

**PENGARUH BEBERAPA KOMBINASI KETEBALAN LAMINA**

**DAN JENIS PEREKAT TERHADAP KEKUATAN LENTUR BALOK LAMINASI**

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Oleh :

**Atep Fachrudin**

**E 26.0511**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN**

**FAKULTAS KEHUTANAN**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**1996**



## RINGKASAN

**Atep Fachrudin. E.26.0511. Pengaruh Beberapa Kombinasi Ketebalan Lamina dan Jenis Perekat Terhadap Kekuatan Lentur Balok Laminasi. Dibawah bimbingan Ir. T.R. Mardikanto, MS dan Ir. Sucahyo Sadiyo, MS.**

Pemberdayaan sumberdaya hutan melalui teknologi rekayasa kayu dan penganekaragaman sumberdaya kayu merupakan suatu kegiatan di bidang kehutanan yang harus segera dimasyarakatkan. Hal ini bertujuan agar hutan tetap terjaga kelestariannya.

Balok laminasi sebagai hasil suatu teknologi rekayasa kayu di dalam proses pembuatannya harus diarahkan kepada pemanfaatan limbah-limbah kayu yang berasal dari pemanenan kayu di hutan maupun limbah kayu yang berasal dari industri pengolahan kayu, kayu yang bermutu rendah atau kayu dari Hutan Tanaman Industri (HTI).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi antara ketebalan lamina dengan jenis perekat tertentu sehingga diperoleh balok laminasi yang mempunyai kekuatan lentur maksimum.

Metodologi penelitian dilakukan dengan membuat balok laminasi dengan kombinasi ketebalan lamina dan jenis perekat yang berbeda. Pembuatan contoh uji lentur disesuaikan dengan ASTM D 143-52. Parameter yang diukur adalah kekakuan lentur (MOE), keteguhan lentur (MOR), berat jenis (BJ), kadar air (KA), pengembangan volume (PV), keteguhan geser perekat (KGR) dan delaminasi (D).



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip, mengagandakan, mendistribusikan, atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai rata-rata total berat jenis 0,54, kadar air 18,69 %, pengembangan volume 3,57 %, kekakuan lentur 116.490 kg/cm<sup>2</sup>, keteguhan lentur 731 kg/cm<sup>2</sup>, keteguhan geser rekat lamina jeunjing-mangium 32 kg/cm<sup>2</sup> dan untuk lamina bangkirai-mangium 26 kg/cm<sup>2</sup>, delaminasi urea formaldehida lamina jeunjing mangium 8,31 % dan lamina bangkirai-mangium 5,20 %, delaminasi phenol formaldehida lamina jeunjing-mangium 2,76 % dan lamina bangkirai-mangium 23,07 %.

Keteguhan lentur balok laminasi tertinggi diperoleh pada kombinasi ketebalan lamina (0,75 dan 1,50 cm) yaitu 788 kg/cm<sup>2</sup>. Kombinasi ketebalan lamina tersebut mempunyai nilai keteguhan lentur 171 % lebih besar dibandingkan kontrol jeunjing, 75 % lebih besar dibandingkan kontrol mangium dan 24 % lebih rendah dibandingkan kontrol bangkirai. Kombinasi ketebalan lamina (0,75 dan 1,50 cm) merupakan kombinasi ketebalan yang optimal di dalam menghasilkan kekuatan lentur balok laminasi. Keteguhan lentur terendah diperoleh pada kombinasi ketebalan lamina (0,50 dan 2,00 cm) yaitu 692 kg/cm<sup>2</sup>. Ini berarti kombinasi ketebalan lamina tersebut mempunyai nilai keteguhan lentur 137 % lebih besar dibandingkan kontrol jeunjing, 54 % lebih besar dibandingkan kontrol mangium dan 33 % lebih rendah dibandingkan kontrol bangkirai. Perbedaan nilai keteguhan lentur ini diduga diakibatkan oleh perbedaan ketebalan lamina dan adanya garis rekat yang mempunyai keteguhan



geser lebih besar dari keteguhan geser jeunjing atau mangium.

Perbedaan nilai keteguhan geser rekat untuk lamina jeunjing mangium diakibatkan oleh sifat dasar perekat yang berbeda. Perlakuan yang relatif seragam untuk kedua jenis perekat tersebut menghasilkan nilai keteguhan geser rekat sebesar 37 kg/cm<sup>2</sup> untuk perekat urea formaldehida dan 28 kg/cm<sup>2</sup> untuk perekat phenol formaldehida. Kombinasi ketebalan lamina, jenis perekat dan interaksi keduanya menyebabkan perbedaan nilai keteguhan geser rekat lamina bangkirai-mangium. Nilai keteguhan geser rekat tertinggi sebesar 34 kg/cm<sup>2</sup> diperoleh pada kombinasi ketebalan lamina (1,25 dan 0,50 cm), sedangkan nilai terendah diperoleh pada kombinasi ketebalan lamina (1,00 dan 1,00 cm) yaitu 21 kg/cm<sup>2</sup>. Jenis perekat urea formaldehida menghasilkan keteguhan geser rekat sebesar 27 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan perekat phenol formaldehida sebesar 24 kg/cm<sup>2</sup>. Adanya perbedaan kombinasi ketebalan lamina dengan berat jenis yang berbeda serta perbedaan sifat dasar perekat menyebabkan perbedaan nilai keteguhan geser rekat yang terjadi.

Delaminasi urea formaldehida tertinggi sebesar 21,76% diperoleh pada kombinasi ketebalan lamina (1,00 dan 1,00 cm) sedangkan yang terendah 0,00 % diperoleh pada kombinasi ketebalan lamina (0,50 dan 2,00 cm) dan ketebalan lamina (1,25 dan 0,50 cm). Adanya cacat alami pada kayu, pemberian perlakuan manual yang kurang seragam serta

Harta Dinding...  
1. D...  
2. Di...  
Perpustakaan IPB University







# PENGARUH BEBERAPA KOMBINASI KETEBALAN LAMINA

# DAN JENIS PEREKAT TERHADAP KEKUATAN LENTUR BALOK LAMINASI

@Hak cipta milik IPB University

Oleh :

Atep Fachrudin

E 26.0511

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

**SARJANA KEHUTANAN**

pada

**Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN**

**FAKULTAS KEHUTANAN**

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

1 9 9 6

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Pengaruh Beberapa Kombinasi  
Ketebalan Lamina dan Jenis  
Perekat Terhadap Kekuatan Lentur  
Balok Laminasi

Nama Mahasiswa : Atep Fachrudin

Nomor Pokok : E 26.0511

Disetujui Oleh :

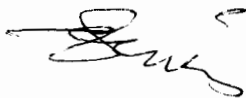
Ketua Komisi Pembimbing



Ir. T.R. Mardikanto, MS

Tanggal :

Anggota Komisi Pembimbing



Ir. Sucahyo Sadiyo, MS

Tanggal :

Disahkan Oleh :

Ketua Jurusan Teknologi Hasil Hutan

Fakultas Kehutanan IPB



Dr. Ir. Wasrin Syafii, M.Agr

Tanggal : 19/8/96

Tanggal lulus : 4 Juni 1996

Hak Cipta ini dilindungi undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandung pada tanggal 21 Juni 1970, sebagai putera kelima dari delapan bersaudara Keluarga Bapak Mochammad Kosim dan Ibu Siti Romlah.

Tahapan pendidikan formal penulis adalah di Sekolah Dasar Negeri Ciburuy I Padalarang (1977-1983), Sekolah Menengah Tingkat Pertama Pupuk Kujang Cikampek (1983-1986) dan Sekolah Menengah Tingkat Atas Negeri Padalarang (1983-1989).

Selanjutnya pada tahun 1989, penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui jalur USMI-IPB (Ujian Saringan Masuk IPB), kemudian pada tahun 1990 penulis diterima di Fakultas Kehutanan IPB. Pada semester kelima penulis memilih Jurusan Teknologi Hasil Hutan, Program Studi Pengolahan Hasil Hutan.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Fakultas Kehutanan IPB, pada tahap akhir studi penulis menyusun skripsi dengan judul "**Pengaruh Beberapa Kombinasi Ketebalan Lamina dan Jenis Perekat Terhadap Kekuatan Lentur Balok Laminasi**" di bawah bimbingan Ir. T.R. Mardikanto, MS dan Ir. Sucahyo Sadiyo, MS.





## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puja dan puji untuk-Mu Ya Illahi Robbi, dengan taufik dan hidayah-Mu penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pengaruh Beberapa Kombinasi Ketebalan Lamina dan Jenis Perekat Terhadap Kekuatan Lentur Balok Laminasi".

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. T.R. Mardikanto, MS dan Ir. Suchyo Sadiyo, MS sebagai dosen pembimbing.
2. Ir. Poerwowidodo, MS dan Ir. Soemarjono Soedargo sebagai dosen penguji.
3. Ir. Nurwati Hadjib, MS dan staff di Litbang Kehutanan Bogor.
4. Ibunda Widiastuti, Lina Meliantina dan Yati Kurniasari.
5. Rekan-rekan di PONDOK DARMAGA : Arif, Punk, Yok, Syam, Ardan, Nurdin, Budi, Yon, dan Boss.

Semoga tulisan kecil ini dapat menjadi obat dahaga bagi setiap insan yang haus akan ilmu pengetahuan dan kebenaran (haq).

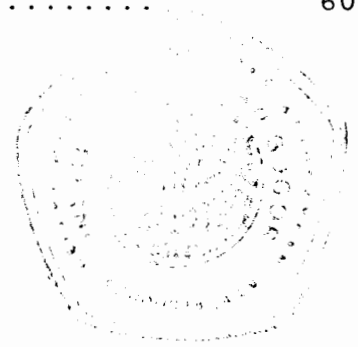
Terimakasih.

Kampus IPB Darmaga Bogor, Juni 1996

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR LAMPIRAN .....	v
<b>I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
Latar Belakang .....	1
Tujuan Penelitian .....	4
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
Pengertian Balok Laminasi .....	5
Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi ...	7
Sambungan dengan Perekat.....	10
Gambaran Umum Bahan Penelitian .....	15
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
Bahan dan Alat .....	19
Pembuatan Contoh Uji .....	20
Prosedur Pengujian .....	25
Rancangan Percobaan .....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>34</b>
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>58</b>
<b>VI. DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>60</b>



Hak Cipta Ditinjau Undang-undang  
1. Dilindungi sebagai hak kekayaan intelektual  
a. Penyalinan, penyebaran, pengutipan, pendistribusian, penjualan karya ilmiah, penyusunan laporan, tulisan kritik atau tinjauan suatu mata kuliah, atau tindakan lain yang sejenis tanpa izin IPB University.  
b. Penyalinan, penyebaran, pengutipan, pendistribusian, penjualan karya ilmiah, penyusunan laporan, tulisan kritik atau tinjauan suatu mata kuliah, atau tindakan lain yang sejenis tanpa izin IPB University.  
2. Dilarang mengsumbuikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR TABEL

<u>Nomor</u>	<u>Teks</u>	<u>Halaman</u>
1.	Matriks Rancangan Percobaan Faktorial 2 x 4	32
2.	Analisis Keragaman.....	33
3.	Nilai Rataan Sifat Fisis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	34
4.	Rekapitulasi Analisis Keragaman Sifat Fisis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan .....	35
5.	Nilai Rataan Sifat Mekanis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan .....	37
6.	Rekapitulasi Analisis Keragaman Sifat Mekanis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	39
7.	Persentase Peningkatan Kekakuan Lentur Balok Laminasi Terhadap Kontrol Balok Utuh	44
8.	Persentase Peningkatan Keteguhan Lentur Patah Balok Laminasi Terhadap Kontrol Balok Utuh.....	45
9.	Nilai Rataan Sifat Delaminasi Jenis Perekat Balok Laminasi.....	52
10.	Rekapitulasi Analisis Keragaman Delaminasi Jenis Perekat Balok Laminasi.....	53

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pembuatan henti untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau juaan suatu masalah  
 b. Pembuatan henti untuk kepentingan lain yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR GAMBAR

<u>Nomor</u>	<u>Teks</u>	<u>Halaman</u>
1.	Lima Rantai Ikatan Yang Terdapat Dalam Perekatan.....	13
2.	Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Lentur Menurut Berbagai Jenis Kombinasi Ketebalan Lamina dan Jenis Perekat (UF atau PF).....	22
3.	Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Lentur Kontrol Menurut Jenis Kayu.....	23
4.	Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Berat Jenis, Kerapatan, Kadar Air Pengembangan Volume dan Delaminasi .....	24
5.	Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Keteguhan Geser Rekat .....	24
6.	Skema Pembebanan Terpusat.....	29
7.	Histogram Nilai Rataan Keteguhan Lentur Patah (MOR) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	41
8.	Histogram Nilai Rataan Keteguhan Geser Rekat Balok Laminasi Lamina Bangkirai-Mangium Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	46
9.	Histogram Nilai Rataan Keteguhan Geser Rekat Balok Laminasi Lamina Bangkirai Mangium Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan..	48
10.	Histogram Nilai Rataan Keteguhan Geser Rekat Balok Laminasi Lamina Jeunjing-Mangium Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	51
11.	Histogram Nilai Rataan Delaminasi Urea Formaldehida.....	54
12.	Histogram Nilai Rataan Delaminasi Phenol Formaldehida.....	56

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Penyalinan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Penyalinan tidak diperjualbelikan  
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	<u>Teks</u>	Halaman
1	Hasil Pengukuran Berat Jenis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	63
2	Hasil Pengukuran Kadar Air Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	64
3	Hasil Pengukuran Pengembangan Volume Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	65
4	Hasil Pengujian MOE dan MOR Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan .....	66
5	Hasil Pengujian Keteguhan Geser Rekat Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan .....	67
6	Hasil Pengujian Delaminasi Jenis Perekat Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan .....	69
7	Matrik Data Pengukuran Berat Jenis Balok Laminasi Pada berbagai Kombinasi Perlakuan	72
8	Analisis Keragaman Berat Jenis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan....	73
9	Perhitungan Keragaman Berat Jenis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	74
10.	Matrik Data Pengujian Kadar Air Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	75
11.	Analisis keragaman Berat Jenis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan....	76
12.	Perhitungan Keragaman Kadar Air balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	77
13.	Matrik Data Pengujian Kadar Air Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	78



Cipta Dilindungi Undang-undang  
 dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan  
 untuk masa.  
 Pengutipan tidak boleh menggantikan keaslian karya.  
 Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





14.	Analisis keragaman Berat Jenis Balok Lamina si Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	79
15.	Perhitungan Keragaman Kadar Air Balok Lami nasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan....	80
16.	Matrik Data Pengujian MOE Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	81
17.	Analisis keragaman MOE Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	82
18.	Perhitungan Keragaman MOE Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan .....	83
19.	Matrik Data Pengujian MOR Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	84
20.	Analisis Keragaman MOR Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	85
21.	Perhitungan Keragaman MOR Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan .....	86
22.	Uji Tukey MOR Balok Laminasi.....	87
23.	Matrik Data Pengujian $KGR_{JM}$ Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	88
24.	Analisis keragaman $KGR_{JM}$ Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	89
25.	Perhitungan Keragaman $KGR_{JM}$ Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	90
26.	Uji Tukey $KGR_{JM}$ Balok Laminasi.....	91
27.	Matrik Data Pengujian $KGR_{BM}$ Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	92
28.	Analisis Keragaman $KGR_{BM}$ Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	93
29.	Perhitungan Keragaman $KGR_{BM}$ Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	94
30.	Uji Tukey $KGR_{BM}$ Balok Laminasi.....	95

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengacukan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pada bagian-bagian untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan, persurutan, laporan, tulisan kritika atau tinjauan masalah  
 b. Pada bagian yang mengikis kehormatan, nama baik, atau reputasi seseorang atau badan hukum.  
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



31.	Matrik Data Pengujian Delaminasi Perekat UF Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	96
32.	Analisis Keragaman Delaminasi Perekat UF Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	97
33.	Perhitungan Keragaman Delaminasi Perekat UF Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	98
34.	Uji Tukey Delaminasi Perekat UF.....	99
35.	Matrik Data Pengujian Delaminasi Perekat PF Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	100
36.	Analisis Keragaman Delaminasi Perekat PF Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	101
37.	Perhitungan Keragaman Delaminasi Perekat PF Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.....	102
38.	Uji Tukey Delaminasi Perekat PF.....	103
39.	Matrik Data Pengujian Kadar Air Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan	104

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, naskah, tulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan komersial  
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



# I. PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Berdasarkan proyeksi sensus penduduk tahun 1990 (SP'90) diperkirakan pada tahun 1995 penduduk Indonesia berjumlah 195.283.200 orang dengan laju pertumbuhan 1,98 % per tahun (Biro Pusat Statistik, 1990). Pada saat ini dan di masa yang akan datang jumlah penduduk yang tinggi ini masih tetap memerlukan dan mengandalkan kayu sebagai bahan untuk konstruksi, sumber energi, bahan baku kertas dan keperluan lainnya.

Di lain pihak sumberdaya hutan sebagai penghasil utama kayu mengalami kecenderungan menurun baik di dalam produksi kayu maupun luas areal hutannya. Hal ini diakibatkan oleh eksploitasi sumberdaya hutan yang berlangsung terus menerus, serta kurang diimbangi dengan penanaman dan pemeliharaan. Disamping itu kecenderungan penurunan ini juga disebabkan oleh adanya perubahan kawasan hutan menjadi lahan pertanian, perkebunan, pertambangan, perumahan dan sebagainya.

Untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut maka perlu dicari suatu teknologi yang dapat lebih mendayagunakan dan mengefisienkan pemanfaatan kayu di-

samping usaha menganekaragamkan sumberdaya kayu dengan cara mencoba memperkenalkan kayu-kayu yang relatif masih kurang dikenal.

Salah satu bentuk teknologi rekayasa kayu tersebut adalah pembuatan balok laminasi. Balok laminasi (glued laminated wood) merupakan suatu balok atau tiang yang dibuat dari beberapa lapisan kayu direkat satu dengan lainnya dengan semua lapisan mempunyai arah serat sama dengan sumbu memanjang. Balok laminasi dapat dibuat dari gabungan kayu bermutu tinggi dan atau bermutu rendah dari kayu berukuran kecil.

Adanya limbah kayu yang berasal dari pemanenan kayu di hutan maupun yang berasal dari industri pengolahan kayu dapat menjadi sumber potensial bahan baku pembuatan balok laminasi. Pemilihan dan penyortiran limbah yang tepat, akurat dan cepat dengan memperhatikan sifat limbah, bentuk dan ukuran limbah harus diperhatikan, karena hal ini dapat mempengaruhi kualitas balok laminasi yang dihasilkan.

Di dalam pembuatan balok laminasi pemilihan jenis perekat yang akan digunakan adalah sangat penting. Pada saat ini jenis perekat yang banyak digunakan adalah perekat sintetis seperti urea formaldehida (UF), phenol formaldehida (PF) ataupun jenis lainnya.



Perekat urea formaldehida lebih banyak digunakan sebagai perekat kayu interior, sedangkan phenol formaldehida untuk kayu eksterior. Pada umumnya hasil perekatan dengan menggunakan urea formaldehida ataupun phenol formaldehida mempunyai kualitas daya rekat yang baik. Akan tetapi perekat phenol formaldehida mempunyai harga yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan perekat Urea Formaldehida (Hemming dalam Skeist, 1962).

Di dalam pemilihan jenis perekat harus diperhatikan aspek ekonomis dan teknis perekat serta tujuan penggunaan produk. Diusahakan untuk memilih jenis perekat yang secara ekonomis murah, secara teknis mudah digunakan serta dapat menghasilkan produk yang berkualitas tinggi sesuai dengan tujuan penggunaan dari produk tersebut.

Program penganekaragaman sumberdaya kayu dapat dimulai dengan mencoba memperkenalkan kayu-kayu yang relatif masih kurang dikenal. Tingkat pemanfaatan yang masih rendah ini dicirikan oleh langkanya stok ataupun persediaan kayu tersebut di pasaran umum. Secara lebih jauh hal ini diakibatkan oleh masih rendahnya tingkat ilmu dan pengetahuan akan sifat-sifat dasar dan penggunaan kayu-kayu tersebut.



Dengan adanya jenis perlakuan tertentu terhadap kayu bermutu tinggi (sudah dikenal luas) dan atau bermutu rendah (masih kurang dikenal) maka tingkat efisiensi pemanfaatan kayu akan menjadi lebih tinggi, berdaya guna dan program penganeekaragaman sumberdaya kayu akan tercapai.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi ketebalan lamina dan jenis perekat tertentu sehingga diperoleh balok laminasi yang mempunyai kekuatan lentur maksimum.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

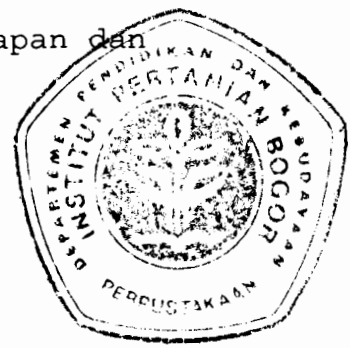
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Balok Laminasi

Balok laminasi (glued laminated wood) merupakan suatu balok atau tiang yang dibuat dari beberapa lapisan kayu dengan tebal masing-masing lapisan biasanya antara 2,5 - 5,0 cm, direkat satu dengan lainnya sehingga semua lapisan mempunyai arah serat sama dengan sumbu memanjang (Hansen, 1948; Brown et al., 1952).

Dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia tahun 1961 balok laminasi disebut "Konstruksi berlapis majemuk", yaitu konstruksi yang menggunakan papan tipis yang diletakkan satu dengan lain sedemikian rupa sehingga merupakan balok yang berukuran besar. Tebal papan tipis disarankan 25 - 50 mm.

Bentuk-bentuk balok laminasi bervariasi dalam jenis, jumlah lapisan, ukuran, bentuk dan ketebalan (Anonymous, 1974). Balok laminasi dapat dibuat dari kayu bermutu rendah dan atau bermutu tinggi dari kayu berukuran kecil (Wirjomartono, 1958). Berdasarkan cara penempatannya terhadap beban, balok laminasi dapat dibedakan menjadi balok laminasi horizontal dan balok laminasi vertikal, sedangkan berdasarkan bentuk penampangnya balok laminasi dapat dibedakan menjadi balok I, balok T, balok papan dan balok persegi panjang (Bodig dan Jayne, 1982).



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan tindakan lainnya tanpa mengutip dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan tesis, atau untuk masalah lain yang berkaitan dengan ilmu pengetahuan.  
b. Pengutipan tidak diperkenankan untuk tujuan komersial atau keuntungan finansial.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
Perpustakaan IPB University

Konstruksi kayu laminasi pertama kali dikenal di Eropa pada saat perang dunia pertama dan orang yang pertama kali membuatnya adalah Otto Hetzer sehingga di Eropa dikenal sebagai konstruksi Hetzer (Masano, 1973). Di Amerika Serikat balok laminasi pertama kali digunakan untuk komponen mebel, panel-panel serta alat-alat olah raga dan sekarang kayu laminasi telah banyak digunakan sebagai konstruksi bangunan (Anonymous, 1974). Di Indonesia penggunaan kayu laminasi belum banyak berkembang dan masih terbatas untuk mebel, lantai, dan bingkai bordir (Sutigna, 1979 dalam Kusnandar, 1980). Untuk ukuran konstruksi relatif besar penggunaan balok laminasi dapat dilihat di pintu gerbang masuk kampus ITB dan di menara Kudus.

Menurut Wirjomartono (1958), balok laminasi mempunyai beberapa kelebihan antara lain :

- a. Dapat membuat bagian bangunan yang besar dari kayu yang kecil.
- b. Memberikan kesan indah di dalam arsitektur bangunan, karena bentuk dari konstruksi dapat dibuat lebih bervariasi.
- c. Dapat menempatkan kayu bermutu rendah pada area yang tidak mengalami tegangan tinggi.
- d. Dapat memilih kayu bebas cacat.
- e. Dapat memungkinkan membuat balok dengan tebal irisan yang berbeda.



Kekurangan balok laminasi menurut Wirjomartono (1958)

adalah sebagai berikut :

- a. Memerlukan biaya produksi yang relatif besar
- b. Memerlukan bangunan dan peralatan khusus
- c. Kesulitan di dalam sistem transportasi untuk konstruksi-konstruksi besar

**Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi**

**Berat Jenis**

Menurut Wirjomartono (1958) sifat fisis balok laminasi dipengaruhi oleh sifat fisis kayu pembentuknya. Dengan demikian, balok lamimasi yang terbuat dari dua jenis kayu atau lebih yang memiliki nilai rata-rata berat jenis relatif sama cenderung diperoleh balok laminasi yang memiliki nilai rata-rata berat jenis relatif sama pula.

Stump et al. (1981), menerangkan bahwa berat jenis kayu laminasi yang terbentuk dari satu macam jenis konifer mempunyai nilai diantara berat jenis pembentuknya. Berat jenis kayu laminasi tersebut mengalami peningkatan 16% dari berat jenis kayu pembentuknya yang terendah dan mengalami penurunan 12% dari berat jenis kayu pembentuknya yang tertinggi.

Seng (1964), mengatakan bahwa pada umumnya pertambahan tebal dinding sel kayu dapat menyebabkan berat jenis kayu

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumbernya.  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penyusunan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau surat kabar, atau untuk tujuan lain yang bersifat non-komersial.  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

tersebut menjadi bertambah pula. Sehingga penambahan tebal dinding sel ini dapat menaikkan nilai keteguhan lentur kayu.

**Kadar Air**

Menurut Wirjomartono (1958), kadar air kayu yang akan digunakan untuk kayu laminasi dengan teknologi perekatan tidak lebih dari 18% dan perbedaan antara lapisan/papan dalam lapisan balok laminasi paling besar 3 %. Keadaan seperti ini dimaksudkan supaya hasil perekatan yang dihasilkan dapat lebih baik. Pada kayu laminasi kadar air bukan saja berpengaruh pada kekuatan kayu tetapi juga berpengaruh pada hasil perekatan kayu tersebut (Anonymous, 1961). Oleh karena itu kadar air pada kayu laminasi disyaratkan pada saat perekatan papan tidak lebih dari 15% dan perbedaan kadar air antar papan tidak lebih dari 5%.

Selanjutnya Kollman dan Cote (1968) mengatakan bahwa biasanya kayu akan bertambah kuat apabila terjadi penurunan kadar air, terutama bila terjadi di bawah titik jenuh serat.

**Pengembangan atau penyusutan Balok Laminasi**

Proses pengembangan dan penyusutan menurut Brown et al. (1952) adalah perubahan dimensi yang ditunjukkan oleh perubahan volume kayu yang terjadi akibat perubahan kadar air di bawah titik jenuh serat. Trisnanti (1987) menyatakan bahwa jenis balok laminasi (konvensional atau mekanis)

Hak cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Tidak diperbolehkan untuk menyalin, menduplikasi, atau menyalin kembali seluruh atau sebagian dari isi dokumen ini tanpa izin tertulis dari pengelola dan penyelenggara sistem informasi.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



berpengaruh terhadap besarnya penyusutan volume balok laminasi dari keadaan kering udara ke kering tanur. Penyusutan balok laminasi konvensional pada umumnya lebih kecil jika dibandingkan dengan penyusutan balok laminasi mekanis. Hal ini disebabkan karena kadar air kering udara balok laminasi konvensional lebih rendah dibandingkan dengan balok laminasi mekanis.

Pada balok laminasi, perekat akan mempengaruhi kestabilan dimensi kayu. Adanya perekat yang masuk ke dalam kayu dan mengeras akan menghalangi serat kayu untuk menyerap air (Brown et al., 1952).

**Sifat Kekakuan Balok Laminasi**

Sifat kekakuan kayu merupakan ukuran kemampuan kayu untuk menahan lenturan tanpa terjadi perubahan bentuk yang tetap, dinyatakan dalam MOE (Modulus of Elasticity). Pada kayu dengan beban lenturan, penambahan lenturan akan sebanding dengan penambahan beban sampai saat batas proporsi tercapai, di luar batas proporsi regangan akan meningkat lebih cepat dibandingkan dengan tegangan yang diberikan (Wangaard, 1950; Mardikanto, 1979).

Trisnanti (1987) mengatakan bahwa jenis balok laminasi (konvensional atau mekanis) sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai kekakuan balok laminasi, nilai rata-rata MOE balok laminasi konvensional dibandingkan balok lamisasi mekanis adalah 18 : 1.

Harapnya Di dalam...  
1. ...  
2. ...  
Perpustakaan IPB University

### Keteguhan Lentur Statis (MOR) Balok Laminasi

Keteguhan lentur statis merupakan ukuran kemampuan benda untuk menahan beban lentur maksimum sampai saat benda tersebut mengalami kerusakan. Besarnya hasil pengujian keteguhan lentur statis ini dinyatakan dalam Modulus of Rupture (MOR) (Wangaard, 1950; Brown, 1952). Jenis kayu yang memiliki kerapatan yang tinggi akan menghasilkan balok laminasi yang memiliki nilai keteguhan lentur statis yang tinggi, karena kekuatan kayu berbanding lurus dengan kerapatannya.

### Sambungan dengan Perekat

Sambungan merupakan titik terlemah dari suatu konstruksi. Dalam perencanaan konstruksi kayu harus diperhitungkan cara menyambung dan menghubungkan kayu tertentu sehingga dalam batas-batas tertentu gaya tarik dan gaya tekan yang timbul dapat diterima dan atau disalurkan (Tular dan Idris, 1981).

Wirjomartono (1977) mengatakan bahwa sambungan kayu dapat dibagi dalam tiga golongan besar yaitu sambungan desak, tarik dan momen. Di dalam perhitungan kekuatan sambungan kayu tidak hanya didasarkan beban patah (maksimum) saja, akan tetapi harus diperhitungkan juga sesaran sambungan tersebut.

HeCipia Induranda-undang  
1. larang menguak seba-an atau  
Penggunaan hwa untuk kepe-  
Penggunaan trik me-anhan yan  
2. Chalang mengumhkan dan m-  
HeCipia Induranda-undang  
1. larang menguak seba-an atau  
Penggunaan hwa untuk kepe-  
Penggunaan trik me-anhan yan  
2. Chalang mengumhkan dan m-  
HeCipia Induranda-undang  
1. larang menguak seba-an atau  
Penggunaan hwa untuk kepe-  
Penggunaan trik me-anhan yan  
2. Chalang mengumhkan dan m-  
HeCipia Induranda-undang  
1. larang menguak seba-an atau  
Penggunaan hwa untuk kepe-  
Penggunaan trik me-anhan yan  
2. Chalang mengumhkan dan m-

IPB University



Wirjomartono (1977) menggolongkan alat-alat sambung menjadi empat golongan yaitu :

- a. Paku, baut, sekrup kayu dan sebagainya
- b. Pasak-pasak kayu keras dan sebagainya
- c. Alat-alat sambung modern seperti kokot, aligator, bufa, cincin belah dan sebagainya.
- d. Perekat.

Perekat adalah suatu bahan yang mampu menggabungkan beberapa bahan lain yang akan dipadukan dengan cara per-pautan antar permukaan. Perekat digunakan karena dapat dipakai untuk menggabungkan bahan-bahan, terutama bahan-bahan yang tidak dapat digabungkan dengan alat penggabung lainnya, seperti bahan-bahan yang tipis atau partikel-partikel. Selain itu stabilitas dimensi bahan-bahan yang digabungkan dengan perekat lebih tinggi dibandingkan dengan pengerjaan secara mekanis. Disamping itu perekat merupakan isolator terhadap panas dan aliran listrik serta tidak berkarat.

Knight (1952), menggolongkan perekat menjadi dua golongan besar yaitu perekat alami yang berasal dari hewan atau tumbuhan serta perekat sintetik yang lebih modern dan banyak digunakan.

Selanjutnya FAO (1966), membagi perekat sintetik ke dalam golongan perekat "Thermosetting" dan "Thermoplastic". Perekat thermosetting merupakan perekat yang dapat mengeras

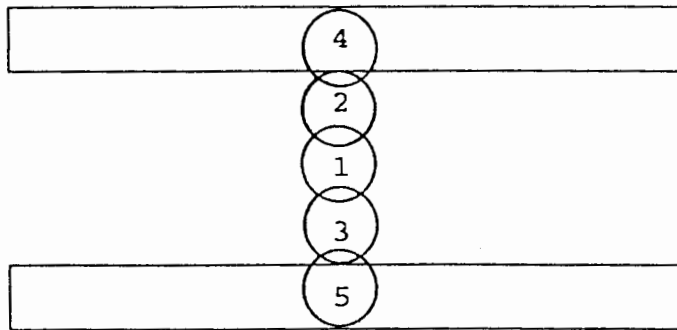
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau tulisan lainnya.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.







digambarkan pada model sederhana gambar 1 berikut :



Gambar 1. Lima (5) rantai ikatan yang terdapat dalam perekatan

Keterangan :

- 1 = Ikatan yang terdapat di dalam perekatan yang merupakan Film perekat. Kekuatannya ditentukan oleh gaya kohesi molekul-molekul perekat. Semakin kuat gaya kohesi perekat maka semakin tinggi kekuatannya. Besar kecilnya gaya kohesi ini dipengaruhi oleh komponen-komponen kimia perekat.
- 2 - 3 = Ikatan yang dibentuk antara perekat dengan permukaan kayu. Di sini bekerja perekatan mekanik dan perekatan spesifik.
- 4 - 5 = Ikatan yang terdapat di dalam kayu, hubungannya dengan kekuatan glue line ditentukan oleh kekuatan pada permukaan kayu dimana perekat melekat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi perekatan bisa berasal dari perekat maupun dari kayunya sendiri. Faktor lain yang juga berpengaruh adalah suhu kempa, waktu tunggu, berat labur dan besarnya tekanan (Brown et al., 1952), sedangkan faktor-faktor yang banyak berpengaruh terhadap kekuatan









Gambaran Umum Bahan Penelitian

**Jeunjing (*Paraserianthes falcataria*)**

Jeunjing termasuk ke dalam Famili Leguminosae, banyak dijumpai di Pulau Jawa (tanaman), Maluku, Sulawesi Selatan dan Irian Jaya. Umumnya hidup di tempat terbuka pada ketinggian hingga 1.600 m dpl (Anonymous, 1980). Pohon ini dapat mencapai tinggi hingga 40 m dengan tinggi batang bebas cabang 10 - 30 m, dan bisa mencapai diameter 80 cm. Kayu jeunjing mempunyai berat jenis antara 0,24 - 0,49 (0,33) termasuk ke dalam kelas kuat dan kelas awet IV - V. Kayu gubalnya berwarna putih sedangkan kayu terasnya kemerah-merahan. Tekstur kayunya agak kasar dengan serat lurus atau terpadu. Kayunya lunak dan mudah dikerjakan, daya retak dan kembang susutnya agak besar (Anonymous, 1980).

Al Rasyid (1973), mengatakan bahwa kayu jeunjing merupakan salah satu jenis kayu yang tumbuh cepat, sehingga dalam waktu yang relatif singkat sudah bisa dipungut hasilnya. Pada umur 6 tahun jenis ini sudah dapat menghasilkan kayu bulat, dan kayunya sesuai untuk bahan bangunan ringan di bawah atap atau keperluan yang bersifat sementara. Daur paling baik tanaman ini adalah sekitar 15 tahun. Daur pada tanaman milik rakyat dapat dikatakan tidak pasti dan biasanya ditentukan menurut maksud penggunaan kayunya.

Perpustakaan IPB University



Penggunaan kayu jeunjing ini untuk bahan bangunan ringan di bawah atap dan atau untuk keperluan lain yang bersifat sementara sangat sesuai dengan kualitasnya (Anonymous, 1981). Kayu jeunjing dapat digunakan juga untuk papan, pagar, tiang bangunan rumah, peti sabun, perabotan rumah tangga, kayu lapis, pulp dan kertas dan bisa juga digunakan untuk pembuatan perahu (sampan).

**Mangium (*Acacia mangium* Wild)**

Pohon mangium termasuk ke dalam famili Leguminosae, banyak dijumpai di Kepulauan Maluku Selatan, Irian Jaya bagian Selatan, Kepulauan Aru, Seram bagian Barat dan daerah Avagado (Sindusuwarno dan Utomo, 1980). Anonymous (1983) menyatakan bahwa pada umumnya berat jenis mangium berdasarkan berat kering tanur dan volume basah untuk kayu yang berasal dari hutan tanaman berkisar antara 0,40 - 0,45, sedangkan kayu yang berasal dari hutan alam memiliki berat jenis  $\pm 0,60$ .

Hartono (1987) memperoleh berat jenis kayu mangium dari hutan tanaman pada kondisi volume kering tanur, volume kering udara dan volume basah masing-masing sebesar 0,474, 0,456 dan 0,437.

Hasil pengujian kekuatan kayu contoh kecil bebas cacat menunjukkan bahwa mangium umur 81 bulan dapat digolongkan pada kelas kuat III, sedangkan untuk kayu berumur 53 bulan digolongkan pada kelas Kuat IV (Hartono, 1987). Rozalen

@Hak cipta milik IPB University  
1. Untuk keperluan akademik atau untuk keperluan penelitian, pengajaran, dan penyusunan laporan yang wajar di lingkungan IPB University.  
2. Untuk keperluan lain yang memerlukan izin terlebih dahulu kepada pihak yang bersangkutan.

(1987) memperoleh nilai berat jenis kering udara kayu mangium umur 81 bulan sebesar 0,58 dan menggolongkannya pada kelas kuat III.

**Bangkirai (*Shorea laevifolia*)**

Kayu bangkirai termasuk ke dalam famili Dipterocarpaceae dengan daerah penyebaran hampir seluruh wilayah Kalimantan. Ciri umum kayu bangkirai adalah kayu teras berwarna kuning - coklat dan kayu gubal berwarna coklat muda pucat kekuning-kuningan setebal 1 - 2,5 cm. Tekstur halus sampai agak kasar dengan arah serat lurus atau berpadu. Permukaan kayu licin dan mengkilap atau berganti-ganti antara licin dan kasar karena arah serat yang berpadu (Martawijaya dan Kartasujana, 1982).

Selanjutnya dijelaskan kayu bangkirai termasuk kelas kuat I - II dengan berat jenis 0,91 ( 0,60 - 1,16). Kayunya sangat keras dengan nilai penyusutan sebesar 4,50% dalam arah radial dan 8,30% dalam arah tangensial ( basah sampai kering).

**Perekat Urea Formaldehida (UF)**

Menurut Houwink dan Salomon (1965); Shields (1970); Kollman et al.(1975), perekat urea formaldehida termasuk ke dalam tipe perekat MR (Moisture Resistant and Moderately Weather Resistant - tahan lembab dan setengah tahan cuaca). Mempunyai ketahanan untuk beberapa tahun pada keadaan yang tidak terlindung dari cuaca, tahan terhadap air dingin

Hak Cipta dilindungi Undang-undang. I. Pengangguangguip sebagai...  
2. Pengangguangguip...  
IPB University  
Perpustakaan IPB University



untuk periode yang lama dan terhadap air panas untuk periode yang terbatas, tidak tahan terhadap air mendidih.

### Phenol Formaldehida (PF)

Perekat phenol formaldehida termasuk tipe perekat kedap air dan tahan terhadap perubahan cuaca yang cukup besar, tetapi harganya relatif mahal dan memerlukan suhu kempa yang tinggi (Javri dalam Susetiowati, 1982). Karena sifatnya yang tahan air dan perubahan suhu yang cukup besar, maka phenol formaldehida digunakan untuk pemakaian di luar ruangan dan dimasukkan ke dalam tipe perekat eksterior. Warna gelap sering merupakan kelemahan dari perekat ini, yang sampai batas tertentu dapat dikurangi dengan pigmen warna putih (Houwink dan Salomon, 1965). Selanjutnya dikatakan bahwa ketahanan perekat phenol formaldehida beragam untuk jenis kayu yang berbeda dan faktor ketebalan garis rekat berpengaruh terhadap ketahanan perekat ini.



### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### Bahan dan Alat

##### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu jeunjing (*Paraserianthes falcataria*), kayu mangium (*Acacia mangium* Wild), kayu bangkirai (*Shorea laevifolia*) serta perekat urea formaldehida (UF) dan phenol formaldehida (PF) dalam kondisi siap pakai diperoleh dari PT. Palmolite Adhesives Industry Probolinggo, Jawa Timur.

##### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- a. Gergaji mesin
- b. Pisau dan golok
- c. Mesin serut dan pengampelas kayu
- d. Timbangan
- d. Oven
- e. Kaliper
- f. Kuas
- g. Ember plastik
- h. Deflektometer
- i. Mesin kempa
- j. Mesin uji kekuatan kayu merk Baldwin
- k. Alat tulis menulis

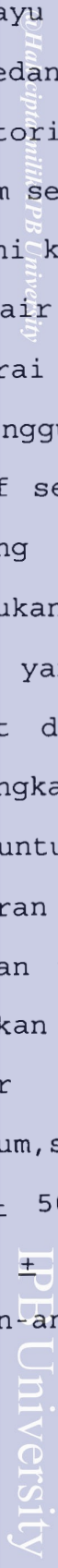




### Pembuatan Contoh Uji

Kayu jeunjing dan bangkirai diperoleh dari pasaran umum sedangkan kayu mangium dari tanaman yang ada di dekat Laboratorium Geodesi Fakultas Kehutanan IPB. Untuk kayu mangium setelah digergaji, dipotong dan dibelah, potongan kayu ini kemudian dioven dalam kiln drying sampai mencapai kadar air  $\pm 24 \%$ . Kemudian kayu mangium, jeunjing dan bangkirai tersebut dikeringkan dengan bantuan kipas angin  $\pm 3$  minggu sampai mencapai kadar air kering udara yang relatif seragam. Kemudian kayu-kayu tersebut dibelah dan dipotong sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan (kayu lamina). Untuk mencapai bentuk dan ukuran yang akurat dan seragam, kayu lamina tersebut diserut dan diampelas. Kemudian lamina kayu tersebut digabungkan satu dengan yang lainnya dengan perekat. Berat labur untuk masing-masing jenis perekat adalah  $0,2 \text{ kg/m}^2$ . Pelaburan dilakukan pada kedua sisi permukaan lamina. Kemudian tiap lamina digabungkan dan dikempa. Pengempaan dilakukan dengan kempa dingin yaitu menggunakan klem yang diputar dengan tangan sampai mencapai putaran maksimum, selanjutnya dike ringkan pada kiln drying pada suhu  $\pm 50^\circ \text{ C}$  selama  $\pm 3$  jam, kemudian klem dibiarkan selama  $\pm 48$  jam. Kemudian klem dibuka dan balok laminasi diangin-anginkan selama 1 minggu.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang memperbanyak atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
a. Untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan tesis, atau untuk keperluan lain.  
b. Diperbolehkan untuk mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
2. Dilarang mengutip, menyalin, dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

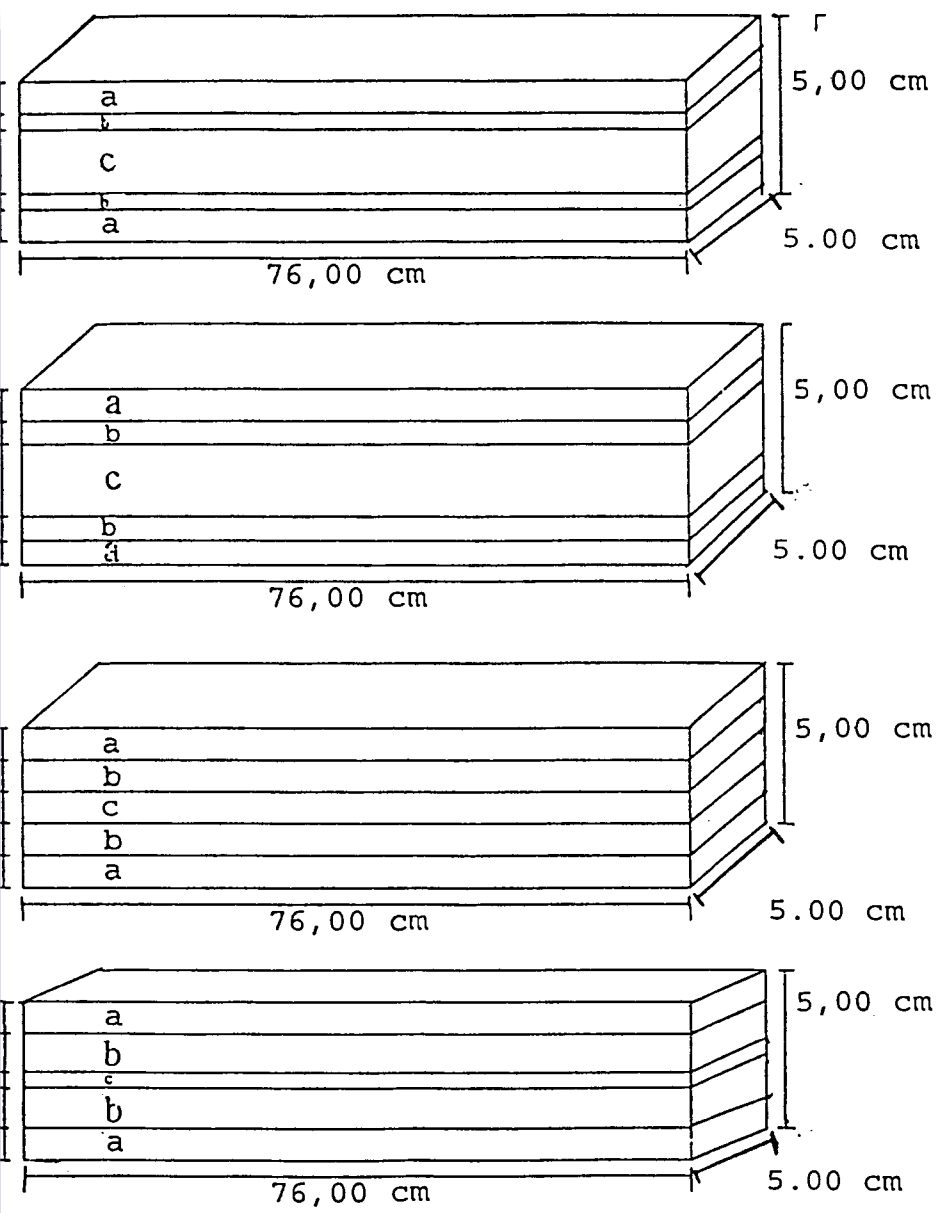




Contoh uji dibuat dalam bentuk balok laminasi terdiri dari 5 lapis dengan panjang  $\pm 100,00$  cm dan variasi ketebalan kayu laminanya adalah 0,50 cm, 0,75 cm, 1,00 cm, 1,25 cm, 1,50 cm dan 2,00 cm. Ketebalan lapisan terluar balok laminasi dibuat tetap yaitu 1,00 cm. Kayu lamina penyusun balok laminasi tersebut terdiri dari 3 jenis kayu dengan berat jenis (BJ) yang berbeda. Pada bagian terluar balok laminasi ditempatkan kayu lamina dengan berat jenis yang tertinggi, ditengah balok ditempatkan kayu lamina dengan berat jenis terendah, sedangkan kayu lamina berberat jenis sedang ditempatkan di antara lapisan tengah dan luar. Kemudian contoh uji tersebut dipotong (sesuai standar ASTM D 143-52) menjadi berukuran 5 x 5 x 76 cm untuk pengujian kekuatan lentur statisnya, sedangkan sisa potongan balok laminasi tersebut digunakan untuk pengujian berat jenis (BJ), kerapatan (K), kadar air (KA), pengembangan volume(PV), keteguhan geser rekat (KGR) dan delaminasi (D). Untuk tiap-tiap kombinasi perlakuan dibuat tiga jenis balok utuh sesuai dengan berat jenis kayu yang digunakan dan berukuran 5 x 5 x 76 cm.

Bentuk dan ukuran contoh uji untuk masing-masing kombinasi perlakuan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.

Hak cipta Dilindungi undang-undang  
1. Dianggotai atau tidak  
a. mengizinkan orang lain untuk menyalin, mendistribusikan, atau memperagakan secara publik, dengan syarat-syarat tertentu, dan/atau untuk tujuan pendidikan atau penelitian, dengan syarat-syarat tertentu.  
b. Diizinkan untuk menyalin, mendistribusikan, atau memperagakan secara publik, dengan syarat-syarat tertentu, dan/atau untuk tujuan pendidikan atau penelitian, dengan syarat-syarat tertentu.  
2. Diizinkan untuk menyalin, mendistribusikan, atau memperagakan secara publik, dengan syarat-syarat tertentu, dan/atau untuk tujuan pendidikan atau penelitian, dengan syarat-syarat tertentu.

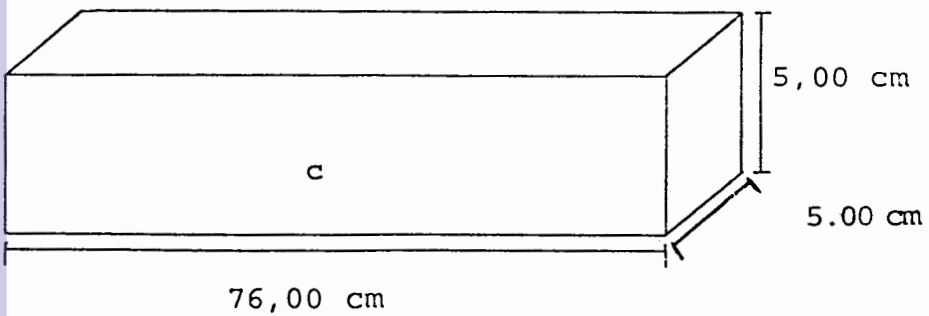
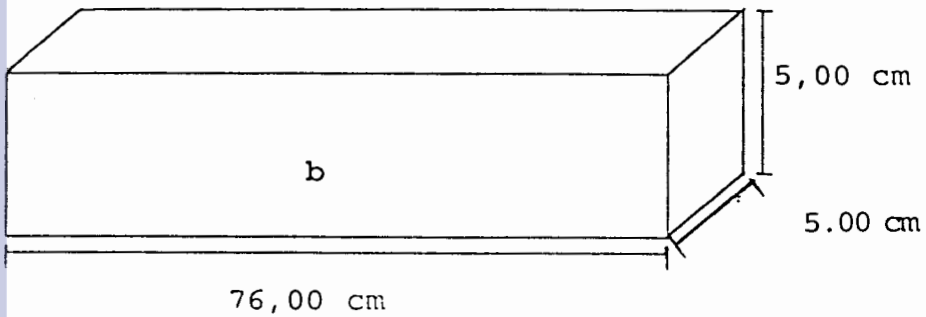
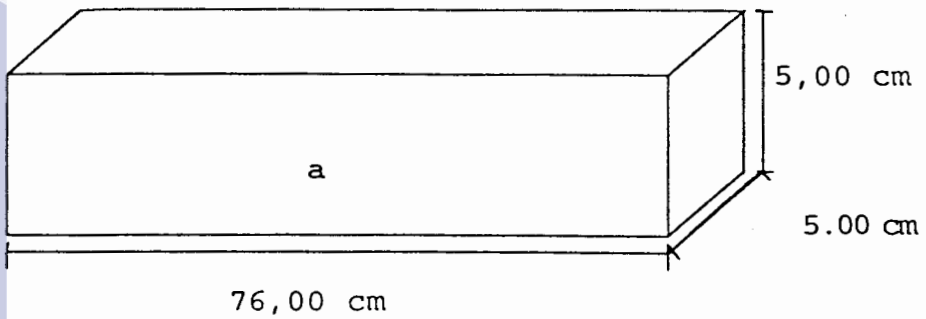


Keterangan :

- a = Kayu Bangkirai (BJ tinggi)
- b = Kayu Mangium (BJ sedang)
- c = Kayu Jeunjing (BJ rendah)

Gambar 2. Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Lentur Menurut Berbagai Jenis Kombinasi Ketebalan Lamina dan Jenis Perekat ( UF atau PF )

Hak cipta milik IPB University  
 Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Keterangan .:

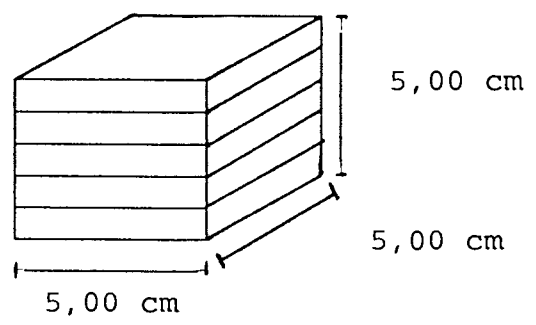
- a = Kayu Bangkirai (BJ tinggi)
- b = Kayu Mangium (BJ sedang)
- c = Kayu Jeunjing (BJ rendah)

Gambar 3. Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Lentur Menurut Jenis Kayu (Kontrol)

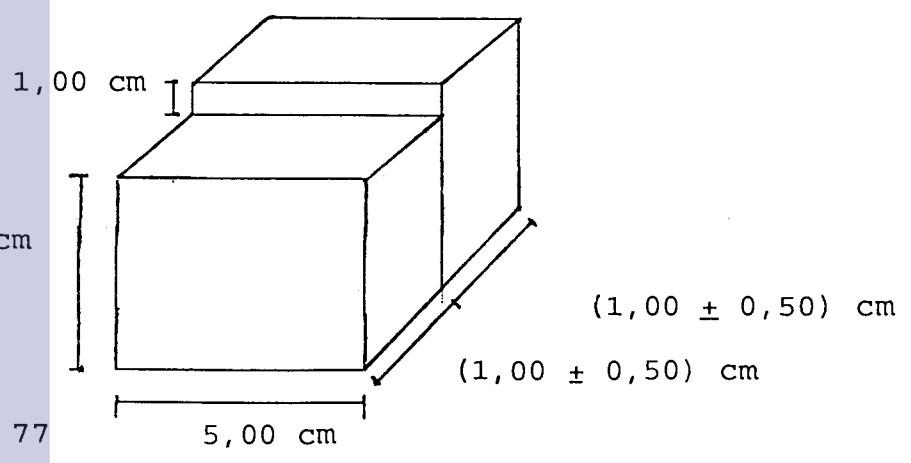


@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 4. Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Berat Jenis (BJ), Kerapatan(K), Kadar Air(KA), Pengembangan Volume (PV) dan Delaminasi (D)



Gambar 5. Bentuk dan Ukuran Contoh Uji Keteguhan Geser Rekat (KGR)

Prosedur Pengujian

Pengujian Berat Jenis

Urutan pengujian berat jenis adalah sebagai berikut :

a. Contoh uji ditimbang, kemudian dicelupkan ke dalam larutan parafin. Gelas piala diisi air kemudian ditimbang. Contoh uji yang berparafin dicelupkan ke dalam gelas piala yang berisi air, kemudian keduanya ditimbang. Sehingga didapatkan berat air yang setara dengan volume kayu (BVKU).

b. Setelah lapisan parafin pada contoh uji dihilangkan, kemudian contoh uji dimasukkan ke dalam oven pada suhu  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , hingga mencapai berat yang konstan. Nilai ini merupakan berat kering tanur (BKT).

Nilai Berat Jenis diperoleh dengan rumus :

$$BJ_{(KU)} = \frac{BKT \text{ (g)}}{BVKU \text{ (g)}}$$

- Keterangan :
- $BJ_{(KU)}$  = Berat jenis kering udara
  - BKT = Berat kering tanur (g)
  - BVKU = Berat air yang setara dengan volume kayu kering udara (g)

Pengujian Kadar Air

Urutan pengujian kadar air adalah sebagai berikut :

- a. Contoh uji ditimbang pada kondisi kering udara (BKU).
- b. Kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu  $103 \pm 3^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai berat konstan. Nilai ini merupakan berat kering tanur (BKT).

Hakipta milik IPB University  
 Cipta Dilindungi Undang-undang  
 dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
 Penyalinan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 Perpuustakaan IPB University



Kadar air diperoleh dengan rumus :

$$KA = \frac{BKU - BKT}{BKT} \times 100\%$$

Keterangan :  
 KA = Kadar air (%)  
 BKT = Berat kering tanur (g)  
 BKU = Berat kering udara (g)

**Pengujian Pengembangan Volume**

Contoh uji dibuat menurut British standard 373 : 1957 dengan modifikasi ukurannya yaitu 5 cm x 5 cm x 5 cm.

Pengukuran dilakukan sebelum perendaman dalam air selama lebih kurang 1 minggu. Dimensi yang diukur ialah panjang, lebar dan tebal.

Nilai pengembangan volume diperoleh dengan rumus:

$$PV = \frac{Vb - Va}{Va} \times 100\%$$

Keterangan :  
 PV = Pengembangan volume (%)  
 Va = Volume awal (cm<sup>3</sup>)  
 Vb = Volume akhir (cm<sup>3</sup>)

**Pengujian Keteguhan Geser Rekat dan Delaminasi**

Pengujian keteguhan geser rekat dilakukan menurut ASTM D 805 - 1952. Bentuk dan ukuran contoh uji keteguhan geser rekat seperti contoh uji geser pada kayu utuh.

Nilai keteguhan geser rekat diperoleh dengan rumus :

$$KGR = \frac{P}{A}$$

Keterangan :  
 KGR = Nilai keteguhan geser rekat (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 P = Beban (Kg)  
 A = Luas bidang geser (cm<sup>2</sup>)



Pengujian delaminasi dilakukan berdasarkan standar Jepang dimana contoh uji yang digunakan diambil dari bekas contoh uji lentur. Contoh uji dipotong sepanjang 5,00 cm didekat bagian yang patah dari contoh uji lentur. Kemudian diberikan perlakuan sesuai dengan jenis perekat yang digunakan. Contoh uji yang menggunakan perekat phenol formaldehida (pengujian tipe I untuk kayu eksterior) diberi perlakuan berurutan sebagai berikut :

1. Contoh uji direndam dalam air mendidih selama 4 jam
2. Contoh uji dikeringkan dalam oven  $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$  selama 20 jam
3. Contoh uji direndam dalam air mendidih selama 4 jam
4. Contoh uji dikeringkan dalam oven  $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam.

Untuk contoh uji yang menggunakan perekat urea formaldehida (pengujian tipe II untuk kayu interior) diberi perlakuan sebagai berikut :

1. Contoh uji direndam air  $70 \pm 3^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam
2. Contoh uji dikeringkan dalam oven  $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam.

Untuk kedua tipe pengujian itu kemudian dilakukan pengukuran persentase lepasnya bagian bidang rekat antar lamina (delaminasi).

Menurut standar Jepang, ukuran contoh uji adalah 7,5 x 7,5 cm. Persyaratan minimum untuk memenuhi syarat baik

Hak cipta dilindungi undang-undang  
1. Dengan menggunakan sebagian atau seluruh isi tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber  
a. pengutipan harus untuk tujuan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. pengutipan harus mencantumkan nama dan alamat penulis dan penerbit yang bersangkutan  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



atau tidaknya contoh uji adalah bila lapisan yang terlepas/terbuka (terdelaminasi) kurang dari 5 cm, bila lebih besar atau sama dengan 5 cm berarti tidak memenuhi syarat. Modifikasi dalam penelitian ini adalah melihat berapa bagian yang masih utuh dan berapa bagian yang terlepas. Hal ini dikarenakan contoh ujinya berukuran 5,00 cm x 5,00 cm. Luas permukaan yang terlepas dicari dengan cara sebagai berikut :

1. "Thickness gauge" setebal 0,70 cm dimasukkan ke dalam kuakan yang terjadi sehingga dapat diketahui luas lapisan yang terlepas, yaitu seluas "Thickness gauge" yang masuk ke dalam kuakan.
2. Kuakan tersebut diplotkan ke atas kertas milimeter. Hal ini dilakukan hingga seluruh kuakan yang terjadi tergambar di atas kertas milimeter. Dengan demikian luas lapisan yang terbuka dapat diketahui. Nilai delaminasi didapatkan dengan rumus :

$$D = \frac{L_t}{L_s} \times 100\%$$

Keterangan :  
 D = Delaminasi (%)  
 Lt = Luas permukaan yang terbuka (cm<sup>2</sup>)  
 Ls = Luas seluruh permukaan yang direkat pada contoh uji tersebut (cm<sup>2</sup>)

**Pengujian Kekakuan**

Pengujian kekakuan dilakukan dengan cara pembebanan terpusat pada titik tengah bentang balok. Posisi balok

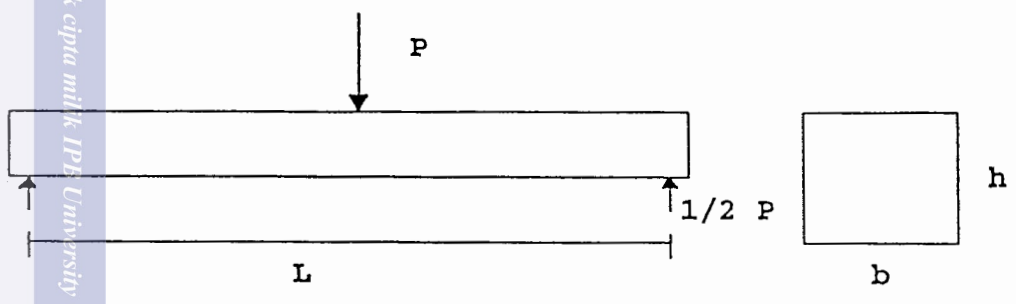


Halnya Didang...  
 1. Urang nggugut...  
 2. Uniang mengun...





dalam keadaan horisontal, beban diberikan dari atas tegak lurus dengan sumbu memanjang balok. Skema pembebanan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 6. Skema Pembebanan Secara Terpusat

Kekakuan balok laminasi diperoleh melalui rumus :

$$MOE = \frac{1 \cdot \Delta P \cdot L^3}{4 \cdot \Delta y \cdot b \cdot h^3}$$

- Keterangan :
- MOE = Modulus Of Elasticity (Kg/cm<sup>2</sup>)
  - ΔP = Beban sampai batas proporsi (Kg)
  - L = Jarak sangga (cm)
  - Δy = defleksi yang terjadi (cm)
  - b = lebar contoh uji (cm)
  - h = tebal contoh uji (cm)

Pengujian Keteguhan Lentur

Pengujian keteguhan lentur merupakan kelanjutan dari pengujian kekakuan sampai contoh uji mengalami kerusakan (patah). Pengujian ini dilakukan dengan pembebanan terpusat. Kekuatan lentur diperoleh dengan rumus :

$$MOR = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

Hak cipta milik IPB University  
 Cipta Dilindungi Undang-undang  
 dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya, tulis in tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan  
 Pengutipan tidak mengizinkan penyalinan yang merugikan IPB University.  
 Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya tulis in dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Keterangan : MOR = Modulus of Rupture (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 P = Beban sampai batas patah (Kg)  
 L = Jarak sangga (cm)  
 b = lebar contoh uji (cm)  
 h = tebal contoh uji (cm)

**Rancangan Percobaan**

Di dalam pengolahan data digunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial 2 x 4. Tiap kombinasi perlakuan menggunakan 3 ulangan. Di dalam rencana penelitian ini menggunakan 2 faktor yaitu faktor kombinasi ketebalan lamina penyusun balok laminasi dan jenis perekat.

Faktor kombinasi ketebalan lamina (A) mempunyai 4 taraf perlakuan yaitu kombinasi ketebalan lamina A1 (0,50 dan 2,00 cm), A2 (0,75 dan 1,50 cm), A3 (1,00 dan 1,00 cm) dan A4 (1,25 dan 0,50 cm). Faktor jenis perekat (B) mempunyai 2 taraf perlakuan yaitu B1 (Urea Formaldehida) dan B2 (Phenol Formaldehida). Respon yang diukur adalah kekakuan lentur balok laminasi (MOE), keteguhan lentur (MOR), berat jenis (BJ), kerapatan (K), kadar air (KA), keteguhan geser rekat (KGR) dan persentase delaminasi (D).

Model yang digunakan adalah model aditif linier menurut kaidah Sudjana (1985) yaitu :

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_k(ij)$$

Keterangan : i = Taraf untuk kombinasi ketebalan lamina yaitu 1 = (0,50 dan 2,00 cm), 2 = (0,75 dan 1,50 cm), 3 = (1,00 dan 1,00 cm) dan 4 = (1,25 dan 0,50 cm)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 2. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun tanpa izin penerbit  
 3. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 4. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 5. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 6. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 7. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 8. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 9. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit  
 10. Dilarang mengutip atau menyalin sebagian atau seluruh isi buku ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penerbit

- $j$  = Taraf untuk jenis perekat yaitu 1 = Urea Formaldehida (UF) dan 2 = Phenol Formaldehida (PF)  
 $k$  = Ulangan 1,2 dan 3  
 $Y_{ijk}$  = Nilai pengamatan sebagai hasil pengaruh bersama taraf ke- $i$  faktor A dan taraf ke- $j$  faktor B pada ulangan ke- $k$   
 $U$  = Nilairata-rata harapan  
 $A_i$  = Pengaruh sebenarnya taraf ke- $i$  dari faktor A  
 $B_j$  = Pengaruh sebenarnya taraf ke- $j$  dari faktor B  
 $(AB)_{ij}$  = Pengaruh interaksi antara taraf ke- $i$  dari faktor A dengan taraf ke- $j$  dari faktor B  
 $Ek(ij)$  = Kesalahan percobaan pada ulangan ke- $k$  dari perlakuan ( $ij$ )

Adapun kombinasi perlakuannya adalah : A1B1, A1B2, A1B3, A1B4, A2B1, A2B2, A2B3 dan A2B4.

Nilai F-hitung dibandingkan dengan nilai F-tabel pada selang kepercayaan tertentu :

1. Bila  $F\text{-hit} < F\text{-tab}$ , maka perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata pada suatu tingkat kepercayaan.
2. Bila  $F\text{-hit} > F\text{-tab}$ , maka perlakuan memberikan pengaruh yang nyata pada suatu tingkat kepercayaan.

Jika  $k$  perlakuan memberikan perbedaan yang nyata pada suatu tingkat kepercayaan, maka harus diuji sehingga terlihat perbedaannya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Tukey (HSD), yaitu pengujian yang dilakukan atas dasar perbedaan harga rata-rata respon pada setiap tingkat atau level dari kedua faktor. Pengujian dengan metode Tukey menggunakan rumus :



$$\omega = Q\alpha (p, n) \cdot Sx$$

Keterangan :

- $Q\alpha$  = diperoleh dari tabel untuk tingkat tertentu
- $p$  = jumlah perlakuan
- $n$  = derajat bebas dari kesalahan percobaan
- $\omega$  = digunakan untuk menentukan selang kepercayaan bagi perbedaan perbedaan yang ada.
- $Sx$  = Simpangan baku yang dapat dihitung dengan rumus :
- $Sx = \frac{Se^2}{r}$
- $Se^2$  = Keragaman kesalahan percobaan
- $r$  = Jumlah pengamatan untuk setiap harga rata-rata yang dibandingkan
- $n$  = Derajat kesalahan percobaan

Tabel 1. Matriks Rancangan Percobaan Faktorial 2 x 4

Faktor A	Faktor B		Jumlah
	B1	B2	
A1	Y111	Y211	
	Y112	Y212	
	Y113	Y213	
	Y11.	Y21.	Y.1.
A2	Y121	Y221	
	Y122	Y222	
	Y123	Y223	
	Y12.	Y22.	Y.2.
A3	Y131	Y231	
	Y132	Y232	
	Y133	Y233	
	Y13.	Y23.	Y.3.
A4	Y141	Y241	
	Y142	Y242	
	Y143	Y243	
	Y14.	Y24.	Y.4.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber.  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 2. Analisis Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hit
Perlakuan				
A	(a-1)	JKA	KTA	KTA/KTE
B	(b-1)	JKB	KTB	KTB/KTT
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	KTAB/KTE
Error	ab(k-1)	JKE	KTE	
<b>Total</b>	<b>abk-1</b>	<b>JKT</b>		

© Tak cipta milik IPB University

IPB University

1. Cipta Dilindungi Hak Cipta dan Paten. Tidak diperbolehkan untuk menyalin, mendistribusikan atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
 2. Dilarang mengutip, mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
 3. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 4. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.





## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Sifat Fisis

Nilai rata-rata hasil pengujian sifat fisis balok laminasi untuk berbagai kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan data selengkapnya disajikan pada Lampiran 1, 2 dan 3.

Tabel 3. Nilai Rataan Berat Jenis, Kadar Air dan Pengembangan Volume Balok Laminasi Pada erbagai Kombinasi Perlakuan

Sifat Fisis	Kombinasi Ketebalan Lamina (cm)							
	A1		A2		A3		A4	
	UF	PF	UF	PF	UF	PF	UF	PF
BJ	0,52	0,50	0,55	0,54	0,56	0,55	0,56	0,55
KA(%)	18,74	18,85	18,82	18,51	18,56	18,34	18,95	18,73
PV(%)	3,29	3,37	3,57	2,76	4,02	4,19	3,51	3,87
Keterangan	:		A1	=	Kombinasi ketebalan lamina(0,50 dan 2,00 cm)			
			A2	=	Kombinasi ketebalan lamina(0,75 dan 1,50 cm)			
			A3	=	Kombinasi ketebalan lamina(1,00 dan 1,00 cm)			
			A4	=	Kombinasi ketebalan lamina(1,25 dan 0,50 cm)			

Pada Tabel 3 dapat dilihat nilai rata-rata berat jenis balok laminasi terendah adalah 0,50 dan tertinggi 0,56 dengan nilai rata-rata total 0,54. Nilai rata-rata kadar air balok laminasi terendah adalah 18,34% dan tertinggi 18,95 % dengan nilai rata-rata total 18,69 %, sedangkan nilai rata-rata pengembangan volume balok laminasi terendah 2,76 % dan tertinggi 4,19 % dengan nilai rata-rata total 3,57 %.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Matrik data pengujian sifat fisis balok laminasi yang meliputi berat jenis, kadar air dan pengembangan volume serta analisis dan perhitungan keragamannya disajikan pada Lampiran 7 sampai Lampiran 15.

Berdasarkan hasil analisis keragaman berat jenis, kadar air dan pengembangan volume kemudian disajikan rekapitulasinya seperti dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Analisis Keragaman Sifat Fisis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sifat Fisis	Sumber Keragaman	Fhit	Ftabel	
			5%	1%
Berat Jenis	A	3,00	3,24	5,29
	B	1,00		
	AB	0,06		
Kadar Air (%)	A	0,59		
	B	0,47		
	AB	0,17		
Pengembangan Volume (%)	A	1,03		
	B	0,07		
	AB	0,54		

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa faktor kombinasi ketebalan lamina dan jenis perekat serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap nilai BJ, KA dan pengembangan volume balok laminasi pada taraf 1% dan 5%.

Kombinasi ketebalan lamina tidak menyebabkan perbedaan berat jenis balok laminasi, hal ini diduga karena selang kombinasi ketebalan lamina yang dibuat terlalu kecil, sehingga kisaran berat jenis lamina

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

penyusun balok laminasi untuk setiap kombinasi ketebalan relatif seragam. Penggunaan jenis perekat yang berbeda tidak menyebabkan perbedaan berat jenis balok laminasi, hal ini diduga karena untuk setiap kombinasi perlakuan jumlah perekat yang digunakan relatif seragam serta berat perekat yang digunakan persatuan volume balok laminasi relatif sedikit dan sama jumlahnya.

Kombinasi ketebalan lamina tidak menyebabkan perbedaan kadar air balok laminasi. Hal ini diduga karena kadar air lamina penyusun balok laminasi diupayakan dalam kondisi seragam yaitu mencapai kadar air kering udara. Penggunaan perekat yang berbeda tidak mempengaruhi kadar air balok laminasi karena penambahannya relatif sedikit sehingga adanya kadar air di dalam perekat tidak mempengaruhi kadar air balok laminasi.

Kombinasi ketebalan lamina tidak menyebabkan perbedaan pengembangan volume balok laminasi, hal ini diduga karena selang kombinasi ketebalan lamina yang dibuat relatif kecil dan ditempatkannya lamina yang mempunyai pengembangan volume besar yaitu lamina jeunjing dan mangium diantara lamina bangkirai yang mempunyai pengembangan volume kecil. Sehingga pengembangan volume ke arah tangensial terhalang oleh



lamina bangkirai. Penggunaan jenis perekat yang berbeda tidak menyebabkan perbedaan pengembangan volume balok laminasi karena adanya perekat dapat menutupi permukaan lamina sehingga menghalangi keluar masuknya air.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

@tik cipta milik IPB University

**B. Sifat Mekanis**

Nilai rata-rata sifat mekanis balok laminasi pada berbagai kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 4. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 4 dan 5.

Tabel 5. Nilai Rataan Sifat Mekanis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sifat Mekanis	Kombinasi Ketebalan lamina (cm)							
	A1		A2		A3		A4	
	UF	PF	UF	PF	UF	PF	UF	PF
MOE	122.230	107.850	120.720	127.560	114.430	120.560	115.050	103.51
MOR	695	688	813	762	726	756	713	691
KGR <sub>JM</sub>	42	35	41	32	35	26	29	18
KGR <sub>BM</sub>	22	25	28	18	22	19	35	32

Keterangan : MOE (Kg/cm<sup>2</sup>), MOR (Kg/cm<sup>2</sup>), KGR<sub>JM</sub> (Kg/cm<sup>2</sup>), KGR<sub>BM</sub> (Kg/cm<sup>2</sup>)

Dari Tabel 5 dapat dilihat nilai rata-rata kekakuan lentur atau modulus of elasticity (MOE) balok laminasi terendah adalah 103.510 kg/cm<sup>2</sup> didapatkan pada kombinasi ketebalan lamina (1,25 dan 0,50) cm dan tertinggi 127.560 kg/cm<sup>2</sup> didapatkan pada kombinasi ketebalan lamina (0,75 dan 1,50) cm dengan nilai rata-rata total 116.490 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai rata-rata keteguhan



lentur atau modulus of Rupture (MOR) balok laminasi terendah adalah 688 kg/cm<sup>2</sup> didapatkan pada kombinasi ketebalan lamina (2,00 dan 0,50 cm) dan tertinggi 813 kg/cm<sup>2</sup> pada kombinasi ketebalan lamina (1,50 dan 0,75 cm) dengan nilai rata-rata total 731 kg/cm<sup>2</sup>. Keteguhan geser rekat balok laminasi untuk lamina jeunjing-mangium (KGR<sub>JM</sub>) mempunyai nilai rata-rata terendah 18 kg/cm<sup>2</sup> dan tertinggi 42 kg/cm<sup>2</sup> dengan nilai rata-rata total 32 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan untuk lamina bangkirai-mangium (KGR<sub>BM</sub>) nilai rata-rata terendah 18 kg/cm<sup>2</sup> dan tertinggi 35 kg/cm<sup>2</sup> dengan nilai rata-rata total 26 kg/cm<sup>2</sup>.

Matrik data pengujian kekakuan lentur dan keteguhan lentur balok laminasi serta analisis dan perhitungan keragamannya, disajikan pada Lampiran 16 sampai Lampiran 21. Berdasarkan hasil uji keragaman tersebut dilakukan uji Tukey keteguhan lentur balok laminasi untuk faktor kombinasi ketebalan lamina disajikan pada Lampiran 22. Hasil pengujian keteguhan geser rekat untuk lamina jeunjing-mangium dan lamina bangkirai-mangium, analisis dan perhitungan keragamannya serta uji Tukey keteguhan geser rekat balok laminasi lamina bangkirai-mangium untuk faktor kombinasi ketebalan disajikan pada Lampiran 23 sampai Lampiran 30. Berdasarkan hasil analisis keragaman kekakuan lentur, keteguhan lentur, keteguhan geser

Hak cipta undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



rekat lamina jeunjing-mangium dan lamina bangkirai-mangium selanjutnya disusun rekapitulasinya seperti dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Analisis Keragaman Sifat Mekanis Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sifat Mekanis	Sumber Keragaman	Fhit	Ftabel	
			5%	1%
Kekakuan lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	A	2,14	3,24	5,29
	B	0,59		
	AB	1,80		
Keteguhan lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	A	4,69*		
	B	0,37		
	AB	0,69		
Keteguhan geser rekat lamina jeunjing-mangium (kg/cm <sup>2</sup> )	A	3,03		
	B	5,01*		
	AB	0,03		
Keteguhan geser rekat lamina bangkirai-mangium (kg/cm <sup>2</sup> )	A	14,18**		
	B	4,28 *		
	AB	6,63 *		

Keterangan : \* = Berpengaruh nyata pada taraf 5%  
 \*\* = Berpengaruh nyata pada taraf 1%

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa faktor kombinasi ketebalan lamina , jenis perekat serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap kekakuan lentur balok laminasi pada taraf 5% dan 1%. Faktor kombinasi ketebalan lamina berpengaruh nyata terhadap keteguhan lentur balok laminasi pada taraf 5%, sedangkan jenis perekat serta interaksinya tidak berpengaruh. Faktor jenis perekat berpengaruh nyata terhadap keteguhan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

geser rekat balok laminasi untuk lamina jeunjing-mangium pada taraf 5 %, sedangkan faktor kombinasi ketebalan lamina dan interaksinya tidak berpengaruh. Faktor kombinasi ketebalan lamina (pada taraf 5% dan 1%) jenis perekat (pada taraf 5%) serta interaksinya (pada taraf 5 % dan 1%) berpengaruh nyata terhadap keteguhan geser rekat balok laminasi untuk jenis lamina bangkirai-mangium.

Kombinasi ketebalan lamina tidak menyebabkan perbedaan kekakuan lentur balok laminasi, hal ini diduga karena variasi kombinasi ketebalan lamina yang dibuat terlalu kecil, sehingga pembebanan yang terjadi untuk setiap contoh uji relatif seragam. Kombinasi ketebalan lamina yang dibuat untuk bagian dalam balok laminasi berasal dari kayu yang mempunyai berat jenis rendah yaitu jeunjing dan mangium, sedangkan untuk bagian luar balok laminasi berasal dari kayu yang mempunyai berat jenis tinggi yaitu bangkirai.

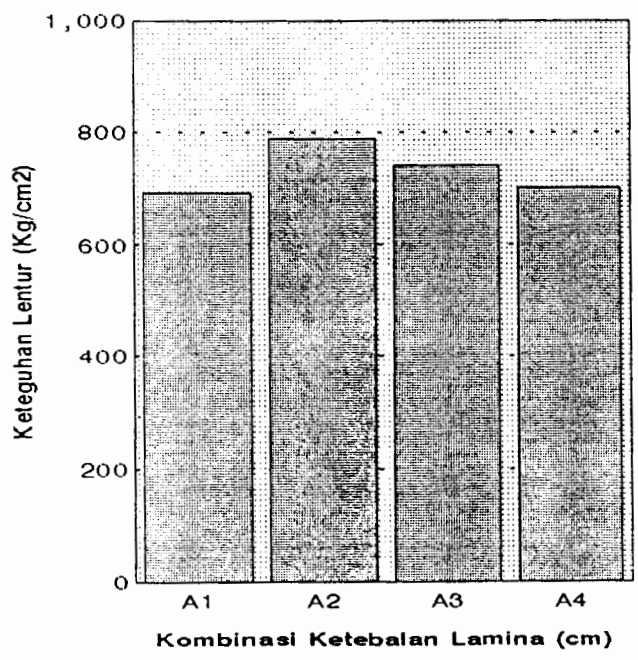
Menurut Hansen (1948), Wangaard (1950) dan Mardikanto (1979) pada balok terlentur terjadi tegangan tarik dan tekan maksimum (sejajar serat) pada tepi atas dan tepi bawah penampangnya, sedangkan pada bagian tengah balok (sumbu netral) bekerja tegangan geser sejajar serat maksimum. Sehingga untuk kondisi





seperti ini maka nilai kekakuan lentur balok laminasi lebih banyak ditentukan oleh lapisan luar (atas-bawah) balok laminasi yaitu lamina bangkirai.

Kombinasi ketebalan lamina menyebabkan perbedaan keteguhan lentur balok laminasi, hal ini diduga karena kombinasi ketebalan lamina dengan berat jenis yang berbeda dan adanya garis rekat yang bersifat kaku yang dapat menahan geseran sejajar serat menyebabkan perbedaan distribusi pembebanan yang terjadi. Perbedaan ini dapat dilihat secara lebih jelas pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Histogram Nilai Rataan Keteguhan Lentur Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai keteguhan lentur balok laminasi untuk kombinasi ketebalan lamina (2,00 dan 0,50 cm) adalah 692 kg/cm<sup>2</sup>, kemudian naik pada kombinasi ketebalan lamina (1,50 dan 0,75 cm), yaitu 788 kg/cm<sup>2</sup> dan turun pada kombinasi ketebalan lamina (1,00 dan 1,00 cm) dan ketebalan lamina (1,25 dan 0,50 cm) yaitu masing-masing 741 kg/cm<sup>2</sup> dan 702 kg/cm<sup>2</sup>. Pada kombinasi ketebalan lamina (1,50 dan 0,75 cm) diperoleh nilai keteguhan lentur yang terbesar, kemudian terus menurun sebanding dengan turunnya ketebalan jeunjing dan naiknya ketebalan mangium. Adanya penurunan nilai keteguhan lentur ini diduga karena menurunnya ketebalan lamina jeunjing, sedangkan nilai rata-rata keteguhan geser rekat lamina jeunjing dan mangium lebih besar dari keteguhan geser kayu jeunjing dan mangium. Di dalam balok terlentur kalau diasumsikan proses pembebanan didistribusikan secara merata, dengan adanya garis rekat yang mempunyai keteguhan geser lebih besar dibandingkan keteguhan geser lamina jeunjing atau mangium mengakibatkan distribusi pembebanan menjadi terkonsentrasi pada garis rekat itu. Pada kondisi seperti tersebut gaya geser balok laminasi lebih banyak ditentukan oleh adanya garis rekat ini. Di dalam ikatan lamina jeunjing-mangium, jeunjing mempunyai berat jenis yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



lebih rendah dibanding mangium. Oleh karena itu di dalam garis rekat antara lamina jeunjing dan mangium secara umum perekat lebih banyak melakukan penetrasi ke arah lamina jeunjing dan lebih dalam. Terjadinya penurunan proporsi jeunjing sebanding dengan bertambahnya proporsi lamina mangium mengakibatkan keteguhan geser rekatnya berkurang.

Uji jarak Tukey (Lampiran 22) keteguhan lentur balok laminasi untuk faktor kombinasi ketebalan lamina (Faktor A), diperoleh bahwa antara ketebalan lamina A1 dengan ketebalan lamina A3 dan ketebalan lamina A4, kombinasi ketebalan lamina A2 dengan ketebalan lamina A3 serta Kombinasi ketebalan lamina A3 ketebalan lamina A4 tidak berbeda nyata.

Perhitungan persentase peningkatan/pengurangan nilai kekakuan lentur dan keteguhan lentur patah balok laminasi terhadap Kontrol Balok Utuh disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Karena kombinasi ketebalan lamina dan jenis perekat tidak menyebabkan perbedaan nilai kekakuan lentur balok laminasi maka nilai rata-rata untuk seluruh kombinasi perlakuan tersebut adalah 116.490 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kekakuan lentur balok laminasi tersebut jika dibandingkan dengan balok utuh kayu jeunjing 300 % lebih besar, 237 % lebih besar dibanding kontrol



(kayu solid) mangium dan 114 % lebih besar dibanding kontrol (kayu solid) bangkirai.

Dibandingkan kontrol kombinasi ketebalan lamina 0,75 dan 1,50 cm mengalami peningkatan keteguhan lentur 171 % dibandingkan kontrol jeunjing, 75 % dibandingkan kontrol mangium dan pengurangan sebesar 24 % dibandingkan kontrol bangkirai. Kombinasi ketebalan tersebut merupakan kombinasi ketebalan yang optimal dalam menghasilkan keteguhan lentur balok laminasi.

Tabel 7. Persentase Peningkatan Kekakuan Lentur Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan Terhadap Balok Utuh

Kombinasi Jenis Ketebalan Lamina (cm)	Perekat	Kekakuan Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )	Persen Terhadap Kontrol		
			Mangium	Jeunjing	Bangkirai
0,50 dan 2,00 cm	UF	122.230	254	322	17
	PF	107.850	212	273	3
0,75 dan 1,50 cm	UF	120.720	249	317	15
	PF	127.560	269	341	22
1,00 dan 1,00 cm	UF	114.430	231	295	10
	PF	120.560	249	316	15
1,25 dan 0,50 cm	UF	115.050	233	297	10
	PF	103.510	199	258	-1
rata-rata		116.490	237	302	11
Kayu Mangium		34.549			
Kayu Jeunjing		28.949			
Kayu Bangkirai		104.560			

Keterangan : (-) = Pengurangan sifat mekanis terhadap kontrol

Hak Cipta ini dilindungi undang-undang.  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
Perpustakaan IPB University

IPB University

Tabel 8. Persentase Peningkatan Keteguhan Lentur Patah Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan Terhadap Balok Utuh

Kombinasi Ketebalan Lamina (cm)	Jenis Perekat	Keteguhan Lentur Patah (kg/cm <sup>2</sup> )	Persen Terhadap Kontrol			
			Mangium	Jeunjing	Bangkirai	
0,50 dan 2,00 cm	UF	695	54	138	(-)	33
	PF	688	53	136	(-)	
rataaan		692	54	137	(-)	33
0,75 dan 1,50 cm	UF	813	81	179	(-)	21
	PF	762	69	162	(-)	26
rataaan		788	75	171	(-)	24
1,00 dan 1,00 cm	UF	726	61	149	(-)	30
	PF	756	68	160	(-)	27
rataaan		741	65	155	(-)	29
1,25 dan 0,50 cm	UF	713	58	145	(-)	31
	PF	691	54	137	(-)	33
rataaan		702	56	141	(-)	32
Kayu mangium		450				
Kayu jeunjing		291				
Kayu bangkirai		1033				

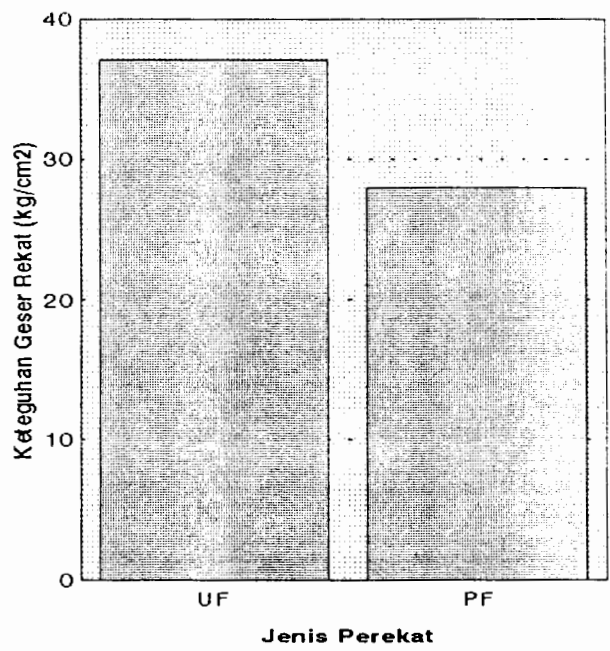
Keterangan : (-) = Pengurangan sifat mekanis terhadap kontrol.

Kombinasi ketebalan lamina 0,50 dan 2,00 cm merupakan kombinasi ketebalan lamina dengan nilai keteguhan lentur yang terendah. Kombinasi ketebalan tersebut menghasilkan keteguhan lentur 137 % lebih tinggi dari keteguhan lentur kontrol jeunjing, 54 % lebih tinggi dari keteguhan lentur kontrol mangium dan mengalami pengurangan 33 % dibanding keteguhan lentur kontrol bangkirai.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
Perpustakaan IPB University

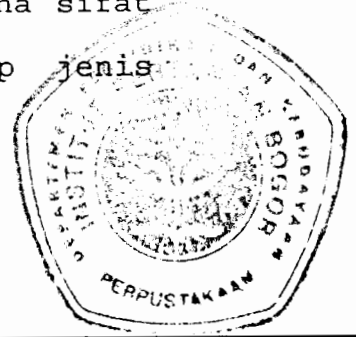


Jenis perekat yang dipergunakan menyebabkan perbedaan nilai keteguhan geser rekat balok laminasi untuk lamina jeunjing-mangium, hal disebabkan karena sifat dasar perekat yang berbeda. Perbedaan ini dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Histogram Nilai Rataan Keteguhan Geser Rekat Balok Laminasi Untuk Lamina Jeunjing Mangium.

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa keteguhan geser rekat balok laminasi untuk lamina jeunjing mangium untuk perekat urea formaldehida adalah 37 kg/cm<sup>2</sup> dan untuk perekat phenol formaldehida adalah 28 kg/cm<sup>2</sup>. Perbedaan nilai keteguhan geser rekat ini diakibatkan oleh sifat dasar perekat yang berbeda. Karena sifat dasarnya berbeda maka perlakuan untuk tiap jenis

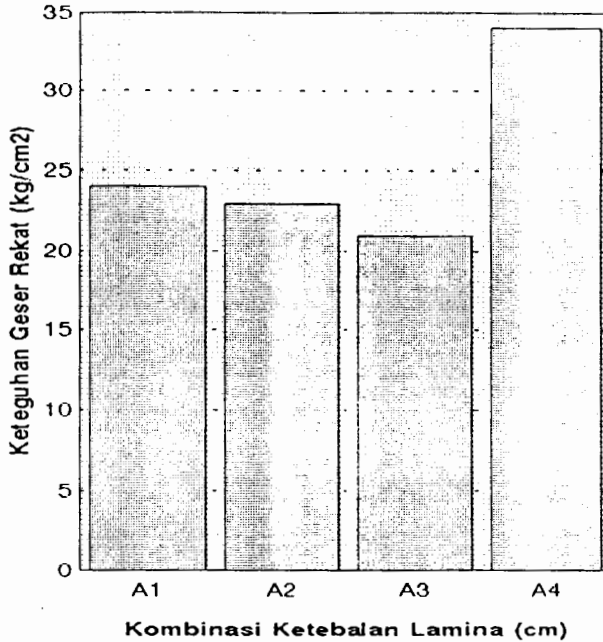


Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

perekat berbeda pula. Di dalam penelitian ini perlakuan untuk kedua jenis perekat dibuat seragam. Di dalam penggunaan perekat faktor pengempaan merupakan hal yang penting dan harus diperhatikan. Pada umumnya untuk jenis perekat urea formaldehida akan mengeras pada suhu kempa 100 - 120° C, sedangkan phenol formaldehida 300° C, suhu kempa ini digunakan pada pembuatan kayu lapis. Karena di dalam penelitian ini yang dibuat adalah balok laminasi maka modifikasi pengempaannya adalah dengan menambah waktu kempa. Adanya modifikasi perlakuan ini ternyata untuk jenis perekat urea formaldehida dapat mencapai tingkat optimal, dibuktikan dengan nilai keteguhan geser rekatnya yang tinggi, sedangkan untuk perekat phenol formaldehida modifikasi perlakuan ini masih kurang optimal dicirikan oleh nilai keteguhan geser rekat yang rendah.

Kombinasi ketebalan lamina, jenis perekat serta interaksinya menyebabkan perbedaan nilai keteguhan geser rekat balok laminasi untuk lamina bangkirai mangimum. Kombinasi ketebalan lamina menyebabkan terjadinya perbedaan nilai keteguhan geser rekat hal ini diduga karena adanya perbedaan ketebalan lamina penyusun balok laminasi. Perbedaan ini dapat lebih jelas dilihat pada Gambar 9 berikut ini.





Gambar 9. Histogram Nilai Rataan Keteguhan Geser Rekat Balok Laminasi untuk lamina Bangkirai mangium.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai keteguhan geser rekat lamina bangkirai-mangium pada kombinasi ketebalan lamina (0,50 dan 2,00 cm) adalah 24 kg/cm<sup>2</sup> kemudian turun pada kombinasi ketebalan lamina (0,75 dan 1,50 cm) dan ketebalan lamina (1,00 dan 1,00 cm) dan naik tajam pada kombinasi ketebalan lamina (1,25 dan 0,50 cm) yaitu 34 kg/cm<sup>2</sup>. Secara teoritis seharusnya nilai keteguhan geser rekat ini meningkat sebanding dengan bertambahnya ketebalan lamina mangium (bangkirai dibuat tetap), terbukti pada kombinasi ketebalan lamina (1,25 dan 0,50 cm) nilai keteguhan geser rekatnya tertinggi. Kemungkinan terjadinya

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



perbedaan ini disebabkan karena kekurangan seragaman lamina yang diakibatkan oleh adanya cacat-cacat alami seperti, serat miring, mata kayu, lubang gerek dan cacat lain. Faktor lain adalah pengempaan. Brown (1952) menyatakan bahwa pemberian tekanan dimaksudkan untuk mendapatkan perekatan yang baik. Menurut Sutigno (1977) besarnya tekanan harus disesuaikan dengan jenis kayu. Haygrenn (1982) mengemukakan bahwa pada kayu berkerapatan tinggi harus diberikan tekanan yang lebih besar dibandingkan dengan kayu berkerapatan rendah. Karena pengempaan dilakukan dengan seragam tanpa melihat jenis kayu dan dilakukan secara manual sehingga besarnya beban kempa tidak dapat dikontrol memungkinkan terjadinya perbedaan nilai keteguhan geser rekat ini.

Jenis perekat menyebabkan perbedaan keteguhan geser rekat balok laminasi untuk lamina bangkirai-mangium. Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan sifat dasar perekat dan jenis lamina. Perbedaan ini secara lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata keteguhan geser rekat Urea formaldehida lebih besar daripada phenol formaldehida. Adanya perbedaan ini disebabkan oleh sifat dasar perekat yang berbeda. Karena sifat dasar perekat yang berbeda maka perlakuan

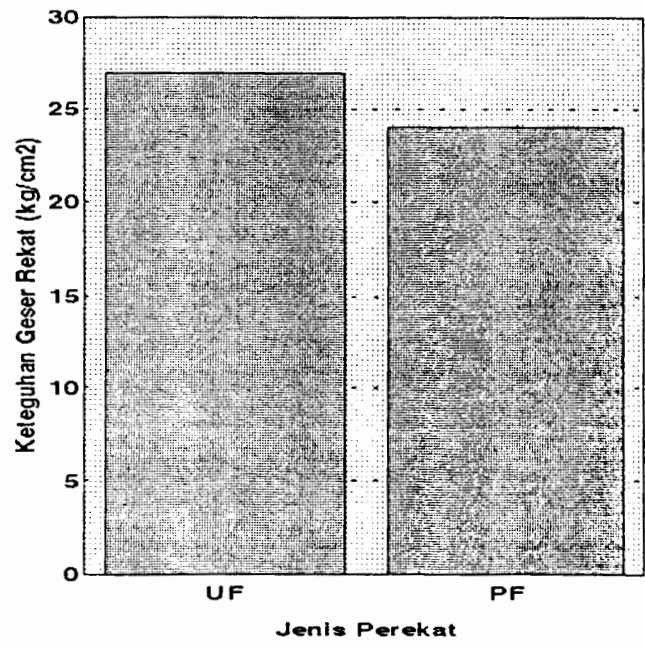
terhadap perekat juga harus berbeda agar perekatan dapat menghasilkan produk yang optimal. Didalam penelitian ini perlakuan terhadap perekat dilakukan secara seragam. Perekat urea formaldehida di dalam proses pengempaannya pada umumnya memerlukan suhu 100-120 °C, sedangkan phenol formaldehida 300 °C, penggunaan suhu kempa ini untuk pembuatan kayu lapis. Karena yang dibuat adalah balok laminasi maka modifikasi suhu digantikan dengan waktu kempa yang diperpanjang. Modifikasi ini ternyata berhasil cukup baik untuk jenis perekat urea formaldehida yang dicirikan dengan nilai keteguhan gesernya yang relatif tinggi. Pada perekat phenol formaldehida ternyata kurang berhasil, hal ini dicirikan oleh nilai keteguhan geser rekat yang rendah.

Di dalam penggunaan perekat phenol formaldehida faktor jenis kayu lamina cukup besar juga pengaruhnya. Menurut Houwink dan Salomon (1982) ketahanan perakat phenol formaldehida beragam untuk jenis kayu yang berbeda. Untuk lamina bangkirai-mangium, bangkirai termasuk kayu yang mempunyai berat jenis tinggi dengan demikian pori-pori kayunya relatif kecil. Hal ini mengakibatkan penetrasi perekat ke arah permukaan lamina bangkirai relatif sedikit sehingga menghasilkan keteguhan geser rekat yang rendah.



Uji jarak Tukey (Lampiran 30) keteguhan geser rekat lamina bangkirai-mangium memperlihatkan bahwa kombinasi ketebalan A1 tidak berbeda nyata dengan A2 dan A3 terhadap nilai rata-rata Keteguhan geser rekatnya.

Uji Jarak Tukey (lampiran 40 ) keteguhan geser rekat lamina bangkirai-mangium untuk interaksi faktor kombinasi ketebalan lamina (A) dengan jenis perekat (B) memperlihatkan bahwa kombinasi perlakuan A1B1 dengan A4B1, A4B2 dan A2B2 dengan A4B1, A4B2 berbeda nyata.



Gambar 10. Histogram Nilai Rataan Keteguhan Geser Rekat Balok Laminasi untuk Lamina Bangkirai Mangium

Hak cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**C. Delaminasi**

Nilai rata-rata hasil pengujian sifat delaminasi perekat disajikan pada Tabel 9, sedangkan data lengkapnya disajikan pada Lampiran 6.

Tabel 9. Nilai Rataan Sifat Delaminasi (%) Jenis Perekat Balok Laminasi

Jenis Perekat	Lamina	Kombinasi Ketebalan Lamina (cm)			
		A1	A2	A3	A4
Urea Formaldehida	Jeunjing Mangium	0.00	9.25	4.01	0.00
	Bangkirai Mangium	0.00	1.30	19.51	0.00
Phenol Formaldehida	Jeunjing Mangium	0.00	6.98	4.09	0.00
	Bangkirai Mangium	16.01	19.13	27.44	29.7

Dari Tabel 9 dapat dilihat delaminasi urea formaldehida untuk lamina jeunjing-mangium mempunyai nilai rata-rata terendah 0 % dan tertinggi 24,01 % dengan nilai rata-rata total 8,31 % , sedangkan untuk lamina bangkirai-mangium nilai rata-rata terendah 0 % dan tertinggi 8,31 % dengan nilai rata-rata total 5,20 %.

Delaminasi phenol formaldehida untuk lamina jeunjing-mangium mempunyai nilai terendah 0 % dan tertinggi 6,98 % dengan nilai rata-rata 2,76 %. Sedangkan untuk lamina bangkirai mangium nilai terendah 16,01 % dan tertinggi 29,72 % dengan nilai rata-rata 23,07 %.

Hak Cipta Dituntut dan dijamin

IPB University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Matrik data pengujian delaminasi perekat urea formaldehida, analisis dan perhitungan keragamannya, uji Tukey delaminasi urea formaldehida untuk faktor kombinasi ketebalan lamina (faktor A), pengujian delaminasi phenol formaldehida, analisis dan perhitungan keragamannya disajikan pada Lampiran 31 sampai Lampiran 37.

Berdasarkan hasil analisis keragaman pengujian delaminasi maka rekapitulasinya disajikan pada Tabel 10 berikut ini :

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Analisis Keragaman Balok laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Delaminasi	Sumber Keragaman	Fhit	Ftabel	
			5%	1%
UF	A	4,63*	3,24	5,29
	B	0,42		
	AB	0,16		
PF	A	0,60		
	B	22,15*		
	AB	0,94		

Keterangan : \* = Berpengaruh nyata pada taraf 5%  
 \*\* = Berpengaruh nyata pada taraf 1%

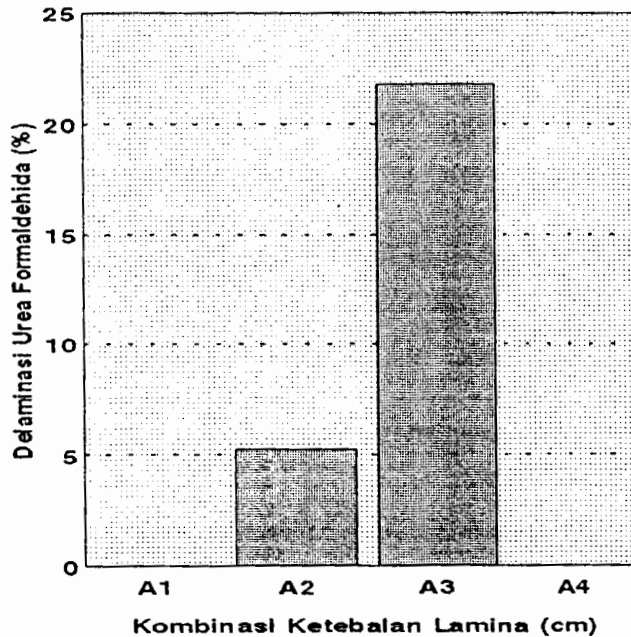
Dari Tabel 10 terlihat bahwa faktor kombinasi ketebalan lamina berpengaruh nyata sedangkan faktor jenis lamina dan interaksinya tidak berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap delaminasi perekat urea formaldehida, sedangkan jenis lamina berpengaruh nyata terhadap delaminasi phenol formaldehida pada taraf 5%

Hak cipta dilindungi undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



dan 1%, sedangkan kombinasi ketebalan lamina dan interaksinya tidak berpengaruh nyata.

Kombinasi ketebalan lamina menyebabkan perbedaan delaminasi urea formaldehida. Hal ini diduga karena pemberian perlakuan yang kurang seragam dan sedikitnya ulangan perlakuan serta diakibatkan oleh cacat alami kayu seperti, serat miring, mata kayu dan cacat lainnya. Perbedaan delaminasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11. Histogram Nilai Rataan Delaminasi Perekat Urea Formaldehida

Dari Gambar 11 terlihat bahwa kombinasi ketebalan lamina (2,00 dan 0,50 cm) dan (1,25 dan 0,50 cm) mempunyai nilai delaminasi 0%. Kombinasi ketebalan lamina (1,50 dan 0,75 cm) delaminasinya 5,27 % dan



kombinasi ketebalan lamina (1,00 dan 1,00 cm) delaminasinya 21,76 %. Kekurangseragaman perlakuan ini dapat diakibatkan oleh pemberian tekanan secara manual sehingga besarnya tekanan dan waktu efektifitas berkerja beban tidak terkontrol.

Uji jarak Tukey (Lampiran 34) untuk faktor kombinasi ketebalan lamina diperoleh bahwa antara ketebalan lamina (2,00 dan 0,50 cm) dengan (1,50 dan 0,75 cm) dan (1,25 dan 0,50 cm) tidak berbeda nyata nilai rata-rata delaminasinya. Begitu juga untuk kombinasi ketebalan lamina (1,50 dan 0,75 cm) dengan (1,00 dan 1,00 cm).

Jenis lamina menyebabkan perbedaan delaminasi phenol formaldehida, hal ini disebabkan karena jenis lamina berasal dari kayu yang mempunyai berat jenis berbeda. Histogram nilai rata-rata delaminasi phenol formaldehida untuk jenis lamina dapat dilihat pada Gambar 12.

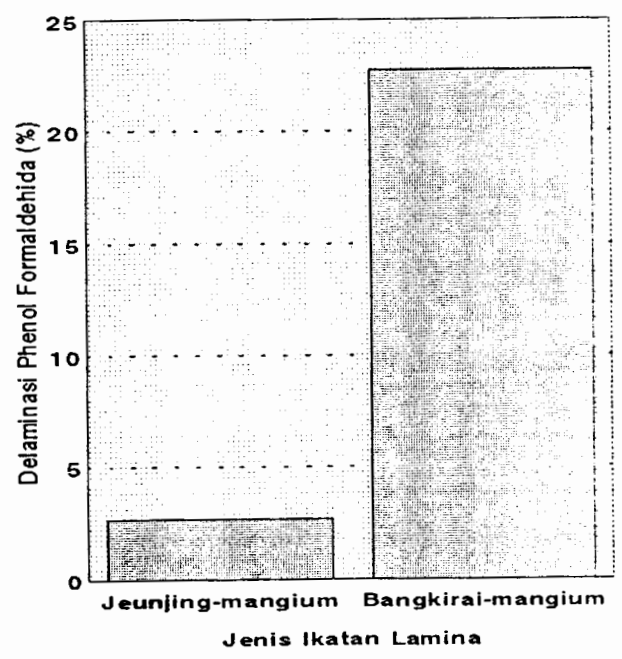
Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata delaminasi phenol formaldehida untuk lamina jeunjing mangium, lebih rendah (2,77 %) daripada lamina bangkirai mangium (23,08 %).

Menurut Houwink dan Salomon (1965) ketahanan perekat phenol formaldehida beragam untuk jenis kayu yang berbeda. Sifat-sifat kayu yang mempengaruhi

Hak cipta dan undang-undang:  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



perekatan adalah kerapatan kayu, struktur kayu dan kandungan zat ekstraktif (Anonymous , 1955). Lamina jeunjing-mangium merupakan lamina yang berasal dari kayu yang mempunyai berat jenis rendah sehingga lamina tersebut diduga mempunyai pori-pori yang relatif besar. Karena mempunyai pori-pori relatif besar maka penetrasi perekat pada kedua sisi permukaan kayu lebih mudah masuk dan cukup dalam. Hal ini dapat membentuk suatu ikatan rekat yang kompak dan kuat. Karena ikatannya cukup kuat maka nilai delaminasi cukup kecil.



Gambar 12. Histogram Nilai Rataan Delaminasi Phenol Formaldehida

Hak cipta dilindungi undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Pada lamina bangkirai-mangium, bangkirai termasuk kayu yang berberat jenis tinggi, yang berarti berpori kecil. Adanya pori kecil ini diduga dapat mengurangi laju dan jumlah penetrasi perekat pada permukaan lamina bangkirai. Pada pertemuan permukaan lamina bangkirai dengan mangium maka jumlah dan penetrasi perekat lebih banyak ke arah permukaan lamina kayu mangium. Hal ini bisa mengakibatkan kekuatan rekat yang berbeda dan dapat mengakibatkan nilai delaminasi menjadi lebih besar dibanding lamina jeunjing-mangium.





## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Kombinasi ketebalan lamina dan jenis perekat tidak menyebabkan perbedaan nilai berat jenis, kadar air, pengembangan volume dan kekakuan lentur balok laminasi.
2. Kombinasi ketebalan lamina menyebabkan perbedaan keteguhan lentur, keteguhan geser rekat lamina bangkirai-mangium dan delaminasi urea formaldehida. Jenis lamina penyusun balok laminasi menyebabkan perbedaan delaminasi phenol formaldehida.
3. Jenis perekat menyebabkan perbedaan keteguhan geser rekat lamina jeunjing-mangium dan lamina bangkirai-mangium. Perbedaan keteguhan geser rekat lamina bangkirai-mangium disebabkan oleh interaksi kombinasi ketebalan lamina dan jenis perekat.
4. Kekuatan optimal kayu dalam hal ini dicirikan oleh keteguhan lentur diperoleh pada kombinasi ketebalan lamina (0.75 dan 1.50 cm). Dengan pengempaan dingin dalam waktu kempa yang relatif sama yaitu lebih kurang 48 jam perekat urea formaldehida dapat menghasilkan balok laminasi yang mempunyai kekuatan mekanis relatif lebih baik dibandingkan dengan phenol formaldehida.



## B. Saran

Perlu penelitian lebih lanjut dengan mencoba memperbesar variasi kombinasi ketebalan lamina penyusun balok laminasi dan perlakuan perekat disesuaikan dengan sifat dasar dan kegunaan perekat.

@kicau\_miki IPB University

IPB University

Hati-hati Dengan Undang-undang

1. Dengan sengaja sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Untuk tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dengan sengaja atau tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.





## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Al Rasyid, H. 1973. Beberapa Keterangan Tentang *Albizia falcataria* (L) Fosberg. Laporan No 157. Lembaga Penelitian Hutan Bogor. Bogor.
- Anonymous. 1952. American Society for Testing and Materials. Standar Method of Testing Veneer, Plywood, and Other Glued Veneer Constructions. Serial Designation : D 805 - 52. Philladelphia.
- \_\_\_\_\_. 1955. Wood Hanbook No 72. Forest Product Laboratory Forest Service. USDA. Washington DC.
- \_\_\_\_\_. 1961. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI-5 Direktorat Jenderal Ciptakarya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- \_\_\_\_\_. 1969. American Society for Testing and Materials. Standar Method for Testing Clear Specimen of Timber, Serial Designation : D 143 - 52. Philladelphia.
- \_\_\_\_\_. 1974. Wood as an Engineering Material. Forest Products Laboratory, USDA. Washington DC.
- \_\_\_\_\_. 1980. Beberapa Jenis Bambu. Proyek Sumber Daya Ekonomi. Lembaga Biologi Nasional- LIPI. Bogor.
- \_\_\_\_\_. 1981. Mutu Kayu Indonesia Standar Industri Indonesia 0458-81. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 1983. Laporan Studi Pengembangan Bambu untuk Bahan Bangunan di Riau. Lembaga Penelitian IPB. Bogor.
- \_\_\_\_\_. 1990. Penduduk Indonesia Hasil Sensus Penduduk 1990. Biro Pusat Statistij. Jakarta.
- Benny, F. S. 1983. Studi Perbandingan Penggunaan Paku dan Perekat Pada Sambungan Balok Terlentur dengan Pelat Sambungan Kayu Lapis. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Bodig, J. and B. A. Jayne. 1982. Mechanics of and Wood Composites. VNR Company. New York.
- Brown, H.P., A.J. Panshin, and C.C. Forsaith. 1952. Textbook of Wood Technology, Volume II. Mc Graw Hill Book Company INC. New York.



- Buana, A. 1983. Studi Mengenai Pengaruh Kemiringan Sambungan Perekat Pada Beberapa Jenis Bambu Bangunan. Skripsi Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- FAO. 1966. Plywood and Other Wood Based Panels. Rome.
- Hansen, H.J. 1948. Timber Engineers Handbook. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Hartono, Y. 1987. Studi Sifat Mekanis Kayu *Acacia mangium* Wild. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Haygreen, J.G. and J. Bowyer. 1982. Forest Product and Wood Science. The Iowa State University Press. Ames.
- Houwink, R. and Salomon. 1965. Adhesion and adhesives. Elsevier Publishing Co. London
- Knight, R. A. G. 1952. Adhesives for Wood. Chapman & Hall Ltd. London.
- Kolmaan, F.F.P and A. Cote, Jr. 1968. Principle of Wood Science and Technology I. Solid Wood, Syracuse, New York.
- Kusnandar, M.D. 1980. Studi Tentang Penggunaan Kayu Kapur (*Dryobalanops* spp) dan Meranti (*Shorea* spp) Untuk Kayu Laminasi. Skripsi Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Mardikanto, T.R. 1979. Sifat-Sifat Mekanis Kayu. Diktat Kuliah. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Martawijaya, A. dan I. Kartasujana. 1982. Ciri Umum, Sifat dan Kegunaan Jenis-Jenis Kayu Indonesia. Balai Penelitian Hasil Hutan Puslitbang Kehutanan Departemen Pertanian. Bogor.
- Masano. 1973. Pengaruh Jumlah Lapisan Kayu Lamina Terhadap Sifat Mekaniknya. Skripsi Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Rozalen, S. 1987. Pengaruh Sifat Fisis dan Anatomis menurut Variasi Ketinggian dalam Satu Pohon terhadap Sifat Mekanis Kayu *Acacia mangium* Wild. Skripsi Jurusan Teknologi Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Seng, O.D. 1964. Berat Jenis dari Kayu-Kayu Indonesia dan Pengertian Berat Kayu untuk Keperluan Praktek. Pengumuman LPHH Nomor 1. Bogor.



Shields, J. 1970. Adhesives Handbook. Butterworth & Co Ltd. London.

Sindusuwarno, D.R. dan D. I. Utomo. 1981. *Acacia mangium* : Jenis Pohon yang Belum Banyak Dikenal. Majalah Kehutanan Indonesia V 1 (2) : 38 - 41

Skeist, Irving. 1962. Handbook of Adhesives. Van Nostrand Reinhold Company. New York.

Stump, J.P., L.A. Smith dan R. L., Gray. 1981. Laminated Veneer Lumber Made From Plantation Grown

Sudjana. 1985. Desain dan Analisis Eksperimen. Tarsito. Bandung.

Susetiowati, A.F.E. 1982. Beberapa Sifat Kayu Lapis Meranti Merah (*Shorea spp*) dan Kayu Lapis Keruing (*Dipterocarpus spp*) Untuk Konstruksi Bangunan. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Skripsi. Tidak diterbitkan

Sutigno, P. 1977. Pengaruh Jenis Kayu dan Tekanan Terhadap Keteguhan Rekat Tripleks dengan Perekat Urea Formaldehida. Skripsi Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

\_\_\_\_\_. 1990. Diktat Pengujian Kayu Lapis. Pusat Pembinaan Pendidikan dan Latihan Kehutanan Departemen Kehutanan Bogor.

Trisnanti. 1987. Studi Perbedaan Sifat Kekuatan Lentur Balok Laminasi Konvensional dengan Balok Laminasi Mekanis. Skripsi Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.

Tular dan Idris. 1981. Sekilas Mengenai Struktur Bangunan Kayu di Indonesia. Proceeding Lokakarya Standarisasi Kayu Bangunan. Departemen Hasil Hutan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

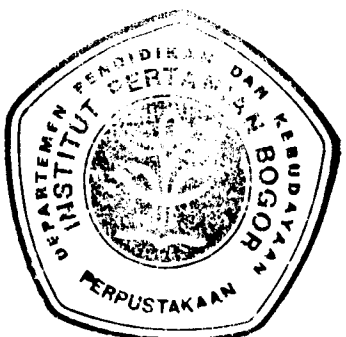
Wangaard, F.F. 1950. The Mechanical Properties of Wood. John Wiley and Sons. New York.

Wirjomartono, S. 1958. Konstruksi Kayu Berlapis Majemuk. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.

\_\_\_\_\_. 1977. Konstruksi Kayu. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.



# LAMPIRAN



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperdanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 1. Hasil Pengukuran Berat Jenis Kering Udara (BJKU) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

No	Kode Contoh Uji	BKU (gram)	BVKU (gram)	BKT (gram)	BJ = BKT/BVKU
1	Y111	78.34	127.09	67.67	0.53
2	Y112	82.84	142.33	71.83	0.50
3	Y113	70.32	121.87	63.81	0.52
4	Y121	79.85	128.45	69.70	0.54
5	Y122	77.79	123.68	67.76	0.55
6	Y123	82.73	126.84	70.98	0.56
7	Y131	83.85	124.11	71.57	0.57
8	Y132	76.73	118.99	65.79	0.55
9	Y133	79.34	123.32	69.42	0.56
10	Y141	82.55	118.30	70.81	0.60
11	Y142	76.60	127.30	65.28	0.51
12	Y143	86.60	128.21	73.51	0.57
13	Y211	66.36	117.93	57.37	0.49
14	Y212	69.17	115.86	59.48	0.51
15	Y213	65.07	115.04	55.81	0.49
16	Y221	70.65	120.70	62.20	0.52
17	Y222	79.52	116.61	71.60	0.61
18	Y223	70.17	123.45	60.95	0.49
19	Y231	76.41	115.62	66.41	0.57
20	Y232	71.17	117.85	62.20	0.53
21	Y233	74.06	118.59	64.83	0.55
22	Y241	67.45	118.75	60.00	0.51
23	Y242	89.52	135.52	76.68	0.57
24	Y243	73.96	113.34	63.52	0.56
25	Ka1	70.63	125.80	50.59	0.40
26	Ka2	68.18	134.28	54.56	0.40
27	Ka3	64.95	134.01	48.83	0.35
28	Kb1	34.75	121.38	29.92	0.25
29	Kb2	35.36	127.50	30.22	0.24
30	Kb3	37.49	125.97	33.90	0.26
31	Kc1	119.95	129.5	100.55	0.78
32	Kc2	115.29	126.31	98.98	0.78
33	Kc3	115.01	118.44	101.17	0.86

Lampiran 2. Hasil Pengukuran Kadar Air (KA) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

No	Kode Contoh Uji	BKU (gram)	BKT (gram)	KA (%)
1	2	3	4	5
1	Y111	75.29	63.35	18.84
2	Y112	71.26	59.94	18.88
3	Y113	76.29	64.38	18.50
4	Y121	79.81	67.41	18.39
5	Y122	77.22	64.86	19.05
6	Y123	79.04	66.40	19.04
7	Y131	80.61	67.92	18.68
8	Y132	65.15	55.25	17.92
9	Y133	82.32	69.13	19.08
10	Y141	84.33	70.98	18.80
11	Y142	75.10	63.56	18.15
12	Y143	86.25	71.93	19.90
13	Y211	66.74	56.33	18.48
14	Y212	66.03	55.44	19.10
15	Y213	63.79	53.61	19.98
16	Y221	79.65	67.42	18.14
17	Y222	73.44	61.95	18.54
18	Y223	77.56	65.25	18.86
19	Y231	77.11	65.12	18.41
20	Y232	73.30	62.19	17.86
21	Y233	73.85	62.18	18.76
22	Y241	69.23	58.65	18.04
23	Y242	76.51	63.93	19.67
24	Y243	69.56	58.70	18.50
25	Ka1	54.75	46.20	18.51
26	Ka2	57.13	47.99	19.01
27	Ka3	50.04	42.07	18.96
28	Kb1	31.10	26.18	18.78
29	Kb2	30.66	25.92	18.28
30	Kb3	33.32	28.02	18.91
31	Kc1	107.48	90.33	18.99
32	Kc2	106.58	89.81	18.68
33	Kc3	108.61	91.54	18.65

Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak cipta dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 3. Hasil Pengukuran Pengembangan Volume (PV) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

No.	Kode C.U.	Volume Awal (Va) (cm <sup>2</sup> )	Volume Akhir (Vb) (cm <sup>2</sup> )	PV (%)
1	Y111	130.90	136.15	4.01
2	Y112	122.02	125.67	2.99
3	Y113	128.23	131.89	2.86
4	Y121	131.37	135.54	3.17
5	Y122	131.47	136.95	4.17
6	Y123	129.61	133.99	3.38
7	Y131	127.67	132.05	3.43
8	Y132	118.31	123.39	4.29
9	Y133	123.03	128.66	4.35
10	Y141	134.11	138.39	3.19
11	Y142	134.45	138.22	2.81
12	Y143	125.52	131.21	4.53
13	Y211	116.29	120.11	3.28
14	Y212	120.28	124.64	3.62
15	Y213	118.68	122.49	3.20
16	Y221	122.01	124.42	1.98
17	Y222	118.88	119.02	2.71
18	Y223	115.85	120.01	3.58
19	Y231	121.04	126.68	4.66
20	Y232	123.58	125.95	1.92
21	Y233	120.13	127.34	5.99
22	Y241	118.24	122.54	3.64
23	Y242	118.48	122.98	3.80
24	Y243	120.31	125.31	4.16
25	Ka1	127.69	131.99	3.37
26	Ka2	120.99	124.19	2.64
27	Ka3	122.14	126.66	3.70
28	Kb1	120.91	124.33	2.83
29	Kb2	119.61	123.49	3.24
30	Kb3	118.68	122.39	3.13
31	Kc1	131.63	133.44	1.38
32	Kc2	122.99	125.56	2.09
33	Kc3	124.23	126.34	1.69

@Mak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa izin dari IPB University.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 4. Hasil Pengujian MOE dan MOR Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

No.	Kode C.U	L (cm)	b (cm)	h (cm)	Pmax (kg)	dP/dy (kg/cm)	MOE x 1000 (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	Y111	70	5.00	5.17	910	1107	137.39	714.96
2	Y112	70	5.00	5.07	860	850	111.86	702.59
3	Y113	70	5.05	5.06	820	845	110.75	665.90
4	Y121	70	5.06	5.04	1040	921	121.91	849.59
5	Y122	70	5.02	5.00	880	813	111.09	736.25
6	Y123	70	5.00	5.01	1020	947	129.15	853.38
7	Y131	70	5.00	5.07	840	914	120.28	686.25
8	Y132	70	5.06	5.09	860	727	93.43	688.81
9	Y133	70	4.87	5.02	940	931	129.58	804.23
10	Y141	70	4.97	5.05	840	861	115.35	695.87
11	Y142	70	5.00	5.05	860	861	114.66	708.16
12	Y143	70	5.01	5.04	890	863	115.15	733.58
13	Y211	70	4.97	4.98	800	758	105.89	681.50
14	Y212	70	4.94	4.97	760	728	102.94	653.98
15	Y213	70	4.96	4.94	840	800	114.73	728.67
16	Y221	70	4.96	4.96	930	948	134.31	800.25
17	Y222	70	4.91	5.00	840	847	117.86	718.53
18	Y223	70	4.93	5.00	900	938	130.52	766.73
19	Y231	70	4.99	4.95	910	980	126.09	781.48
20	Y232	70	4.95	4.97	950	901	127.14	815.82
21	Y233	70	4.94	4.97	780	767	108.45	671.19
22	Y241	70	4.95	4.97	770	783	110.49	661.24
23	Y242	70	4.90	4.94	810	746	108.29	711.25
24	Y243	70	4.91	4.97	810	645	91.76	701.26
25	Ka1	70	5.00	5.03	490	320	43.123	406.70
26	Ka2	70	4.94	5.01	630	264	36.441	533.49
27	Ka3	70	4.99	4.96	480	171	24.082	410.55
28	Kb1	70	5.00	5.00	320	163	22.364	268.80
29	Kb2	70	5.00	5.00	390	253	34.712	327.60
30	Kb3	70	5.00	5.00	330	217	29.772	277.20
31	Kc1	70	5.05	4.98	1140	30	113.56	955.75
32	Kc2	28	1.99	2.00	216	269	88.67	1148.75
33	Kc3	28	1.98	1.99	185	315	111.45	994.95

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan pencetakan, penyalinan, penjiplakan, atau cara-cara lain yang serupa tanpa izin IPB University.

Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya atau melakukan pencetakan, penyalinan, penjiplakan, atau cara-cara lain yang serupa tanpa izin IPB University.



Lampiran 5. Hasil Pengujian Keteguhan Geser Rekat (KGR) Balok Laminasi pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

No.	Kode C.U.	Tinggi (h) (cm)	Lebar (b) (cm)	Pmaks (Kg)	KGR (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kerusakan Lamina		
						B	J	M
1	Y111(JM)	4.80	4.94	750.00	31.63		*	
2	Y111(BM)	4.67	4.87	500.00	21.98	*		
3	Y112(JM)	4.92	5.00	1100.0	44.72		*	
4	Y112(BM)	4.90	4.98	450.00	18.44			*
5	Y113(JM)	4.90	4.86	1200.0	50.44		*	
6	Y113(BM)	4.89	4.92	600.00	24.94			*
7	Y121(JM)	4.92	5.04	1200.0	48.39		*	
8	Y121(BM)	5.00	5.00	850.00	34.00			*
9	Y122(JM)	4.91	4.94	800.00	32.98		*	
10	Y122(BM)	4.84	5.00	550.00	22.73			*
11	Y123(JM)	5.00	4.96	1000.0	40.32		*	
12	Y123(BM)	4.95	4.97	700.00	28.45			*
13	Y131(JM)	4.85	4.94	1300.0	54.26		*	
14	Y131(BM)	4.92	5.00	250.00	10.16			lepas
15	Y132(JM)	5.50	5.00	550.00	20.00		*	
16	Y132(BM)	5.40	5.00	900.00	33.34			*
17	Y133(JM)	5.03	4.90	750.00	30.43		*	
18	Y133(BM)	5.16	4.93	600.00	23.59			lepas
19	Y141(JM)	4.98	5.00	500.00	20.08		*	
20	Y141(BM)	5.00	5.05	900.00	35.64			*
21	Y142(JM)	4.92	4.98	900.00	36.73			lepas
22	Y142(BM)	4.94	4.88	800.00	33.19			*
23	Y143(JM)	4.83	5.02	700.00	28.87	lepas		
24	Y143(BM)	4.92	5.04	550.00	22.18			*
25	Y211(JM)	4.86	4.92	750.00	31.37		*	
26	Y211(BM)	4.85	4.97	400.00	16.59			*
27	Y212(JM)	4.92	4.96	850.00	34.83		*	
28	Y212(BM)	4.82	4.90	650.00	27.52			*
29	Y213(JM)	4.76	4.94	900.00	38.27	lepas		
30	Y213(BM)	4.86	4.92	750.00	31.37			*
31	Y221(JM)	4.84	4.92	850.00	35.70	lepas		
32	Y221(BM)	4.79	4.96	300.00	12.63			*
33	Y222(JM)	4.90	4.83	850.00	35.91		*	
34	Y222(BM)	4.77	4.85	700.00	30.26			*
35	Y223(JM)	4.89	4.87	600.00	25.20	lepas		
36	Y223(BM)	4.75	4.86	250.00	10.83			*
37	Y231(JM)	4.78	4.95	450.00	19.02	lepas		

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
a. Penggunaan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan tesis atau disertasi yang diakui secara akademik.  
b. Pengutipan tidak mengizinkan penggunaan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





Lampiran 5. (lanjutan)

38	Y231(BM)	4.83	4.92	250.00	10.52		lepas
39	Y232(JM)	4.81	4.90	950.00	40.31	lepas	
40	Y232(BM)	5.00	4.93	800.00	32.45		*
41	Y233(JM)	4.79	5.00	450.00	18.79	*	
42	Y233(BM)	4.90	4.95	300.00	12.37		lepas
43	Y241(JM)	4.81	4.97	400.00	16.73	*	
44	Y241(BM)	4.94	4.96	900.00	36.73		lepas
45	Y242(JM)	4.84	4.88	500.00	21.17	*	
46	Y242(BM)	4.82	4.85	950.00	40.64		lepas
47	Y243(JM)	4.75	4.58	350.00	16.09	*	
48	Y243(BM)	4.87	4.82	400.00	17.07		lepas
49	Ka1(T)	5.17	4.97	1050.0	40.86		
50	Ka1(R)	5.10	5.00	650.00	25.49		
51	Ka2(T)	5.19	5.02	1600.0	61.41		
52	Ka2(R)	4.97	4.85	550.00	22.82		
53	Ka3(T)	5.12	4.95	450.00	17.76		
54	Ka3(R)	5.04	5.00	500.00	19.84		
55	Kb1(T)	4.92	4.98	400.00	16.39		
56	Kb1(R)	5.13	4.97	350.00	13.73		
57	Kb2(T)	5.08	4.97	400.00	15.84		
58	Kb2(R)	4.96	4.97	400.00	16.23		
59	Kb3(T)	5.00	4.98	500.00	20.08		
60	Kb3(R)	5.06	4.92	450.00	18.08		
61	Kc1(T)	5.06	4.94	2100.0	84.01		
62	Kc1(R)	5.04	4.99	2350.0	93.44		
63	Kc2(T)	4.90	5.00	2000.0	81.63		
64	Kc2(R)	5.07	4.95	2350.0	93.64		
65	Kc3(T)	5.07	4.98	2500.0	99.02		
66	Kc3(R)	5.11	4.98	1850.0	72.70		

Keterangan : \* = Bagian lamina yang mengalami kerusakan

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, koreksi, atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

Lampiran 6. Hasil Pengujian Delaminasi (D) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

No	Kode C.U.	Lapisan	Jenis Lamina	Lt (cm <sup>2</sup> )	Ls (cm <sup>2</sup> )	D = Lt/Ls x 100%
1	Y111	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
2	Y112	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
3	Y113	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
4	Y121	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	7.800	26.52	29.41
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
5	Y122	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	2.090	25.49	8.200
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	4.800	26.78	7.800
6	Y123	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	4.680	26.10	17.93
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
7	Y131	a1-a2	B-M	1.500	25.00	6.000
		a2-a3	M-J	12.62	25.50	49.51
		a3-a4	J-M	15.20	25.10	60.55
		a4-a5	M-B	18.16	25.60	70.00
8	Y132	a1-a2	B-M	3.70	25.50	15.96
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	18.21	23.70	7.680
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
9	Y133	a1-a2	B-M	2.500	25.00	10.00
		a2-a3	M-J	2.000	25.00	8.000
		a3-a4	J-M	6.500	25.00	26.00
		a4-a5	M-B	3.540	24.99	14.16

## Lampiran 6. (lanjutan)

10	Y141	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
11	Y142	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
12	Y143	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
13	Y211	a1-a2	B-M	2.470	23.11	10.51
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
14	Y212	a1-a2	B-M	6.720	21.60	31.16
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	8.170	22.76	32.30
15	Y213	a1-a2	B-M	3.420	27.36	12.50
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	2.610	27.01	9.670
16	Y221	a1-a2	B-M	7.010	21.52	33.03
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
17	Y222	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	6.000	23.50	25.53
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	9.500	24.50	38.77
18	Y223	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	4.000	24.50	16.32
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	9.840	23.03	43.00
19	Y231	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## Lampiran 6. (lanjutan)

20	Y232	a1-a2	B-M	12.12	24.99	48.59
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	0.000	-	0.000
21	Y233	a1-a2	B-M	9.980	24.96	39.98
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	6.050	24.57	24.58
		a4-a5	M-B	8.760	24.30	36.00
22	Y241	a1-a2	B-M	0.000	-	0.000
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	10.02	25.44	40.09
23	Y242	a1-a2	B-M	9.560	23.11	41.36
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	9.220	24.30	37.84
24	Y243	a1-a2	B-M	4.720	23.33	20.00
		a2-a3	M-J	0.000	-	0.000
		a3-a4	J-M	0.000	-	0.000
		a4-a5	M-B	9.110	23.00	39.00

© Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 7. Matrik Data Pengujian Berat Jenis Kering Udara (BJKU) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Perekat (B)		Jumlah
		UF (B <sub>1</sub> )	PF (B <sub>2</sub> )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	0.53	0.49	
	2	0.50	0.51	
	3	0.52	0.49	
Jumlah		1.55	1.49	3.04
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	0.54	0.52	
	2	0.55	0.61	
	3	0.56	0.49	
Jumlah		1.65	1.62	3.27
1.00 dan 1.00 cm (A3)		0.57	0.57	
		0.55	0.53	
		0.56	0.55	
Jumlah		1.68	1.65	3.33
1.25 dan 0.50 cm (A4)		0.60	0.51	
		0.51	0.57	
		0.57	0.56	
Jumlah		1.68	1.64	3.32
Jumlah Total		6.56	6.40	12.96



## Lampiran 8.

Analisis Keragaman Berat Jenis Kering  
Udara ( $BJ_{ku}$ ) Balok Laminasi Pada Berbagai  
Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit		
				5%	1%	
A	3	0.0092	0.0030	3*	3.24	5.29
B	1	0.0010	0.0010	1*		
AB	3	0.0002	0.00006	0.06		
Sisa	16	0.0160	0.0010			
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>0.0264</b>				

Keterangan : \* = Tidak berpengaruh nyata

Lampiran 9. Perhitungan Keragaman Berat Jenis Kering Udara ( $BJ_{KU}$ ) Balok Laminasi

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{(12.96)^2}{2 \times 4 \times 3} = 6.9989$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (0.53)^2 + \dots + (0.56)^2 - \text{FK} \\ &= 0.0264 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(1.55)^2 + \dots + (1.64)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 0.0104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 0.0264 - 0.0104 \\ &= 0.016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{(3.04)^2 + (3.27)^2 + (3.33)^2 + (3.32)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\ &= 7.0076 - 6.9989 \\ &= 0.0092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{(6.56)^2 + (6.40)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\ &= 6.9994 - 6.9984 \\ &= 0.001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 0.0002 \end{aligned}$$

Lampiran 10. Matrik Data Pengujian Kadar Air Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Perekat (B)		Jumlah
		UF (B <sub>1</sub> )	PF (B <sub>2</sub> )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	18.84 (25.72)	18.48 (25.46)	
	2	18.88 (25.75)	19.10 (25.91)	
	3	18.50 (25.47)	18.98 (25.83)	
<b>Jumlah</b>		56.22 (76.94)	56.56 (77.20)	112.78 (154.14)
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	18.39 (25.39)	18.14 (25.20)	
	2	19.05 (25.88)	18.54 (25.50)	
	3	19.04 (25.87)	18.86 (25.74)	
<b>Jumlah</b>		56.48 (77.14)	55.54 (76.44)	112.02 (153.58)
1.00 dan 1.00 cm (A3)		18.68 (25.60)	18.41 (25.40)	
		17.92 (25.04)	17.86 (25.00)	
		19.08 (25.90)	18.76 (25.67)	
<b>Jumlah</b>		55.68 (76.54)	55.03 (76.07)	110.71 (152.61)
1.25 dan 0.50 cm (A4)		18.80 (25.69)	18.04 (25.13)	
		18.15 (25.21)	19.67 (26.33)	
		19.90 (26.49)	18.50 (25.47)	
<b>Jumlah</b>		56.85 (77.39)	56.21 (76.93)	113.06 (154.32)
<b>Jumlah Total</b>		225.23 (308.01)	223.34 (306.64)	448.57 (614.65)

Lampiran 11. Analisis Keragaman Kadar Air (KA) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
A	3	0.2958	0.0986	0.5897*	3.24	5.29
B	1	0.0782	0.0782	0.4677*		
AB	3	0.0868	0.0289	0.1728		
Sisa	16	2.6755	0.16722			
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>3.1363</b>				

Keterangan : \* = Tidak berpengaruh nyata

Lampiran 12. Perhitungan Keragaman Kadar Air (KA) Balok Laminasi

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Koreksi} &= \frac{(614.65)^2}{2 \times 4 \times 3} = 15741.4426 \\
 \text{JK Total} &= (25.72)^2 + \dots + (25.47)^2 - \text{FK} \\
 &= 3.1363 \\
 \text{JK Perlakuan} &= \frac{(76.94)^2 + \dots + (76.93)^2}{3} - \text{FK} \\
 &= 0.4608 \\
 \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 2.6755 \\
 \text{JKA} &= \frac{(154.14)^2 + (153.58)^2 + (152.61)^2 + (154.32)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\
 &= 0.2958 \\
 \text{JKB} &= \frac{(6.56)^2 + (6.40)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\
 &= 0.0782 \\
 &= 0.001 \\
 \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\
 &= 0.0002
 \end{aligned}$$





Lampiran 13. Matrik Data Pengembangan Volume (PV) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Perekat (B)		Jumlah
		UF (B <sub>1</sub> )	PF (B <sub>2</sub> )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	4.01 (12.83)	3.28 (11.69)	
	2	2.99 (11.06)	3.62 (12.18)	
	3	2.86 (10.81)	3.20 (11.45)	
	<b>Jumlah</b>	9.86 (34.70)	10.1 (35.32)	
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	3.17 (11.39)	1.98 ( 8.98)	
	2	4.17 (13.09)	2.71 (10.52)	
	3	3.38 (11.77)	3.58 (12.11)	
	<b>Jumlah</b>	10.72 (36.25)	8.27 (31.61)	
1.00 dan 1.00 cm (A3)	1	3.43 (11.85)	4.66 (13.85)	
	2	4.29 (13.28)	1.92 ( 8.85)	
	3	4.35 (13.37)	5.99 (15.74)	
	<b>Jumlah</b>	12.07 (38.50)	12.57 (38.44)	
1.25 dan 0.50 cm (A4)	1	3.19 (11.43)	3.64 (12.22)	-
	2	2.81 (10.72)	3.80 (12.49)	
	3	4.53 (13.65)	4.16 (13.07)	
	<b>Jumlah</b>	10.53 (35.80)	11.60 (37.78)	
<b>Jumlah Total</b>		43.18 (145.25)	42.54 (143.15)	85.72 (288.40)

Lampiran 14. Analisis Keragaman Pengembangan Volume(PV) Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
A	3	7.9867	2.6622	1.0377*	3.24	5.29
B	1	0.1838	0.1838	0.0716*		
AB	3	4.1225	1.3741	0.5356		
Sisa	16	41.0456	2.5653			
Total	23	53.3386				

Keterangan : \* = Tidak berpengaruh nyata



Lampiran 15. Perhitungan Keragaman Pengembangan Volume (PV) Balok Laminasi

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Koreksi} &= \frac{(288.4)^2}{2 \times 4 \times 3} = 3465.6066 \\
 \text{JK Total} &= (12.83)^2 + \dots + (13.07)^2 - \text{FK} \\
 &= 53.3386 \\
 \text{JK Perlakuan} &= \frac{(34.70)^2 + \dots + (37.78)^2}{3} - \text{FK} \\
 &= 12.294 \\
 \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 41.0456 \\
 \text{JKA} &= \frac{(70.02)^2 + (67.86)^2 + (76.9)^2 + (73.6)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\
 &= 7.9867 \\
 \text{JKB} &= \frac{(145.25)^2 + (143.15)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\
 &= 0.1838 \\
 \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\
 &= 4.1225
 \end{aligned}$$

Lampiran 16. Matrik Data Modulus Of Elasticity (MOE) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Perekat (B)		Jumlah
		UF (B <sub>1</sub> )	PF (B <sub>2</sub> )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	137.39 E3	105.89 E3	
	2	118.56 E3	102.94 E3	
	3	110.75 E3	114.73 E3	
<b>Jumlah</b>		<b>366.70 E3</b>	<b>323.56 E3</b>	<b>690.26 E3</b>
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	121.91 E3	134.31 E3	
	2	111.10 E3	117.86 E3	
	3	129.15 E3	130.52 E3	
<b>Jumlah</b>		<b>362.16 E3</b>	<b>382.69 E3</b>	<b>744.85 E3</b>
1.00 dan 1.00 cm (A3)	1	120.28 E3	126.40 E3	
	2	93.43 E3	127.14 E3	
	3	129.58 E3	108.45 E3	
<b>Jumlah</b>		<b>343.29 E3</b>	<b>361.69 E3</b>	<b>704.85 E3</b>
1.25 dan 0.50 cm (A4)	1	115.35 E3	110.49 E3	
	2	114.66 E3	108.29 E3	
	3	115.15 E3	91.76 E3	
<b>Jumlah</b>		<b>345.15 E3</b>	<b>310.54 E3</b>	<b>655.69 E3</b>
<b>Jumlah Total</b>		<b>141.73 E4</b>	<b>137.85 E4</b>	<b>279.58 E4</b>

Keterangan : E3 =  $10^3$ , E4 =  $10^4$

Lampiran 17. Analisis Keragaman MOE Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	Ftab
				5%	1%
A	3	679.36 E6	226.45 E6	2.136*	3.24
B	1	62.82 E6	62.82 E6	0.592	
AB	3	573.66 E6	191.22 E6	1.800	
Sisa	16	1699.09E6	106.19 E6		
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>3014.93 E6</b>			

Keterangan : \* = Tidak Berpengaruh nyata

E6=  $10^6$



Lampiran 18. Perhitungan Keragaman Modulus Of Elasticity (MOE) Balok Laminasi

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{(2795,78 \times 10^3)^2}{2 \times 4 \times 3} = 325,69 \times 10^9$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (137,39 \cdot 10^3)^2 + \dots + (91,76 \cdot 10^3)^2 - \text{FK} \\ &= 3212,29 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(366,7 \cdot 10^3)^2 + \dots + (310,54 \cdot 10^3)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 1310,92 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 1901,37 \cdot 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{(690,26 \cdot 10^3)^2 + (744,8 \cdot 10^3)^2 + (704,98 \cdot 10^3)^2 + (655,69 \cdot 10^3)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \end{aligned}$$

$$= 674,43 \cdot 10^6$$

$$\text{JKB} = \frac{(1417,31 \cdot 10^3)^2 + (1378,48 \cdot 10^3)^2}{4 \times 3} - \text{FK}$$

$$= 57,89 \cdot 10^6$$

$$\text{JKAB} = \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB}$$

$$= 578,6 \cdot 10^6$$

Lampiran 19. Matrik Data Pengujian MOR Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Perekat (B)		Jumlah
		UF (B <sub>1</sub> )	PF (B <sub>2</sub> )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	714.96	681.50	
	2	702.59	653.98	
	3	665.90	728.67	
<b>Jumlah</b>		<b>2083.45</b>	<b>2064.15</b>	<b>4147.60</b>
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	849.59	800.25	
	2	736.25	718.53	
	3	853.38	766.73	
<b>Jumlah</b>		<b>2439.22</b>	<b>2285.51</b>	<b>4724.73</b>
1.00 dan 1.00 cm (A3)	1	686.25	781.48	
	2	688.81	815.82	
	3	804.23	671.19	
<b>Jumlah</b>		<b>2179.29</b>	<b>2268.49</b>	<b>4447.78</b>
1.25 dan 0.50 cm (A4)	1	695.87	661.24	
	2	708.16	711.25	
	3	733.58	701.26	
<b>Jumlah</b>		<b>2137.61</b>	<b>2073.75</b>	<b>4211.36</b>
<b>Jumlah Total</b>		<b>8839.57</b>	<b>8691.90</b>	<b>17531.47</b>

Kriteria Dinyatakan Unggul-unggul, baik atau tidaknya, tergantung pada hasil pengujian yang dilakukan. Untuk keperluan pengujian, pengujian yang dilakukan harus memenuhi kriteria yang ditetapkan.

Lampiran 20. Analisis Keragaman MOR Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
A	3	34308.20	11436.06	4.69*	3.24	5.29
B	1	908.60	908.60	0.37		
AB	3	5097.07	1699.02	0.69		
Sisa	16	39034.01	2439.62			
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>79347.88</b>				

Keterangan : \* = Berpengaruh nyata



Lampiran 21. Perhitungan Keragaman Modulus Of Rupture (MOR) Balok Laminasi

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{(17531,473)^2}{2 \times 4 \times 3} = 12806351,68$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (714,963)^2 + \dots + (701,26)^2 - \text{FK} \\ &= 79347,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(2083,45)^2 + \dots + (2073,75)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 40313,87 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 39034,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \\ &= \frac{(4147,6)^2 + (4724,73)^2 + (4447,8)^2 + (4211,36)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\ &= 34308,20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{(8839,57)^2 + (8691,9)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\ &= 908,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 5097,07 \end{aligned}$$



Lampiran 22. Uji Tukey Modulus Of Elasticity (MOR) Balok Laminasi

Faktor A (Kombinasi Ketebalan Lamina)

Sx	$\sqrt{\frac{2439.62}{9}}$	=	16.46
5	4.05 x 16.46	=	66.66
1	5.19 x 16.46	=	85.43
	a4 - a3	=	39.41
	a4 - a2	=	85.57**
	a4 - a1	=	10.62
	a3 - a2	=	46.16
	a3 - a1	=	50.03
	a2 - a1	=	96.19**
a1	a2	a3	a4
691.27	787.46	741.30	701.89

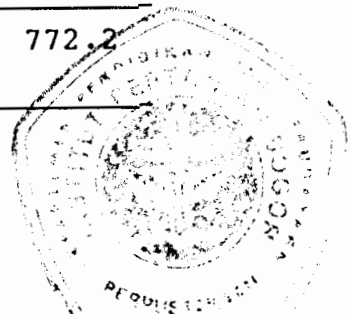
Tidak berbeda nyata

Hak Cipta dilindungi Undang-undang:  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mempergunakan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 23. Matrik Data Pengujian Keteguhan Geser Rekat Lamina Jeunjing-Mangium ( $KGR_{BM}$ ) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Perekat (B)		Jumlah
		UF ( $B_1$ )	PF ( $B_2$ )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	31.63	31.37	
	2	44.72	34.83	
	3	50.40	38.27	
<b>Jumlah</b>		<b>126.75</b>	<b>104.47</b>	<b>231.20</b>
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	48.39	35.70	
	2	32.98	35.91	
	3	40.32	25.20	
<b>Jumlah</b>		<b>121.69</b>	<b>96.81</b>	<b>218.50</b>
1.00 dan 1.00 cm (A3)		54.26	19.02	
		20.00	40.31	
		30.43	18.79	
<b>Jumlah</b>		<b>104.69</b>	<b>78.12</b>	<b>182.81</b>
1.25 dan 0.50 cm (A4)		20.08	16.73	
		36.73	21.17	
		28.87	16.09	
<b>Jumlah</b>		<b>85.68</b>	<b>53.99</b>	<b>139.67</b>
<b>Jumlah Total</b>		<b>438.81</b>	<b>333.33</b>	<b>772.2</b>



Hak cipta © IPB University  
 Seluruh isi dan gambar yang terdapat dalam dokumen ini merupakan hak cipta IPB University dan tidak diperbolehkan untuk disebarluaskan atau digunakan kembali tanpa izin IPB University.

## Lampiran 24.

Analisis Keragaman Keteguhan Geser Rekat  
 untuk Lamina Jeunjing-Mangium ( $KGR_{JM}$ ) Balok  
 Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
A	3	841.61	280.54	3.03	3.24	5.29
B	1	463.05	463.05	5.01*		
AB	3	9.43	3.14	0.034		
Sisa	16	1479.3	92.46			
Total	23	2793.39				

Keterangan : \* = Berpengaruh nyata



Lampiran 25. Perhitungan Keragaman Keteguhan Geser Rekat Lamina Jeunjing-Mangium (KGR<sub>JM</sub>) Balok Laminasi

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{(772.2)^2}{2 \times 4 \times 3} = 24845.54$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (31.63)^2 + \dots + (16.09)^2 - \text{FK} \\ &= 2793.39 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(126.75)^2 + \dots + (53.99)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 1314.09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 1479.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{(231.2)^2 + (218.5)^2 + (182.81)^2 + (139.67)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\ &= 841.61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{(438.81)^2 + (333.39)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\ &= 463.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 9.43 \end{aligned}$$



Lampiran 26. Uji Tukey Keteguhan Geser Rekat Lamina Jeunjing-Mangium ( $KGR_{JM}$ ) Balok Laminasi

Faktor B (Jenis Perekat)

$$\begin{aligned}
 Sx &= \sqrt{\frac{92.46}{12}} = 2.28 \\
 5\% &= 3.00 \times 2.18 = 8.34^* \\
 1\% &= 4.13 \times 2.18 = 11.48 \\
 a2 - a1 &= 8.78^* \\
 a2 & \\
 36.56 & \quad 27.78
 \end{aligned}$$

= Tidak berbeda nyata

@ Hak cipta milik IPB University

IPB University

Lampiran 27. Matrik Data Pengujian Keteguhan Geser Rekat lamina Bangkora-Mangium ( $KGR_{BM}$ ) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina ( $\Lambda$ )	Ulangan ( $r$ )	Jenis Perekat (B)		Jumlah
		UF ( $B_1$ )	PF ( $B_2$ )	
0.50 dan 2.00 cm ( $\Lambda 1$ )	1	21.98	16.59	
	2	18.44	27.52	
	3	24.94	31.37	
Jumlah		65.36	75.48	140.84
0.75 dan 1.50 cm ( $\Lambda 2$ )	1	34.00	12.63	
	2	22.73	30.26	
	3	28.45	10.83	
Jumlah		85.18	53.72	138.90
1.00 dan 1.00 cm ( $\Lambda 3$ )	1	10.16	10.52	
	2	33.34	32.45	
	3	23.59	12.37	
Jumlah		67.09	55.34	122.43
1.25 dan 0.50 cm ( $\Lambda 4$ )		35.64	36.73	
		33.19	40.64	
		22.18	17.07	
Jumlah		91.01	94.44	185.45
Jumlah Total		308.64	278.98	587.62



## Lampiran 28.

**Analisis Keragaman Keteguhan Geser Rekat  
untuk Lamina Bangkirai-Mangium (KGR<sub>BM</sub>) Balok  
Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan**

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	F <sub>tab</sub> 5%	F <sub>tab</sub> 1%
A	3	364.22	121.40	14.18*	3.24	5.29
B	1	36.65	36.65	4.28*		
AB	3	170.34	56.78	6.63*		
Sisa	16	1421.48	8.56			
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>1992.74</b>				

**Keterangan : \* = Berpengaruh nyata**

Lampiran 29. Perhitungan Keragaman Keteguhan Geser Rekat Lamina Bangkirai-Mangium ( $KGR_{BM}$ ) Balok Laminasi

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{(318,38)^2}{2 \times 4 \times 3} = 4223,58$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (0)^2 + \dots + (39,6)^2 - \text{FK} \\ &= 4589,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(0)^2 + \dots + (89,14)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 2697,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 1892,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{(48,13)^2 + (60,29)^2 + (120,82)^2 + (89,14)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\ &= 525,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{(62,43)^2 + (255,55)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\ &= 1543,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 628,59 \end{aligned}$$





Lampiran 31. Matrik Data Pengujian Delaminasi Perekat Urea Formaldehida (Tipe II) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Lamina (B)		Jumlah
		JM (B <sub>1</sub> )	BM (B <sub>2</sub> )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	0.00	0.00	
	2	0.00	0.00	
	3	0.00	0.00	
<b>Jumlah</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	14.70	0.52	
	2	4.10	3.90	
	3	8.96	0.00	
<b>Jumlah</b>		<b>27.76</b>	<b>3.902</b>	<b>31.67</b>
1.00 dan 1.00 cm (A3)		55.03	38.47	
		0.00	7.98	
		17.0	12.08	
<b>Jumlah</b>		<b>72.03</b>	<b>58.53</b>	<b>130.56</b>
1.25 dan 0.50 cm (A4)		0.00	0.00	
		0.00	0.00	
		0.00	0.00	
<b>Jumlah</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>Jumlah Total</b>		<b>99.79</b>	<b>62.43</b>	<b>162.22</b>

Lampiran 32. Analisis Keragaman Delaminasi Perekat UF (Tipe II) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F <sub>hit</sub>	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
A	3	1911.57	637.19	4.63*	3.24*	5.29
B	1	58.16	58.16	0.42		
AB	3	67.1	22.36	0.16		
Sisa	16	2201.94	137.62			
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>4238.77</b>				

Keterangan : \* = Berpengaruh nyata



Lampiran 33. Perhitungan Keragaman Delaminasi Perekat UF (Tipe II) Balok Laminasi

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{(162.22)^2}{2 \times 4 \times 3} = 1096.47$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (0.00)^2 + \dots + (0.00)^2 - \text{FK} \\ &= 4238.77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(0.00)^2 + \dots + (0.00)^2}{3} - \text{FK} \\ &= 2036.83 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 4238.77 - 2036.83 \\ &= 2201.94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKA} &= \frac{(0.00)^2 + (31.66)^2 + (130.56)^2 + (0.00)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\ &= 3008.04 - 1096.47 \\ &= 1911.57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKB} &= \frac{(99.79)^2 + (62.43)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\ &= 1154.63 - 1096.47 \\ &= 58.16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\ &= 67.1 \end{aligned}$$



Lampiran 34. Uji Tukey Delaminasi Perekat Urea Formaldehida (Tipe II) Balok Laminasi

Faktor A (Kombinasi Ketebalan Lamina)

$Sx$	=	$\sqrt{\frac{137.62}{12}}$	=	3.91		
5%	=	4.05 x 3.91	=	15.84		
1%	=	5.19 x 3.91	=	20.29		
a1		a2		a3		a4
0		9.25		24.01		0

= Tidak berbeda nyata

Lampiran 35. Matrik Data Pengujian Delaminasi Perekat Phenol Formaldehida (Tipe I) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Kombinasi Ketebalan Lamina (A)	Ulangan (r)	Jenis Lamina (B)		Jumlah
		JM (B <sub>1</sub> )	BM (B <sub>2</sub> )	
0.50 dan 2.00 cm (A1)	1	0.00	5.00	
	2	0.00	31.00	
	3	0.00	11.00	
<b>Jumlah</b>		<b>0.00</b>	<b>47.48</b>	<b>47.48</b>
0.75 dan 1.50 cm (A2)	1	0.00	16.51	
	2	12.76	19.38	
	3	8.16	21.5	
<b>Jumlah</b>		<b>20.29</b>	<b>57.39</b>	<b>78.31</b>
1.00 dan 1.00 cm (A3)		0.00	0.00	
		0.00	24.29	
		12.29	37.99	
<b>Jumlah</b>		<b>12.29</b>	<b>62.28</b>	<b>74.57</b>
1.25 dan 0.50 cm (A4)		0.00	20.04	
		0.00	29.50	
		0.00	39.60	
<b>Jumlah</b>		<b>0.00</b>	<b>89.14</b>	<b>89.14</b>
<b>Jumlah Total</b>		<b>33.21</b>	<b>256.29</b>	<b>289.5</b>

Hak cipta milik IPB University  
 Perpustakaan IPB University



Lampiran 36. Analisis Keragaman Delaminasi Perekat PF (Tipe I) Balok Laminasi Pada Berbagai Kombinasi Perlakuan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
A	3	156.8	52.26	0.6	3.24*	5.29*
B	1	2073.52	2073.52	22.15*		
AB	3	264.71	88.24	0.94		
Sisa	16	1497.64	93.60			
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>3992.67</b>				

Keterangan : \* = Berpengaruh nyata

Hak cipta milik IPB University  
 Diindungi Undang-undang  
 yang mengatur sebagian dari hak cipta ini tanpa  
 mengizinkan untuk penyalinan, pendistribusian, atau  
 penggunaan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.  
 Penggunaan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 37. Perhitungan Keragaman Delaminasi Perekat PF (Tipe I) Balok Laminasi

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Koreksi} &= \frac{(289.5)^2}{2 \times 4 \times 3} = 3492.1 \\
 \text{JK Total} &= (0.00)^2 + \dots + (39.6)^2 - \text{FK} \\
 &= 3992.67 \\
 \text{JK Perlakuan} &= \frac{(0.00)^2 + \dots + (89.14)^2}{3} - \text{FK} \\
 &= 2495.03 \\
 \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 3992.67 - 2495.03 \\
 &= 1497.64 \\
 \text{JKA} &= \frac{(47.48)^2 + (78.31)^2 + (74.57)^2 + (89.14)^2}{2 \times 3} - \text{FK} \\
 &= 3648.90 - 3492.1 \\
 &= 156.8 \\
 \text{JKB} &= \frac{(33.21)^2 + (256.29)^2}{4 \times 3} - \text{FK} \\
 &= 5565.62 - 3492.1 \\
 &= 2073.52 \\
 \text{JKAB} &= \text{JK Perlakuan} - \text{JKA} - \text{JKB} \\
 &= 264.71
 \end{aligned}$$

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Harap Dilindungi Undang-undang  
 1. Orang yang menjiplak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengutipkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





Lampiran 38. Uji Tukey Delaminasi Perekat Phenol Formaldehida (Tipe I) Balok Laminasi

Faktor B (Jenis Lamina)

$$Sx = \sqrt{\frac{93.60}{12}} = 2.79$$

$$5\% = 3.00 \times 2.79 = 8.37$$

$$1\% = 4.13 \times 2.79 = 11.52$$

a1	_____	a2
2.76		21.35

= Tidak berbeda nyata

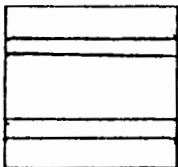
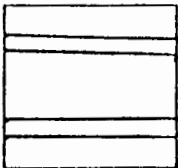
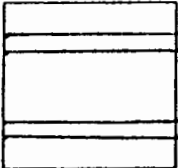
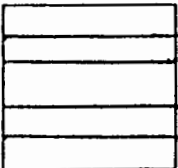
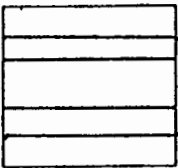
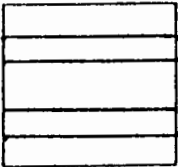
@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak cipta Dilindungi undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Untuk kepentingan penelitian, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

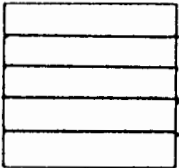
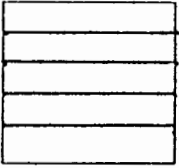
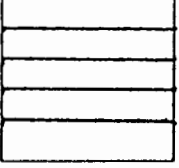
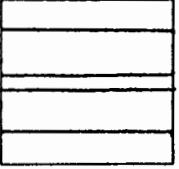
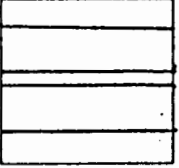
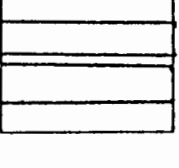
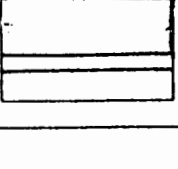


Lampiran 39. Data Hasil Pengukuran Kadar Air (KA) Lamina Balok Laminasi

No.	Contoh	Gambar	Lapisan ke-i	KA (%)	
1.	Y111		5	1	16,724
			4	2	17,221
			3	3	17,304
			2	4	17,630
			1	5	19,056
2.	Y112		5	1	19,154
			4	2	17,120
			3	3	16,116
			2	4	16,808
			1	5	18,208
3.	Y113		5	1	16,894
			4	2	17,120
			3	3	16,422
			2	4	17,630
			1	5	17,940
4.	Y121		5	1	18,711
			4	2	17,021
			3	3	16,981
			2	4	17,880
			1	5	19,210
5.	Y122		5	1	17,479
			4	2	19,211
			3	3	18,301
			2	4	17,620
			1	5	19,438
6.	Y123		5	1	16,940
			4	2	17,220
			3	3	17,801
			2	4	18,001
			1	5	16,196

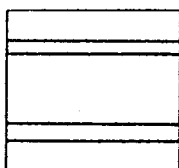
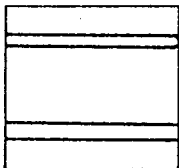
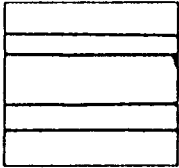
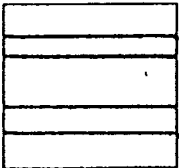
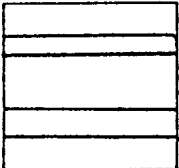
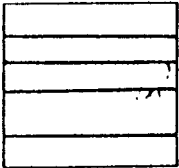
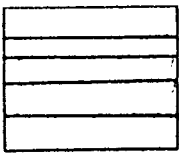
Hak cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## Lampiran 39. (lanjutan)

No.	Contoh	Gambar	Lapisan ke-i	KA (%)	
7.	Y131		5	1	19,517
			4	2	18,111
			3	3	17,151
			2	4	17,921
			1	5	16,960
8.	Y132		5	1	16,724
			4	2	19,200
			3	3	17,211
			2	4	18,001
			1	5	18,966
9.	Y133		5	1	17,211
			4	2	16,800
			3	3	17,211
			2	4	19,020
			1	5	18,111
10.	Y141		5	1	18,976
			4	2	16,421
			3	3	17,101
			2	4	17,481
			1	5	16,894
11.	Y142		5	1	18,073
			4	2	16,811
			3	3	16,476
			2	4	17,818
			1	5	18,395
12.	Y143		5	1	18,723
			4	2	17,821
			3	3	16,476
			2	4	17,801
			1	5	19,662
13.	Y211		5	1	18,193
			4	2	18,200
			3	3	17,111
			2	4	17,268
			1	5	18,805

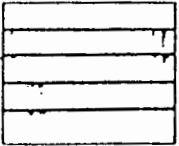
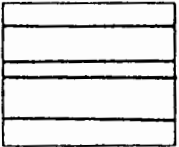
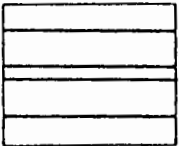
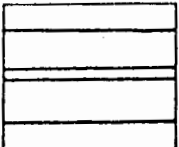
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 39. (lanjutan)

No.	Contoh	Gambar	Lapisan ke-i	KA (%)	
14.	Y212		5	1	17,940
			4	2	18,121
			3	3	16,902
			2	4	18,111
			1	5	19,704
15.	Y213		5	1	17,762
			4	2	18,021
			3	3	16,981
			2	4	17,111
			1	5	17,660
16.	Y221		5	1	18,387
			4	2	17,980
			3	3	18,010
			2	4	17,888
			1	5	18,843
17.	Y222		5	1	19,505
			4	2	16,998
			3	3	18,906
			2	4	17,111
			1	5	18,433
18.	Y223		5	1	19,110
			4	2	17,801
			3	3	18,813
			2	4	18,011
			1	5	18,983
19.	Y231		5	1	19,076
			4	2	18,111
			3	3	17,943
			2	4	17,050
			1	5	19,849
20.	Y232		5	1	19,310
			4	2	18,101
			3	3	17,888
			2	4	17,011
			1	5	19,153

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
c. Pengutipan tidak diperbolehkan mempublikasikan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## Lampiran 39. (lanjutan)

No.	Contoh	Gambar	Lapisan ke-i	KA (%)	
21.	Y233		5	1	19,121
			4	2	19,008
			3	3	16,991
			2	4	18,011
			1	5	17,863
22.	Y241		5	1	19,055
			4	2	18,111
			3	3	17,901
			2	4	16,200
			1	5	17,916
23.	Y242		5	1	19,243
			4	2	17,211
			3	3	18,010
			2	4	16,210
			1	5	18,983
24.	Y243		5	1	18,808
			4	2	17,061
			3	3	18,111
			2	4	18,921
			1	5	19,739

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 40. Uji Tukey Pengaruh Perlakuan Kombinasi Ketebalan Lamina (A) dan Jenis Perekat (B) terhadap Keteguhan Geser Rekat Lamina Bangkirai-Mangium ( $KGR_{BM}$ ) Balok Laminasi

Faktor A (Kombinasi Ketebalan Lamina)

$$Sx = \sqrt{\frac{8.56}{2}} = 2.07$$

$$5.8 = 4.05 \times 2.07 = 8.38$$

$$1.8 = 5.19 \times 2.07 = 10.74$$

A1B1	A1B2	A2B1	A2B2	A3B1	A3B2	A4B1	A4B2
21.78	25.16	28.39	17.90	22.36	18.45	30.34	31.48

= Tidak berbeda nyata

© Hak Cipta milik IPB University

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk keperluan penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak dengan cara apapun seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.