1,972860	0,65762	3,21	0,0041**
% Tepung sekam (B)	2	7,725134	3,86257	18,85	0,2441**
AB	6	1,758880	0,29315	1,43	0,2265
Gulat	41	8,402304	0,20493		
Total	52	19,859179			

Tabel 11 mengindikasikan bahwa jenis serbuk berpengaruh sangat nyata terhadap keteguhan rekat eksterior II, sedangkan perentase tepung sekam dan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat eksterior II. Dalam pengujian lebih lanjut terhadap pengaruh- pengaruh sederhana dengan Uji Duncan diketahui bahwa serbuk agathis memberi pengaruh yang berbeda dengan serbuk kayu campuran. Dari ke empat jenis serbuk kayu, nilai keteguhan rekat eksterior II tertinggi (7.99 kgf/cm2) didapat dari jenis serbuk agathis dan terendah dihasilkan oleh serbuk kayu meranti yaitu 4.06 kgf/cm^2.

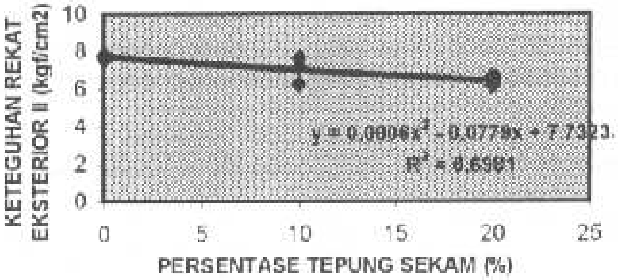
Dengan membandingkan nilai R^2 dari masing-masing model persamaan regresi pada Tabel 12, maka terlihat bahwa nilai R^2 tertinggi diperoleh dari model persamaan kuadratik. Artinya model persamaan tersebut lebih mewakili sebaran nilai rata-rata keteguhan rekat eksterior II, sehingga lebih dapat digunakan untuk menunjukkan hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekatnya. Grafik hubungan persentase tepung sekam dan keteguhan rekat eksterior II dapat dilihat pada gambar di bawah.

Tabel 12. Persamaan regresi nilai keteguhan rekat (Eksterior II)

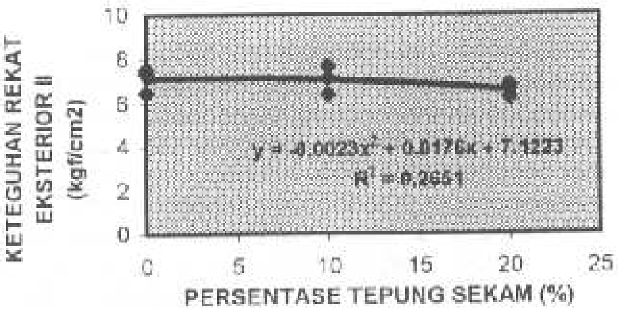
Jenis Serbuk	Persamaan Regresi: Linier	Persamaan Regresi: Kuadratik	R^2: Linier	R^2: Kuadratik
Agathis	Y= -0,1583X + 8,287	Y= -0,0073X^2 - 0,0122X + 8,043	0,2863	0,3066
Pinus	Y= -0,0663X + 7,713	Y= 0,0006x^2 - 0,0779x + 7,7323	0,6963	0,6981
Campuran	Y= -0,0233X + 7,199	Y= -0,0023x^2 + 0,0176x + 7,1223	0,2175	0,2631



Gambar 11. Grafik hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat kayu lapis eksterior II, menggunakanperekat dari serbuk kayu *Agathis* sp.



Gambar 12. Grafik hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat kayu lapis eksterior II, menggunakan perekat dari serbuk kayu *Pinus* sp.



Gambar 13. Grafik hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat kayu lapis eksterior II, menggunakan perekat dari serbuk kayu campuran (*Agathis* sp., *Shorea* sp. dan *Pinus* sp.)

Gambar di atas menunjukkan hubungan antara persentase tepung sekam dengan keteguhan rekat eksterior II untuk masing- masing jenis serbuk. Hubungan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan–persamaan yang terdapat pada Tabel 10. dan grafik pada gambar di atas diketahui bahwa nilai keteguhan rekat eksterior II tertinggi dihasilkan oleh perekat dari serbuk agathis dan persentase tepung sekam 0%. Artinya perekat yang lebih banyak mengandung fenol yang mempunyai daya rekat paling kuat bila kayu lapis dalam kondisi basah. Hal ini terjadi karena fenol merupakan pelarut non-polar yang bersifat menolak air (Fengel. 1995).

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Untuk menghasilkan perekat yang memenuhi syarat kualitas SNI 06-0121-1987, serbuk kayu *Agathis* sp., *Shorea* sp., *Pinus* sp. dan campurannya dapat dilikuifikasi pada suhu 100°C selama kurang lebih 30 menit dengan asam sulfat sebagai katalisnya. Perekat likuifik kayu tanpa tepung sekam telah memenuhi syarat kualitas di atas.
2. Kayu lapis meranti merah menggunakan perekat hibrida meranti memenuhi persyaratan SNI 01- 2704 - 1992
3. Jenis serbuk dan persentase tepung sekam yang digunakan dalam proses likuifikasi berpengaruh terhadap pengembangan tebal, kadar air, keteguhan rekat kayu lapis interior II dan eksterior II.
4. Perekat hibrida dari semua serbuk kayu layak untuk membuat kayu lapis interior II, sedangkan kayu lapis eksterior II hanya dapat dibuat dari perekat likuida Agathis, Pinus dan campuran keduanya.
5. Penambahan tepung sekam sebagai filter dapat dilakukan sampai dengan 10% dari berat perekat.

DAFTAR PUSTAKA

Abbas, S., A. Halim dan S. Amidarmo. 1985. Limbah Pertanian Padi. Kantor Mentri Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan. Jakarta.

Achmadi, S. 1990. Kimia Kayu. Ilmu Hayat Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor. Bogor.

AIFTA. 1993. Directory 1993. AIFTA Jakarta.

APKINDO. 1999. Directory 1999. APKINDO Jakarta.

Badan Pusat Statistik. 1997. Statistik Industri Besar dan Sedang. Vol. III. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Badan Pusat Statistik. 1998. Statistik Indonesia. Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Brown, H.P., A.J. Panshin dan C.C. Forsaith. 1952. Textbook of Wood Technology. Vol. II. Mac Craw Hill Book co., New York.

DPHH. 1989. Pemanfaatan Limbah Eksploitasi. Chapter : VII. Pemanfaatan Limbah Kayu. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Febrianto, F and Y.S. Hadi. 1999. Forest Resource and Supply of Timber from Man Made Forest in Indonesia. Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.

Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. Kayu : Kimia. Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi. Gadjah Mada University Press. Yogjakarta.

Filoteo, A.G. 1972. Filler and Extender. FORPRIDECON Technical Note. Forest Products Research and Industries Development Comission. Philippines.

Houwink, R. and G. Solomon. 1967. Adhesion and Adhesives. Elsevier Publishing Company. New York.

ISA. 1997. Export Directory to Indonesian Sawmill and Wood Working Association 1997. Jakarta.

Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi dan A.J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology. Vol. II. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir, dan S.A. Prawira. 1981. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Balai Penelitian Hasil Hutan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor-Indonesia.

Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir, dan S.A. Prawira. 1989. Atlas Kayu Indonesia Jilid II. Departemen Kehutanan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

Padlinurjaji, I.M. 1989. Limbah Industri Sawmill. Chapter : X. Pemanfaatan Limbah Kayu. Fakultas Kehutana IPB. Bogor.

Pu, S. Yoshioka, M. Tanihara, Y. and Shiraishi, N. 1991. Liquifaction of Wood in Phenol and Its Application to Adhesives. USDA Forest Service, Southerm Fprest Experient Station and Japan Wood Research Society. Settle, Washington.

Pu, S., Yoshioka, M. Shiraishi, N. 1998. Liquifaction of Wood Without a Catalyst III. Resinification of The Liquefied Wood Water-Soluble Phenolic Resin Adhesives. Externsion Series No : 96. Hal. 126-132. Adhesive Technology and Bonded Tropical Wood Products. Taiwan Forest Research Institute Taipe, Taiwan. ROC.

Ruhendi, S. 1980. Perekat dan Perekatan. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Somaatmadja, D. 1980. Sekam Gabah sebagai Bahan Industri. Komunikasi Balai Penelitian Kimia Bogor. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Departemen Perindustrian. Bogor.

Sutigno, P. 1988. Perekat dan Perekatan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.

Tahir, P. Md. Sahri and Ashari. 1998. gluability of Less Used and Fast Growing Tropical Plantation Hardwood Species. Adhesives Tecnology and Bonded Tropical Wood Products. Taiwan Forestry Research Institut (TFRI). Extension Series 96: 300-310.

Vick, C.B. 1999. Adhesive Bonding of Wood Material. Chapter : IX. *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material.* Forest Product Society. USA.

Widiana, Y.R. 1998. Penggunaan Perekat Wood Liquids dalam Pembuatan Kayu Lapis Meranti Merah (*Shorea* sp.). Skripsi S1 Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.