ISSN 0853-9723

JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI

EMAS

ELEKTRO MESIN ARSITEKTUR SIPIL

Implementasi Teknologi Hibrid Film Tebal pada Rangkaian Filter High Pass Butterworth Orde Dua
Agung Darmawansyah

Sistem Pengenal Huruf Katakana BerbasisisNeuto-Fuzzy
Lanny W. Pandjaitan, Antonius Danny

Pembentukan Sel Mesin Berdasarkan *Part Routing* Menggunakan Alforitma *Simulated Annealing*
Henry Pantas Panggabean . . . . . .

Pengembangan Kolektor Surya Pelat-Datar Pemanas Udara untuk Proses Pengeringan Hasil Pertanian
M. Sumarsono

The Influence of Building and Vegetation Shade on Human Activities in an Outdoor Space. The Case of Outdoor Space in the Campus of Trisakti University in Jakarta, Indonesia
Agus Budi Purnomo

Permasalahan Konservasi dalam Arsitektur dan Perkotaan
Antariksa

Optimasi Pembuatan Kayu Lamina dengan Menggunakan Perekat Non Formaldehida
Suhasman, Surdiding Ruhendi, dan James Rilatupa

Estimation of Accident Possibility on Highway by Support of Neural-Fuzzy-Classification Method
Efendy Tambunan

Vol. 15 • No. 1 • Februari 2005, • Hal 1 - 108

JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI
EMAS

ISSN 0853-9723
SK Akreditas Dirjen Dikti
No. 39/Dikti/Kep/2004

Penerbit:
Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia, Jakarta

Redaksi Pelaksana:
Charles O. P. Marpaung (Ketua)
Lolom E. Hutabarat (Sekretaris)
Edison Ambarita (Anggota)
Erikson Samosir (Anggota)
Sahala Simatupang (Anggota)
Efendy Tambunan (Anggota)

Penyunting Ahli:
K. Tunggul Sirait (UKI)
Sutarso (ITB)
H. M. Soeryono (IPB)
Uras Siahaan (UKI)
Wibowo Paryatmo (Univ. Pancasila)
Atmonobudi Soebaglo (UKI)
Yuskar Lase (UI)
B.H.W. Hadikusumo (AIT)
S.M. Doloksaribu (UKI)

Sekretariat:
Floura Latumeten
Kemo Suharsoyo

Alamat Redaksi:
Sekretariat Jurnal Sains dan Teknologi EMAS,
Gedung Fakultas Teknik UKI
Jl. Mayjen Sutoyo,
Cawang, Jakarta Timur 13630
I N D O N E S I A
Telp. +62-21 8009190/8092425
Pes. 404
Faks. +62-21 8094074
Email: ft-uki@centrin.net.id
Homepage: www.uki.ac.id

PENGANTAR REDAKSI

Pembaca yang budiman,

Tanpa terasa kita sudah melewati beberapa bulan pada tahun 2005 ini. Jurnal EMAS yang ada di tangan pembaca pada saat sekarang ini adalah Jurnal EMAS terbitan pertama pada tahun 2005 ini. Ada 8 tulisan yang dimuat dalam Jurnal EMAS terbitan sekarang ini yang kami pilih dari sekian banyak tulisan yang tim redaksi terima dari berbagai penulis yang berasal dari berbagai institusi baik dalam maupun luar negeri. Tulisan-tulisan yang dimuat dalam Jurnal EMAS tersebut diseleksi berdasarkan yang duluan masuk ke meja redaksi dan juga berdasarkan kelayakan setelah diperiksa oleh tim *referee*. Dari kedelapan tulisan tersebut, tiga tulisan erat kaitannya dengan Teknik Elektro, satu tulisan berhubungan dengan Teknik Mesin, sedangkan tulisan yang ruang lingkupnya Teknik Arsitektur dan Teknik Mesin masing-masing ada dua buah.

Pada kesempatan ini juga kami hendak menyampaikan permohonan maaf atas kesalahan cetak pada abstrak dengan judul METODE ALIRAN PERMUKAAN SATU DIMENSI UNTUK MEMPREDIKSI DEBIT ALIRAN PERMUKAAN AKIBAT HUJAN BERLEBIHAN yang dimuat pada Vo. 14 No. 3 Agustus 2004. Sekaligus juga kami melampirkan ralat terhadap abstrak dari tulisan Sdr. Sumiharni yang diterbitkan pada Jurnal EMAS Vol. 14 No. 3 Agustus 2004.

Selamat membaca.

Salam,
Redaksi

JURNAL SAINS DAN TEKNOLOGI
EMAS
ELEKTRO MESIN ARSITEKTUR SIPIL

DAFTAR ISI

Editorial

Implementasi Teknologi Hibrid Film Tebal pada Rangkaian Filter High Pass Butterworth Orde Dua
Agung Darmawansyah ..... 01 - 13

Sistem Pengenal Huruf Katakana BerbasisisNeuto-Fuzzy
Lanny W. Pandjaitan, Antonius Danny ..... 14 - 28

Pembentukan Sel Mesin Berdasarkan *Part Routing* Menggunakan Alforitma *Simulated Annealing*
Henry Pantas Panggabean ..... 29 - 45

Pengembangan Kolektor Surya Pelat-Datar Pemanas Udara untuk Proses Pengeringan Hasil Pertanian
M. Sumarsono ..... 46 - 54

The Influence of Building and Vegetation Shade on Human Activities in an Outdoor Space. The Case of Outdoor Space in the Campus of Trisakti University in Jakarta, Indonesia
Agus Budi Purnomo ..... 55 - 63

Permasalahan Konservasi dalam Arsitektur dan Perkotaan
Antariksa ..... 64 - 78

Optimasi Pembuatan Kayu Lamina dengan Menggunakan Perekat Non Formaldehida
Suhasman, Surdiding Ruhendi, dan James Rilatupa 79 - 94

Estimation of Accident Possibility on Highway by Support of Neural-Fuzzy-Classification Method
Efendy Tambunan ..... 95 - 108

OPTIMASI PEMBUATAN KAYU LAMINA DENGAN MENGGUNAKAN PEREKAT NON FORMALDEHIDA

Suhasman[1], Surdiding Ruhendi[2], dan James Rilatupa[3]

ABSTRACT

The wood product emission which used adhesive formalehyde based have potential impact to the human health. Therefore, we need to develop the optimal application of an adhesive type without this compound. The objective of this study is to know gluability laminated of wood from fast growing species by using non formaldehyde. Materials which used consist of 3 fast growing species namely : Acasia (Acacia mangium, Willd), Gmelina (Gmelina arborea Roxb), and Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen). The adhesives studied were polyurethane, polyvinyl acetat, and polystirene, with three level pressing time: 30 minutes, 45 minutes and 60 minutes. The specimen and testing method used JAS Standards 234 (2003). The Parameter measured was bond strength. The result shown that the effect of adhesives type to bond strength significantly, also pressing time, while wood species didn't. On dried specimen conditioning testing, the best bond strength achieved by using polyuretane adhesives with pressing time 45 minutes. The range of bond strength from 58,7 to 78,3 kg/cm2, with mean 69,8 kg/cm2. The best of pressing time of polyvinil acetat was 30 minutes. Its bond strentgh ranged 8,5 to 75,8 kg/cm2, with mean 46,5 kg/cm2. The bond strength achieved by using polystirene was approximately from 2,7 to 6,3 kg/cm2. and the pressing time not significant affect. The CWAH values indicated positive correlation with bond strength for these three species.

Keywords: Adhesives, Non formaldehyde, Laminated wood, Fast growing species.

ABSTRAK

Emisi produk kayu yang menggunakan perekat berbasis formaldehida potensial membahayakan kesehatan. Oleh karena itu perlu dikembangkan penggunaan jenis perekat yang tidak mengandung senyawa tersebut. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui keterekatan kayu lamina jenis kayu daur pendek dengan menggunakan perekat non formaldehida. Bahan yang digunakan terdiri dari 3 jenis kayu daur pendek yaitu : Akasia (Acacia mangium Willd), Gmelina (Gmelina arborea Roxb.), dan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen). Perekat yang digunakan juga terdiri dari 3 jenis yaitu : poliuretan, polivinil asetat dan polistirena, sedangkan waktu kempa terdiri dari 3 level yaitu 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Pembuatan contoh uji dan pengujian menggunakan standar JAS No. 234 tahun 2003. Parameter yang diukur adalah keteguhan rekat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis perekat berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat, demikian pula dengan waktu kempa, sedangkan jenis kayu tidak

[1] Dosen Jurusan Kehutanan Fapertahut. Unhas
[2] Dosen Departemen Teknologi Hasil Hutan Fahutan IPB
[3] Dosen Jurusan Arsitektur Fak. Teknik UKI

berpengaruh. Pada pengujian sampel dalam kondisi kering, keteguhan rekat terbaik diperoleh dengan menggunakan perekat poliuretan dengan waktu kempa 45 menit. Nilai keteguhan rekat berkisar antara 58,7 – 78,3 kg/cm² dengan nilai rata-rata 69,8 kg/cm². Waktu kempa terbaik untuk perekat polivinil asetat adalah 30 menit. Nilai keteguhan rekat berkisar antara 8,5 – 75,8 kg/cm² dengan nilai rata-rata 46,5 kg/cm². Keteguhan rekat yang diperoleh dengan menggunakan perekat polistirena rata-rata berkisar antara 3,7 – 6,3 kg/cm² dan waktu kempa tidak berpengaruh nyata. Nilai CWAH ketiga jenis kayu berkorelasi positif dengan keteguhan rekat.

Kata Kunci : Perekat, tanpa formaldehida, kayu lamina, kayu daur pendek

1. PENDAHULUAN

Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan bahan baku kayu sebagai material bangunan yang terus meningkat dari tahun ke tahun adalah dengan mengembangkan pemanfaatan kayu-kayu dari Hutan Tanaman Industri (HTI) yang umumnya berdaur pendek. Data Departemen Kehutanan yang dikutip oleh Laban (2003) menunjukkan bahwa realisasi luas HTI saat ini telah mencapai 2,5 juta hektar dengan jenis tanaman utama seperti : akasia, sengon, gmelina, karet, leda, dan sungkai. Efisiensi penggunaan bahan baku tersebut antara lain dilakukan melalui pengembangan teknologi pengolahan kayu. Salah satu jenis produk yang dapat digunakan sebagai material bangunan adalah kayu lamina. Pembuatan kayu lamina ini dilakukan dengan menggunakan perekat, oleh karena itu perkembangan teknologi pengolahan kayu perlu dibarengi dengan pengembangan teknologi perekatan.

Dewasa ini kebanyakan perekat yang digunakan adalah perekat sintetis yang mengandung senyawa formaldehida seperti : urea formaldehida, melamin formaldehida, dan phenol formaldehida. Dari 5,8 milyar lbs konsumsi perekat pada tahun 1999 hanya sekitar 0,2 lbs diantaranya yang tidak berbasis formaldehida (Li, 2002). Dari aspek lingkungan, senyawa ini menimbulkan permasalahan karena sifatnya yang mudah lepas ke udara ketika produk tersebut digunakan, sehingga menimbulkan emisi. Emisi formaldehida potensial sebagai penyebab kanker dan membahayakan kesehatan manusia, menyebabkan iritasi pada mata dan kerongkongan dan gangguan pernapasan (Marutzky, 1989 ; Meyer et al., 1986; Henderson, 1979; Baumann et al, 2000; dalam Li, 2002).

Untuk mengatasi masalah tersebut upaya untuk mengembangkan jenis perekat non formaldehida terus dilakukan. Beberapa jenis perekat non formaldehida yang saat ini telah banyak digunakan antara lain adalah poliuretan, polistirena, dan polyvinil asetat. Menurut Bodig (1962) dan Ruhendi (1983) keterbasahan (wettability) kayu berhubungan dengan kekuatan rekat setiap jenis kayu, sehingga terdapat kemungkinan perekat sejenis memiliki kinerja yang berbeda jika diaplikasikan pada jenis kayu yang berbeda. Disamping itu faktor seperti waktu kempa juga dapat mempengaruhi kualitas kayu lamina yang dihasilkan. Oleh karena itu untuk menguji kinerja beberapa jenis perekat, dilakukan pengujian pada kayu daur pendek dari HTI yaitu akasia, gmelina, dan sengon.

Dengan latar belakang sebagaimana diuraikan di atas maka penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk : (1) mengetahui keterekatan kayu lamina dari jenis daur pendek dengan menggunakan perekat non formaldehida dan (2) mendapatkan kondisi optimal aplikasi beberapa jenis perekat non formaldehida terhadap berbagai jenis kayu daur pendek.

2. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan terdiri dari 3 jenis kayu daur pendek yaitu Sengon *(Paraserianthes falcataria L. Nielsen)*, Akasia *(Acacia mangium Willd)*, dan Gmelina, *(Gmelina arborea Roxb.)* masing-masing dengan umur antara 8 – 10 tahun serta diameter 25 – 35 cm. Perekat yang digunakan terdiri dari 3 jenis perekat non formaldehida yaitu *poliuretan, polistirena,* dan *plivinil asetat.*

Penelitian dilakukan dengan menggunakan analisis faktorial 3 x 3 x 3 dalam pola acak lengkap. Faktor waktu kempa (faktor A) terdiri dari 3 taraf yaitu 30 menit (a_1), 45 menit (a_2), dan 60 menit (a_3), jenis perekat (faktor B), terdiri dari 3 taraf yaitu *poliuretan* (b_1), *polistirena* (b_2), dan *polivinil asetat* (b_3), serta jenis kayu (faktor C) terdiri dari 3 taraf yaitu kayu sengon (c_1), akasia (c_2), dan gmelina (c_3). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Jika terdapat faktor yang berpengaruh dalam pengujian maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Duncan.

2.1. Penyiapan Kayu

Kayu yang digunakan adalah kayu yang telah ditebang sekitar 8 bulan sebelumnya. Akasia berasal dari Darmaga sedangkan Gmelina dan Sengon berasal dari Cinangneng Bogor Jawa Barat. Ketiga jenis tersebut tersimpan dalam bentuk papan dengan tebal ± 5 cm, lebar 25 – 35 cm dan panjang 1,5 – 2 m. Dari setiap jenis dibuat balok stick ukuran 5 cm x 5 cm x 1,25 m dan dibiarkan selama 2 minggu sebelum dirakit lebih lanjut. Balok yang telah dikondisikan dibelah menjadi ukuran 1,8 x 3 cm x 1,25 cm. dan keempat sisinya dihaluskan dengan mesin *planner*. Kayu kemudian dipotong menjadi ukuran 12 x 3 x 1,8 cm. lalu dikeringkan dalam oven selama 48 jam dengan suhu ± 50°C untuk mencapai kadar air di bawah 12%.

2.2. Penyiapan Perekat

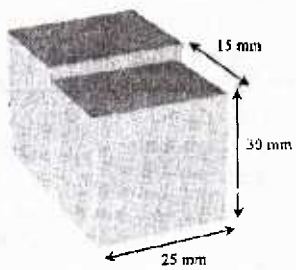
Perekat poliuretan yang digunakan adalah merek VLM-560. Perekat ini terbagi dalam 2 kemasan yaitu perekat dasar dalam kemasan 1 kg dan *crosslinker* 0,15 kg. Sebelum diaplikasikan, perekat dasar terlebih dahulu dicampur dengan *crosslinker* dengan perbandingan 100 : 15. Perekat *polivinil asetat* yang digunakan adalah merek dagang FOX dalam kemasan 150 gr yang diproduksi oleh PT Dyno Indria Jakarta. Perekat ini langsung diaplikasikan pada potongan kayu yang akan dibuat sampel. Perekat *polistrirena* dibuat dengan mencampurkan stirofoam, bensin, dan terpentin dengan perbandingan 1 : 1 : 0,5 bagian berat. Pembuatan dilakukan dengan terlebih dahulu mencampur stirofoam dan bensin dengan perbandingan 1 : 1 kemudian disimpan dalam toples tertutup. Penambahan terpentin sebanyak 0,5 bagian berat dilakukan pada saat perekat tersebut akan diaplikasikan.

2.3. Aplikasi Perekat dan Perakitan Sampel

Kayu dengan ukuran ± 12 x 3 x 1,8 cm terlebih dahulu diukur kembali luas bidang rekatnya dengan menggunakan *kalipper* ketelitian 0,005 cm. Pelaburan dilakukan secara *single spread* dengan menggunakan berat labur 200 gr/m^2. Potongan yang telah dilaburi dibiarkan selama 2 menit sebelum direkatkan dengan potongan lainnya. Setelah direkatkan menjadi kayu lamina, kayu tersebut dibiarkan selama 5 menit kemudian dikempa sesuai waktu yang telah ditetapkan. Tekanan kempa yang diberikan disesuaikan dengan berat jenis kayu. Untuk jenis akasia dan gmelina dengan BJ 0,4 – 0,55 digunakan tekanan spesifik 175 psi, sedangkan untuk sengon dengan BJ < 0,4 digunakan tekanan spesifik 130 psi. Kayu lamina yang telah dikempa dibiarkan selama 1 minggu sebelum dibuat contoh uji.

2.4. Pembuatan Contoh Uji

Setiap kayu lamina di potong menjadi 2 bagian dimana 1 bagian digunakan untuk uji kering dan 1 bagian digunakan untuk pengujian dalam kondisi basah. Pada kedua ujung potongan tersebut dibuat takik. Ukuran contoh uji yang digunakan mengacu pada standar *JAS 2003, No. 234 for Glue Laminated Timber.*



Gambar 1. Contoh uji untuk pengujian keteguhan rekat kayu lamina

2.5. Pengujian

Pengujian keteguhan geser dilakukan pada kondisi kering dan kondisi basah. Pengujian dalam kondisi kering dilakukan dengan metode yang sama untuk ketiga jenis perekat, sedangkan untuk uji basah, pengujian dengan air panas hanya dilakukan pada perekat poliuretan sedang yang lainnya menggunakan air dingin. Uji basah dengan perendaman air dingin dilakukan dengan merendam contoh uji dalam penangas air pada suhu ±30°C selama 3 jam, kemudian direndam lagi pada suhu ±25°C selama 10 menit dan langsung diuji pada kondisi basah. Uji basah dengan perendaman air panas dilakukan dengan merendam contoh uji dalam air mendidih (± 100°C) selama 4 jam kemudian dilanjutkan dengan perendaman dalam air dingin (±25°C) selama 1 jam. Pengujian dilakukan dalam kondisi basah.

2.6. Determinasi Keterbasahan *(Wettabilitas)*

Determinasi keterbasahan dilakukan dengan metode *Corrected Water Absorption Height* (CWAH) atau tinggi air terkoreksi (Ruhendi et al. 1989). Prosedur determinasinya adalah sebagai berikut :

a. Pembuatan Serbuk

Potongan kayu dengan ukuran 5 x 1,8 x 3 cm dibuat menjadi tatal-tatal kemudian dioven selama 48 jam pada suhu 50°C. Tatal kayu selanjutnya digiling dalam *refiner* untuk menghasilkan serbuk. Serbuk yang digunakan adalah serbuk yang lolos pada saringan 40 *mesh* dan tertahan pada saringan 60 *mesh*. Sebagian serbuk tersebut digunakan untuk determinasi kadar air serbuk dan bagian lainnya digunakan untuk determinasi keterbasahan.

b. Kadar Air Serbuk

Sebanyak 3 buah cawan untuk setiap jenis kayu disiapkan kemudian dioven selama 1 jam pada suhu 100°C. Setelah dioven cawan tersebut disimpan dalam desikator sampai mencapai suhu kamar kemudian ditimbang beratnya. Serbuk yang disiapkan diletakkan dalam cawan kemudian ditimbang dan dicatat beratnya. Berat yang diperoleh adalah berat cawan ditambah serbuk. Cawan dan serbuk dioven pada suhu ±100°C selama 24 jam kemudian diletakkan dalam desikator sampai mencapai suhu kamar sebelum ditimbang kembali untuk mengetahui berat kering serbuk. Kadar air serbuk dihitung dengan rumus :

$$KAs = \frac{(CS'-C)-(CS'kt-C)}{CS'kt-C} \times 100\% \quad \ldots\ldots (1)$$

Dimana :

(KAs) = kadar air serbuk (%)
(CS') = berat cawan ditambah serbuk pada kondisi kering udara (gr)
(C) = berat cawan tanpa serbuk (gr)
CS'kt) = berat cawan ditambah serbuk pada kondisi kering tanur (gr)

c. Determinasi Keterbasahan

Pipa kaca sebanyak 9 buah (3 buah untuk setiap jenis), dibersihkan dengan alkohol kemudian salah satu ujung pipa tersebut disumbat dengan kapas. Pipa kaca dioven selama 1 jam pada suhu 100°C dan setelah itu dikondisikan dalam desikator kemudian ditimbang beratnya (bo). Diameter bagian dalam setiap pipa diukur dengan menggunakan *kalipper*. Pipa kaca diisi serbuk secara perlahan-lahan kemudian diketuk agar tidak ada ruang kosong didalamnya serta kerapatannya seragam. Tinggi serbuk untuk masing-masing pipa sekitar 50 cm. Pipa kaca yang telah diisi serbuk kemudian ditimbang (b1). Ujung yang tertutup kapas kemudian direndam dalam aquades dengan bagian serbuk yang terendam sekitar 1,5 cm. Ketinggian absorpsi air yang terjadi dicatat pada perendaman 24 jam dan 48 jam. Pipa kaca berisi serbuk selanjutnya dioven pada suhu 100°C untuk mengeringkan serbuknya. Penimbangan dilakukan setelah 48 jam, dan serbuk kembali dioven sampai mencapai berat konstan. Untuk memperoleh gambaran yang mendekati tinggi absorpsi air yang sebenarnya, maka tinggi absosrpsi air dalam pipa kaca dikoreksi dengan faktor koreksi. Nilai CWAH dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CWAH = h_1 \times b = h_1 \times \frac{\{(d)(3{,}1415)(h_2)\}}{\{4(w)(s)\}} \quad \ldots\ldots (1)$$

dimana :

(h_1) = tinggi absorpsi air (mm)
(b) = faktor koreksi
(h_2) = tinggi serbuk dalam pipa kaca (cm)
(w) = berat kering tanur serbuk kayu (g)
(d) = diameter pipa kaca (cm) dan
(s) = volume spesifik air = 1 cm^3/g.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

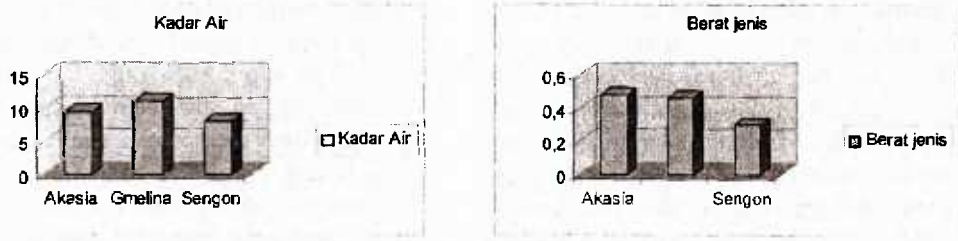
3.1. Karakteristik Kayu

a. Berat Jenis dan Kadar Air

Meskipun informasi berat jenis kayu telah tesedia dalam berbagai literatur, namun agar diperoleh nilai berat jenis dan kadar air aktual dari sampel yang digunakan dalam penelitian ini, maka determinasi berat jenis dan kadar air tetap dilakukan. Nilai rata-rata kadar air dan berat jenis ketiga jenis kayu yang diuji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kadar air dan berat jenis kayu yang diuji

No.	Jenis Kayu	Kadar Air (%)			Berat Jenis		
		Min.	Maks.	Rata-rata	Min.	Maks.	Rata-rata
1.	Akasia	8,94	9,86	9,45	0,44	0,52	0,48
2.	Gmelina	10,53	11,56	11,10	0,43	0,51	0,46
3	Sengon	7,19	9,12	8,13	0,25	0,35	0,30



Gambar 2. Histogram kadar air dan berat jenis

Perbandingan kadar air dan berat jenis dari ketiga jenis kayu yang diteliti dapat dilihat pada histogram dalam Gambar 2 dibawah. Berat jenis kayu akasia sedikit berbeda dengan yang dilaporkan dalam penelitian sebelumnya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Leong (2002) dalam Sahri dan Bokhari (2003) menunjukkan bahwa berat jenis akasia berkisar antara 0,53 sampai 0,59. Dengan demikian berat jenis kayu yang diteliti relatif lebih rendah dari berat jenis yang dikemukakan oleh peneliti terdahulu. Rendahnya nilai berat jenis ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan tempat tumbuh. Nilai berat jenis yang diperoleh pada jenis kayu sengon dan gmelina relatif sama dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Sebagaimana disajikan pada Tabel 1 berat jenis kayu gmelina berkisar 0,43 – 0,51 dengan rata-rata 0,46. Nilai ini relatif sama dengan yang dikemukakan oleh Kasmudjo (1988) yang menyatakan bahwa berat jenis gmelina berkisar antara 0,4 – 0,64. Demikian halnya dengan berat jenis kayu sengon dimana nilai yang diperoleh dari hasil penelitian berkisar antara 0,25 – 0,35 dengan rata-rata 0,3. Nilai tersebut relatif sama dengan yang dikemukakan oleh Mandang dan Pandit (1997) yang menyatakan bahwa berat jenis sengon berkisar antara 0,24 – 0,49 dengan nilai rata-rata 0,33. Tsoumis (1991) mengemukakan bahwa berat jenis kayu merupakan petunjuk terbaik dan sederhana untuk menduga kekuatan kayu. Semakin tinggi berat jenis kekuatan kayu juga cenderung semakin tinggi.

Hasil determinasi kadar air menunjukkan perbedaan yang signifikan diantara ketiga jenis kayu. Dengan ukuran specimen, waktu pengeringan serta suhu yang sama, ternyata kadar air ketiga jenis kayu berbeda-beda. Kadar air tertinggi diperoleh pada kayu gmelina sebesar 11,10% disusul oleh akasia sebesar 9,45% dan terendah adalah kayu sengon sebesar 8,13%. Kadar air ini berhubungan dengan berat jenis dan komposisi kimia kayu, khususnya rasio

daerah *amorf* dan *kristalit* dari *sellulosa*. Sengon dengan berat jenis terendah memiliki dinding sel yang lebih tipis sehingga jumlah air terikat dalam dinding selnya reatif lebih sedikit.

Kemampuan kayu untuk mengikat air berkaitan erat dengan stabilitas dimensinya. Kayu yang mudah melepas dan menyerap air dari lingkungan akan mudah mengalami pengembangan dan penyusutan. Hal ini terjadi karena pada saat dinding sel melepaskan air, dinding sel tersebut menyusut sehingga secara keseluruhan kayu akan menyusut. Hal yang sebaliknya akan terjadi bila dinding sel menyerap air, dimana kayu akan mengembang.

3.2. Keterbasahan Kayu

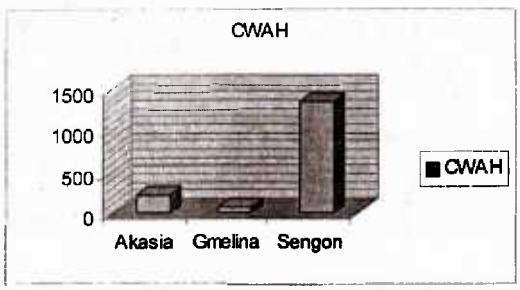
Hasil determinasi keterbasahan ketiga jenis kayu dengan menggunakan metode CWAH disajikan pada Tabel 2.

Perbandingan keterbasahan ketiga jenis kayu dapat dilihat pada histogram berikut ini.

Berdasarkan data dan gambar di atas nilai CWAH jenis sengon jauh lebih tinggi dari kedua jenis kayu lainnya. Nilai CWAH rata-rata jenis sengon sebesar 1366,20 mm, sedangkan akasia dan gmelina secara berturut-turut adalah 229,71 mm dan 71,07 mm. Rendahnya nilai CWAH jenis gmelina menunjukkan bahwa kayu tersebut sulit menyerap air, sementara jenis sengon merupakan jenis kayu yang sangat mudah menyerap air. Nilai CWAH yang tinggi pada kayu sengon kerapatannya yang lebih rendah disbanding kedua jenis kayu lainnya. Oleh karena dalam metode CWAH pengujian dilakukan dengan mengamati laju penyerapan air dari dasar pipa kaca ke atas maka kerapatan yang lebih tinggi dapat menjadi penghambat fisik. Serbuk gmelina maupun akasia relatif lebih kompak dan solid dari

Tabel 2. Nilai keterbasahan kayu dengan metode CWAH

Ulangan	Keterbasahan (mm)		
	Akasia	Gmelina	Sengon
1	295,87	57,98	1090,71
2	180,20	75,77	1148,65
3	213,04	79,47	1859,25
Rata-rata	229,71	71,07	1366,20



Gambar 3. Histogram nilai CWAH tiga jenis kayu

kayu sengon sehingga secara fisik pergerakan air dari bawah ke atas (dalam gelas kaca) akan terhambat.

Disamping pengaruh kerapatan, komponen ekstraktif juga dapat mempengaruhi nilai CWAH kayu. Oleh karena dalam determinasi CWAH ini digunakan aquades, maka jika komponen ekstraktif dalam kayu bersifat non polar maka ekstraktif tersebut dapat menghambat proses penyerapan air. Berdasarkan hasil penelitian Nussbaum dan Sterley (2002), permukaan kayu yang terekspos lebih lama cenderung memiliki keterbasahan lebih rendah yang ditunjukkan oleh tingginya tingkat kerusakan garis rekat dalam pengujian. Hal tersebut terjadi karena sebagian zat ekstraktif terakumulasi di permukaan kayu.

3.3. Kualitas Kayu Lamina

Hasil pengujian keteguhan rekat 3 jenis kayu yang diuji dengan menggunakan 3 jenis perekat serta 3 waktu kempa pada kondisi kering disajikan pada Tabel 3.

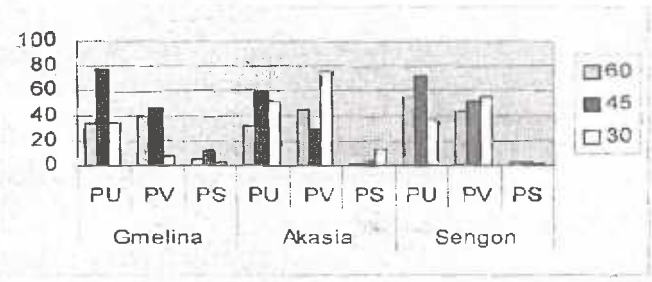
Perbandingan keteguhan rekat ketiga jenis kayu dengan 3 jenis perekat dan 3 waktu kempa dapat dilihat pada histogram di bawah ini.

Berdasarkan data pada Tabel 3 dan diagram batang pada Gambar 3, keteguhan rekat kayu lamina yang diperoleh pada ketiga jenis kayu dan tiga waktu kempa berkisar antara 33,86 - 78,25 kg/cm^2 dengan rata-rata 50,28 kg/cm^2 untuk perekat poliuretan; 8,48 – 75,82 kg/cm^2 dengan rata-rata 44.567 kg/cm^2 untuk perekat polivinil asetat; dan 1,25 – 12,56 kg/cm^2 dengan rata-rata 4,87 kg/cm^2 untuk perekat polistirena.

Selain pengujian dalam kondisi kering sebagaimana diuraikan di atas, dilakukan pula pengujian dalam kondisi basah yang disesuaikan dengan jenis perekat yang digunakan. Untuk perekat poliuretan yang termasuk kelompok perekat eksterior, pengujian dilakukan dengan perendaman air panas selama 4 jam, sedangkan untuk perekat polivinil asetat dan polistrirena dilakukan perendaman air dingin. Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4. Sementara itu, perbandingan keteguhan rekat ketiga jenis kayu dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3. Rata-rata keteguhan rekat (Kg./cm^2) 3 jenis kayu yang direkat dengan 3 jenis perekat dengan 3 waktu kempa (kondisi kering)

No.	Jenis Kayu	Jenis Perekat	Waktu Kempa (menit)		
			60	45	30
I.	Akasia	Poliuretan	31.399	58.731	51.150
		Polivinilasetat	44.331	29.526	75.820
		Polistirena	1.245	3.851	12.560
II.	Gmelina	Poliuretan	34.421	78.252	33.860
		Polivinilasetat	39.724	46.352	8.480
		Polistirena	4.777	12.406	2.590
III.	Sengon	Poliuretan	55.345	72.353	37.03
		Polivinilasetat	43.808	51.105	55.09
		Polistirena	2.199	2.721	1.44



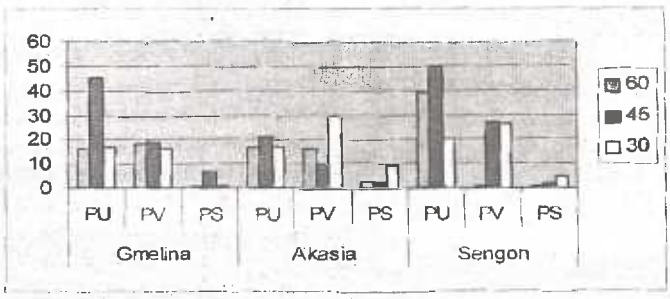
Keterangan :
PU (Poliuretan), PV (Polivinil asetat), PS (Polistirena) ; 30, 45, 60 (waktu kempa / menit) ; 0 ... 90 (Keteguhan rekat, kg/cm²)

Gambar 4. Histogram keteguhan papan laminasi 3 jenis kayu yang diuji dengan menggunakan 3 jenis perekat dan 3 waktu kempa (pengujian dalam kondisi kering)

Tabel 4. Rata-rata Keteguhan Rekat (kg/cm²) 3 Jenis Kayu yang Direkat dengan 3 Jenis Perekat dengan 3 Waktu Kempa (Kondisi basah)

No.	Jenis Kayu	Jenis Perekat	Waktu Kempa (menit)		
			60	45	30
I	Akasia	Poliuretan*	16.967	20.981	16.590
		Polivinilasetat	16.151	10.267	29.700
		Polistirena	2.651	2.380	9.530
II.	Gmelina	Poliuretan*	15.985	45.012	16.590
		Polivinilasetat	18.251	19.136	16.080
		Polistirena	0.968	6.920	0.990
III.	Sengon	Poliuretan*	38.882	50.147	20.440
		Polivinilasetat	0.682	26.790	25.970
		Polistirena	0.905	2.248	4.780

* Pengujian dengan perendaman air panas



Keterangan : PU (Poliuretan), PV (Polivinil asetat), PS (Polistirena) ; 30, 45, 60 (waktu kempa / menit) ; 0 ... 60 (Keteguhan rekat, kg/cm²)

Gambar 5. Histogram keteguhan papan laminasi 3 jenis kayu yang diuji dengan menggunakan 3 jenis perekat dan 3 waktu kempa (pengujian dalam kondisi basah)

Berdasarkan data dan diagram batang tersebut, keteguhan rekat kayu lamina berkisar antara 15,99 - 50,15 kg/cm^2 dengan rata-rata 27,84 kg/cm^2 untuk perekat poliuretan; 0,682 – 29,700 kg/cm^2 dengan rata-rata 18,038 kg/cm^2 untuk perekat polivinil asetat ; dan 0,905 – 9,53 kg/cm^2 dengan rata-rata 3,486 kg/cm^2 untuk perekat polistirena.

Disamping determinasi keteguhan rekat, untuk mengevaluasi kualitas kayu lamina yang dihasilkan juga dilakukan penilaian terhadap kerusakan kayu. Kerusakan kayu dengan nilai di atas 50% ternyata hanya terjadi pada jenis kayu sengon, sementara jenis kayu lainnya relatif tidak mengalami kerusakan. Kerusakan kayu dengan nilai di atas 50 % terjadi dengan menggunakan perekat poliuretan dengan waktu kempa 30 menit. Meskipun pada kenyatannya waktu terbaik untuk perekat poliuretan dicapai dengan waktu kempa 45 menit namun kerusakan kayu justru terjadi pada waktu kempa 30 menit. Ini menunjukkan bahwa keseragaman kekuatan kayu yang dijadikan contoh uji tidak dapat dijamin 100 %. Ketidak-seragaman ini juga akan mempengaruhi kualitas perekatan sehingga meskipun proses pengerjaan dan aplikasi perekat diusahakan seseragam mungkin, kualitas rekatan yang berbeda-beda tetap terjadi.

3.4. Pengaruh waktu kempa, jenis kayu, dan jenis perekat

Hasil uji statistik dengan menggunakan sidik ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa jenis kayu tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat, sementara jenis perekat serta waktu kempa berpengaruh nyata. Hasil Sidik ragam juga menunjukkan bahwa interaksi antara waktu kempa dengan jenis kayu berpengaruh nyata, demikian pula interaksi antara waktu kempa dengan jenis perekat juga berpengaruh nyata, sementara interaksi antara jenis kayu dengan jenis perekat dan interaksi antara ketiga faktor (waktu kempa, jenis kayu, dan jenis perekat) tidak berpengaruh nyata.

Berdasarkan hasil uji lanjut terhadap parameter yang berpengaruh nyata dengan menggunakan uji perbandingan wilayah berganda Duncan, waktu kempa terbaik adalah 45 menit disusul oleh waktu kempa 30 menit dan 60 menit. Hasil analisis menunjukkan bahwa waktu kempa 45 menit berbeda nyata dengan waktu kempa 30 menit dan 60 menit, sementara waktu kempa 30 dan 60 menit tidak berbeda nyata.

Nilai rata-rata keteguhan rekat ketiga jenis perekat yang diaplikasikan pada ketiga jenis kayu dengan 3 waktu kempa menunjukkan bahwa perekat poliuretan menghasilkan keteguhan rekat terbaik dengan nilai rata-rata 50,281 kg/cm^2 disusul oleh perekat polivinil asetat dengan keteguhan rekat rata-rata 44,567 kg/cm^2 dan perekat polistirena dengan keteguhan rekat rata-rata 4,866 kg/cm^2. Hasil analisis wilayah berganda Duncan terhadap pengaruh ketiga jenis perekat tersebut menunjukkan bahwa perekat poliuretan memiliki keteguhan rekat yang tidak berbeda nyata dengan perekat polivinil asetat, sementara keteguhan rekat polistirena berbeda nyata dengan kedua jenis perekat tersebut.

Pada pengujian dalam kondisi basah hubungan jenis perekat dengan keteguhan rekat hanya dibandingkan antara polivinil

asetat dengan polistirena. Hasil pengujian juga menunjukkan kecenderungan yang sama dalam pengujian ini, dimana keteguhan rekat perekat polivinil asetat jauh lebih tinggi dari keteguhan rekat polistirena seperti halnya dengan pengujian pada kondisi kering.

Data pada Tabel 4 menunjukkan kecenderungan yang sama dengan hasil pengujian keteguhan rekat pada kondisi kering. Keteguhan rekat tertinggi diperoleh dengan waktu kempa 45 menit, sedangkan waktu kempa 60 menit cenderung menghasilkan keteguhan rekat yang lebih rendah dari waktu kempa 30 menit.

Data pada Tabel 3 dan histogram yang disajikan pada gambar 3 mengindikasikan adanya kecenderungan keteguhan rekat yang berbeda dengan waktu kempa yang berbeda yang diaplikasikan pada beberapa jenis kayu. Untuk menganalisis lebih detail respon setiap jenis perekat terhadap waktu kempa dan jenis kayu yang berbeda, dilakukan analisis secara parsial dengan hanya menggunakan faktor kayu dan waktu kempa sebagai perlakuan.

3.4. Perekat poliuretan

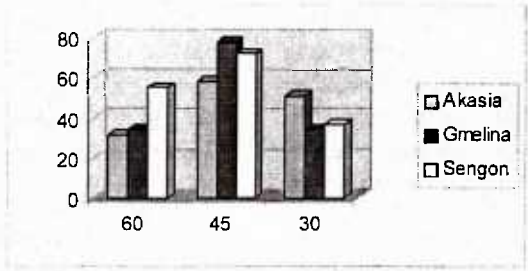
Hasil pengujian keteguhan rekat perekat poliuretan yang diaplikasikan pada 3 jenis kayu dengan waktu kempa yang berbeda disajikan pada Tabel 5. Perbandingan keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan 3 jenis kayu dan 3 waktu kempa dapat dilihat pada Gambar 5.

Data dan histogram di atas menunjukkan bahwa keteguhan rekat terbaik dari ketiga jenis kayu tersebut diperoleh pada waktu kempa 45 menit. Hal ini berarti bahwa dalam aplikasi penggunaan perekat poliuretan, waktu kempa yang sebaiknya digunakan, khususnya untuk ketiga jenis kayu di atas adalah waktu kempa 45 menit.

Berdasarkan hasil sidik ragam, perlakuan waktu kempa berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat kayu lamina, sementara jenis kayu tidak berpengaruh pada taraf kepercayaan 95%. Berdasarkan hasil sidik ragam tersebut dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji wilayah berganda Duncan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa waktu kempa 45 menit dengan keteguhan rekat rata-rata 69,78 kg/cm^2 berbeda nyata dengan waktu kempa 30 menit dan 60 menit masing-masing dengan keteguhan rekat 40,68 dan 40,39 kg/cm^2. Sementara waktu kempa 30 menit tidak berbeda nyata dengan waktu kempa 60 menit.

Tabel 5. Keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan perekat poliuretan pada jenis kayu dan waktu kempa yang berbeda

No.	Jenis Kayu	Waktu Kempa (menit)		
		60	45	30
I.	Akasia	31.399	58.731	51.150
II.	Gmelina	34.421	78.252	33.860
III.	Sengon	55.345	72.353	37.030
	Rata-rata	40.388	69.779	40.680



Gambar 6. Histogram keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan perekat poliuretan yang diaplikasikan pada 3 jenis kayu dengan menggunakan 3 waktu kempa

Di dalam JAS No.234 Th 2003, standar keteguhan rekat yang disyaratkan tidak dicantumkan, sementara standar keteguhan rekat poliuretan belum tersedia. Untuk menilai performa perekat ini, nilai keteguhan rekatnya dibandingkan dengan nilai keteguhan rekat urea formaldehida cair untuk perekat pengerjaan kayu yang tercantum dalam SNI 06-4566 1998. Dalam standar tersebut syarat keteguhan rekat minimal adalah 100 kg/cm2 sehingga nilai keteguhan rekat yang diperoleh masih lebih inferior dibandingkan perekat urea formaldehida. Menurut Maloney (1993), disamping berikatan secara mekanis, perekat poliuretan juga berikatan secara kimia dengan gugus *hydroxyl* kayu sehingga seharusnya keteguhan rekat yang dihasilkan dapat lebih baik dibandingkan perekat yang berbasis formaldehida yang hanya berikatan secara mekanis/fisik. Hal tersebut diduga karena proses pematangan perekat yang terjadi sangat cepat sehingga sebelum perekat dikempa, proses polimerisasi perekat sudah hampir selesai sehingga kekuatan rekat rendah. Oleh karena itu masih perlu dicari komposisi yang tepat antara resin dengan *hardener* agar proses pematangan perekat dan perlakuan pengempaan dapat dioptimalkan.

3.5. Perekat Polvinil Asetat

Hasil pengujian keteguhan rekat perekat polivinil asetat yang diaplikasikan pada 3 jenis kayu dengan waktu kempa yang berbeda disajikan pada Tabel 6. Perbandingan keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan 3 jenis kayu dan 3 waktu kempa dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 6. Keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan perekat polivinilasetat pada jenis kayu dan waktu kempa yang berbeda

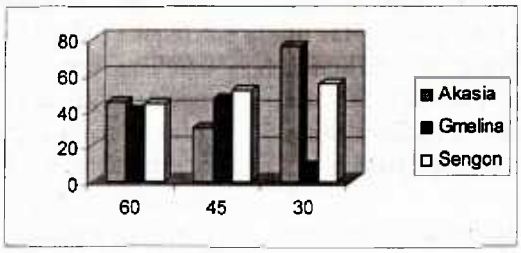
No.	Jenis Kayu	Waktu Kempa (menit)		
		60	45	30
I.	Akasia	44.331	29.526	75.820
II.	Gmelina	39.724	46.352	8.480
III.	Sengon	43.808	51.105	55.09
	Rata-rata	42.621	42.327	46.463

Hasil sidik ragam terhadap keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan perekat polivinil asetat menunjukkan bahwa jenis kayu serta waktu kempa tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat kayu lamina. Dengan demikian dalam aplikasi perekat polivinil asetat, waktu kempa selama 30 menit cukup memadai untuk menghasilkan kualitas rekatan yang baik. Histogram di atas juga menunjukkan bahwa keteguhan rekat dengan waktu kempa 30 menit pada jenis kayu gmelina sangat rendah dan memiliki kecenderungan yang berbeda dengan waktu kempa maupun jenis kayu lainnya. Dalam kasus ini diduga terjadi ketidaknormalan pada contoh uji yang digunakan sehingga menghasilkan data yang relatif berbias.

Jika data berbias pada kayu gmelina tersebut diabaikan, nilai rata-rata keteguhan rekat yang diperoleh berkisar dari 42,3 sampai 46,5 kg/cm2. Nilai inipun ternyata belum memenuhi standar yang ditetapkan dalam SNI 06-6049-1999 untuk perekat polivinil asetat yang digunakan sebagai perekat pengerjaan kayu sebesar 100 kg/cm^2.

3.6. Perekat polistirena

Hasil pengujian keteguhan rekat perekat polistirena yang diaplikasikan pada 3 jenis kayu dengan waktu kempa yang berbeda disajikan pada Tabel 7.



Gambar 7. Histogram keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan perekat polistirena yang diaplikasikan pada 3 jenis kayu dengan menggunakan 3 waktu kempa.

Tabel 7. Keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan perekat polistirena pada jenis kayu dan waktu kempa yang berbeda

No.	Jenis Kayu	Waktu Kempa (menit)		
		60	45	30
I.	Akasia	1.245	3.851	12.560
II.	Gmelina	4.777	12.406	2.590
III.	Sengon	2.199	2.721	1.44
	Rata-rata	2.740	6.326	5.530

Perbandingan keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan 3 jenis kayu dan 3 waktu kempa dapat dilihat pada histogram di bawah ini.

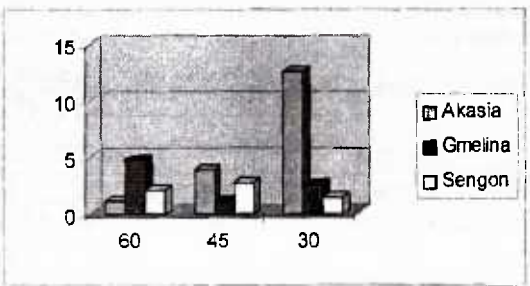
Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa waktu kempa dan jenis kayu tidak berpengaruh nyata terhadap perekat polistirena. Hal ini berarti aplikasi perekat ini terhadap jenis kayu yang berbeda maupun waktu kempa yang berbeda relatif sama. Nilai rata-rata keteguhan rekat yang diperoleh dalam penelitian ini sangat rendah yaitu berkisar 2,7 – 6,3 kg/cm^2. Namun demikian hasil percobaan laboratorium dengan menggunakan perekat yang sama pada kayu *Maesopsis enemii* Engl dengan waktu klem yang sangat panjang (48 jam) dengan berat labur 250 g/m^2 menghasilkan keteguhan rekat sekitar 43 kg/cm^2. Hal ini merupakan indikasi bahwa waktu kempa yang digunakan dalam penelitian ini tidak memadai untuk menjamin terjadinya curing/ pematangan perekat secara sempurna.

3.7. Hubungan Keterbasahan dengan Keteguhan Rekat

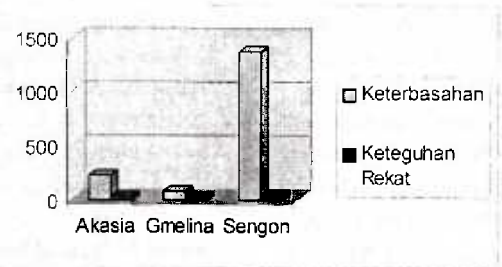
Meskipun berdasarkan hasil analisis statistik jenis kayu tidak berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat namun jika dilihat dari nilai keteguhan rekatnya terdapat kecenderungan nilai keteguhan rekat yang lebih tinggi pada jenis kayu sengon dengan nilai rata-rata 35,679 kg/cm^2 disusul oleh kayu akasia dengan nilai rata-rata 34.289 kg/cm^{2}dan gmelina dengan nilai rata-rata 29,747 kg/cm^2. Jika dihubungkan dengan nilai CWAH, maka kecenderungan tersebut memiliki pola yang sama, yaitu keteguhan rekat meningkat dengan peningkatan nilai CWAH.

Dari histogram di atas terlihat bahwa pola peningkatan nilai CWAH dan keteguhan rekat untuk setiap jenis kayu memiliki hubungan yang searah, yaitu semakin tinggi nilai CWAH, keteguhan rekat juga semakin meningkat. Namun demikian perbedaan keteguhan rekat ketiga jenis ini relatif tidak signifikan, sementara perbedaan nilai CWAH sangat signifikan. Ini berarti keteguhan rekat tidak hanya dipengaruhi oleh nilai keterbasahan kayu, tetapi mungkin juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti komposisi kimia kayu, struktur anatomi, sifat fisis, kondisi permukaan kayu, dan lain-lain.

Hubungan CWAH dengan kekuatan rekat yang searah tersebut sesuai dengan



Gambar 8. Histogram keteguhan rekat kayu lamina dengan menggunakan perekat polistirena yang diaplikasikan pada 3 jenis kayu dengan menggunakan 3 waktu kempa.



Gambar 9. Histogram perbandingan nilai CWAH dengan keteguhan rekat

hasil penelitian yang dilakukan oleh Ruhendi (1983) dan Bodig (1962). Semakin tingginya keteguhan rekat pada kayu yang memiliki nilai CWAH yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kayu tersebut lebih mudah berinteraksi dengan perekat sehingga ikatan antara perekat dengan kayu dapat berlangsung dengan baik.

Pada pengujian dalam kondisi basah hubungan antara nilai CWAH setiap jenis kayu dengan keteguhan rekatnya juga memiliki pola yang sama dengan hasil pengujian pada kondisi kering, yaitu semakin tinggi nilai CWAH, nilai keteguhan rekat juga cenderung semakin tinggi.

4. KESIMPULAN

1. Jenis perekat berpengaruh nyata terhadap keteguhan rekat kayu, demikian pula dengan waktu kempa, sedangkan jenis kayu relatif tidak berpengaruh terhadap keteguhan rekat kayu lamina.
2. Keteguhan rekat terbaik pada kayu lamina diperoleh dengan menggunakan perekat poliuretan dengan waktu kempa 45 menit dengan keteguhan rekat rata-rata dalam kondisi kering berkisar 58,7 – 72,4 kg/cm² dengan nilai rata-rata 69,8 kg/cm².
3. Waktu kempa terbaik untuk perekat polivinil asetat adalah 30 menit dengan keteguhan rekat pada kondisi kering rata-rata 46,5 kg/cm².
4. Keteguhan rekat yang diperoleh dengan menggunakan perekat polistirena sangat rendah dengan rata-rata 2,7 – 6,3. Waktu kempa dengan kisaran 30 – 60 menit tidak optimal bagi proses perekatan dengan perekat polistirena.
5. Nilai CWAH ketiga jenis kayu berkorelasi positif dengan keteguhan rekat ketiga jenis kayu yang digunakan. Semakin tinggi nilai CWAH keteguhan rekat kayu lamina juga meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

Bodig J. (1962), *Wettability. Related to Gluabilities of Five Philippine Mahagonies.* Oregon State University. USA. Forest Product Journal, Juni 1962 Hal 265 – 270.

[JAS] Japanese Agricultural Standard (2003), *Glue Laminated Timber* Japan Plywood Inspection Corporation. . Japan.

Kasmudjo, (1988), *Kajian Struktur dan Sifat Kayu Gmelina sebagai Bahan*

Buku Pulp. Fakultas Pascasarjana Universitas Gadjah Mada (Tidak di publikasi). Jogyakarta.

Laban B Y, (2003), *Kebijakan Rekstrukturisasi Industri Kehutanan berbasis Pengelolaan Hutan Lestari.* Makalah utama disampaikan dalam Ekspose Hasil-hasil Litbang Hasil Hutan dalam Mendukung Program Restrukturisasi Industri Kehutanan, Bogor, Pusat Penelitian dan pengembangan Teknologi Hasil Hutan , Badan Penelitian dan pengembangan Kehutanan, 16 Desember 2003. Bogor.

Li K, (2002), *Use of Marine Ahesive Protein as a Model to Develop Formaldehyde-Free Wood Adhesives,* in Proceeding the 6th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium,. Oregon State University. Oregon USA.

Mandang Y I, dan Pandit I K N, (1997), *Pedoman Identifikasi Kayu di Lapangan.* Yayasan Prosea dan Pusat Diklat Pegawai dan SDM Kehutanan. Bogor,

Nussbaum R M, and Sterley M, (2002), *The Effect Of Wood Extractive Content On Glue Adhesion And Surface Wettability Of Wood.* Wood and Fiber Science Vol 34 (1) 57 -71

Ruhendi S, (1983), *Gluability of Rotary Cut Veneers of some Indonesian Woods Using adhesives Extended with Nami and Cassava Flours.* Submitted to the faculty of the Graduate School University of The Philippines at Los Banos in partial Fulfillment of the Requierement for the Degree of Doctor of Philosophy. Unpublished.

Ruhendi S, Hadi Y S, Wahyudi I, (1989), *Petunjuk Laboratorium Teknologi Perekatan.* Pusat Antar Universitas, Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Sahri M H, and Bokhari S, (2003), *Wood Structure and Wood Properties Relationship in Planted Acacias : Malaysian Examples,* in Proceeding International Symposium on Sustainable Utilization of *Acacia mangium.* Kyoto Japan, JSPS-LIPI Core University Program, Kyoto University,October 21-22 2003.

[SNI] Standar Nasional Indonesia, (1998), *Urea Formaldehida Cair untuk Perekat Pengerjaan SNI 06-4566-1998 Kayu.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

[SNI] Standar Nasional Indonesia, (1999), *Polivinil Asetat untuk Perekat Pengerjaan Kayu. SNI 06-6049-1999.* Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Steel, R G D dan Torrie J H, (1989), *Prinsip dan Prosedur Statistika.* terjemahan Bambang Sumantri. Gramedia. Jakarta.

Tsoumist G, (1991), *Science and Technology of Wood ; Structure, Properties, Utilization.* Van Nostrand Reinhold. New York.

Vick, (1999), *Adhesive Bonding of Wood Materials in Wood Handbook : Wood as an Engineering Material.* USA. Forest Product Society.