

E/THH/1990/011

PENGARUH PENGUKUSAN LAMINA TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS BALOK LAMINASI KONVENSIONAL

Free

Oleh

WACHYUDI SUTRISNO

E 21 0645



JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1990

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

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



RINGKASAN

Wachyudi Sutrisno. E 21.0645. Pengaruh Pengukusan Lamina Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi Konvensional. Di bawah bimbingan Ir. T. R. Mardikanto, MS dan Ir. Yusuf Sudo Hadi, MAgr.

Bertambahnya jumlah penduduk serta kemajuan teknologi menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan lahan untuk pemukiman, disertai dengan meningkatnya kebutuhan perumahan. Hal tersebut akan mengakibatkan kenaikan konsumsi kayu sebagai bahan bangunan. Salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan kayu sebagai bahan bangunan dan keperluan lainnya adalah mengolah kayu berkualitas rendah menjadi balok laminasi. Balok laminasi merupakan suatu hasil pengikatan bersama sejumlah lapisan kayu atau papan kayu dimana arah serat kayu dari seluruh lapisannya sejajar. Balok laminasi konvensional menggunakan perekat untuk mengikat antara satu lapisan dengan lapisan kayu yang lainnya. Pengukusan terhadap lamina yang berkadar air di bawah titik jenuh serat diharapkan disamping mengeluarkan air juga mengurangi kadar ekstraktif kayu yang menghalangi atau memperlemah terjadinya proses perekatan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pengukusan lamina terhadap sifat fisis dan mekanis balok laminasi konvensional.



Kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu karet (*Hevea brasiliensis*) dengan perekat urea formaldehida. Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan percobaan faktorial 3 x 4. Faktor A (ketebalan lapisan tengah) terdiri dari 1 cm, 2 cm, 3 cm, sedangkan faktor B (lamanya pengukusan) terdiri dari 0 jam, 2 jam, 4 jam dan 6 jam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu pengukusan cenderung meningkatkan nilai keteguhan lentur (MOR) dan keteguhan geser sejajar serat. Nilai MOR untuk pengukusan 0 jam, 2 jam, 4 jam dan 6 jam berturut-turut adalah 554,02 kg/cm², 594,72 kg/cm², 619,52 kg/cm², 638,09 kg/cm² sedangkan nilai keteguhan gesernya berturut-turut adalah 58,01 kg/cm², 63,83 kg/cm², 69,79 kg/cm², 78,27 kg/cm². Nilai penyusutan semakin rendah dengan semakin lamanya waktu pengukusan, nilai penyusutan berturut-turut adalah 5,12%, 4,63%, 4,27% dan 4,23%.

Ketebalan lapisan tengah memberikan pengaruh terhadap sifat mekanis balok laminasi konvensional. Bertambah tebalnya lapisan tengah akan menyebabkan meningkatnya nilai kekakuan (MOE) dan keteguhan lentur (MOR) balok laminasi konvensional. Nilai rata-rata MOE balok laminasi dengan ketebalan lapisan tengah 1 cm, 2 cm, 3 cm berturut-turut adalah 90556,46 kg/cm², 95103,30 kg/cm², 101866,28 kg/cm². Sedangkan nilai MORnya berturut-turut adalah 569,38 kg/cm², 604,69 kg/cm² dan 630,69 kg/cm².

**PENGARUH PENGUKUSAN LAMINA
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS
BALOK LAMINASI KONVENSIONAL**

Oleh :

Wachyudi Sutrisno

E. 21.0645

Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Kehutanan

pada

Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN

FAKULTAS KEHUTANAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1990

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 : Pengaruh Pengukusan Lamina Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi Konvensional

Bidang : Keteknikan Kayu

Nama : Wachyudi Sutrisno

NRP : E. 21.0645

Menyetujui : Ketua Pembimbing

(Ir. T. R. Mardikanto, MS)

Anggota Pembimbing

(Ir. Yusuf Sudo Hadi, MAgr)

Ketua Jurusan Teknologi Hasil Hutan

(Dr. Ir. H. Darwis S. Gani, MA)

Tanggal Lulus : 12 Juni 1990



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta, pada tanggal 25 Oktober 1965, merupakan anak kedua dari tujuh bersaudara dari keluarga Soepeno (ayah) dan Daryati (ibu).

Pada tahun 1977 penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri Depok Baru I, selanjutnya tahun 1981 menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri II Depok. Pada tahun 1984 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 38 Jakarta.

Pada tahun 1984 penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui Sipenmaru. Tahun 1985 penulis memasuki fakultas kehutanan, tahun 1987 penulis memilih jurusan Teknologi Hasil Hutan.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan, penulis mengadakan penelitian dan menyusun skripsi dalam bidang keteknikan kayu. Judul skripsi Pengaruh Pengu- kusan Lamina Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi Konvensional dibawah bimbingan Ir. T. R. Mardikanto, MS dan Ir. Yusuf Sudo Hadi, MAgr.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. T. R. Mardikanto, MS dan Ir. Yusuf Sudo Hadi, MAgri sebagai ketua pembimbing serta anggota pembimbing.
2. Pimpinan Pamolite Adhesive Industry dan Pimpinan Perkebunan Karet Kampus Darmaga atas segala fasilitas yang diberikan.
3. Ir. H. Syafii Manan MSc dan Ir. E.K.S. Harini Muntasib masing-masing dari jurusan Manajemen Hutan dan Konservasi Sumber Daya Hutan sebagai dosen penguji.
4. Semua staf pengajar dan staf pegawai Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
5. Kedua orang tua dan saudara-saudaraku yang selalu berdoa dan memberikan dorongan semangat.
6. Bapak Parwoto dan keluarga, serta rekan-rekan yang atas bantuannya selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Akhirnya penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, namun demikian penulis berharap semoga tulisan ini berguna bagi pembaca.

Bogor, Juni 1990

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

© Hak cipta milik IPB University

	KATA PENGANTAR	i
	DAFTAR ISI	ii
	DAFTAR GAMBAR	iv
	DAFTAR TABEL	v
	DAFTAR LAMPIRAN	vii
I.	PENDAHULUAN	1
	A. Latar Belakang	1
	B. Tujuan Penelitian	3
II.	TINJAUAN PUSTAKA	4
	A. Kayu Laminasi	4
	B. Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi	7
	C. Konstruksi Dengan Perekat	9
	D. Pengukusan (Steaming)	12
	E. Keterangan Kayu Karet (<i>Hevea brasiliensis</i>) ...	14
III.	METODE PENELITIAN	16
	A. Bahan dan Alat	16
	B. Pembuatan Balok Laminasi	17
	C. Prosedur Pengujian	19
	D. Rancangan Percobaan	25
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
	A. Kadar Air Pembentuk Balok Laminasi	28
	B. Sifat Fisis Balok Laminasi	30
	C. Sifat Mekanis Balok Laminasi	37

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.



V.	KESIMPULAN DAN SARAN	50
A.	Kesimpulan	50
B.	Saran-saran	51
	DAFTAR PUSTAKA	52
	LAMPIRAN	54

- 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.



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Ukuran Balok Laminasi dan Ketebalan Setiap Lamina ..	18
2.	Ukuran dan Bentuk Contoh Uji Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi Konvensional	21
3.	Pembebanan Pada Pengujian Lentur Statis	24
4.	Grafik Kadar Air Lamina Pembentuk Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan	29
5.	Grafik Penyusutan Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan	35
6.	Grafik MOE Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan ...	39
7.	Diagram Tegangan-Tegangan Geser, Tekan dan Tarik Pada Balok Yang Diberi Beban Terpusat Di Tengah-Tengah	40
8.	Tegangan Geser Yang Terjadi Pada Balok Laminasi Konvensional Dengan Ketebalan Lapisan 1 cm, 2 cm, 3 cm	42
9.	Grafik MOR Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan	44

© 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.



DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Beberapa Macam Perekat Untuk Konstruksi Kayu Ber-lapis Majemuk	11
2.	Bagan Rancangan Percobaan Faktorial 3 x 4	26
3.	Daftar Analisis Keragaman Percobaan Faktorial 3 x 4	26
4.	Kadar Air Rata-rata Lamina Pembentuk Balok Lami-nasi Dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)	28
5.	Analisis Keragaman Kadar Air Lamina Pembentuk Ba-lok Laminasi	29
6.	Penurunan Kadar Air Lamina (%) Rata-rata Dengan Ketebalan 1 cm, 1,5 cm, 2 cm, 3 cm Pada Perlakuan Pengukusan 2 jam, 4 jam, 6 jam	30
7.	Kadar Air Rata-rata Balok Laminasi Dengan Perla-kuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)	31
8.	Analisis Keragaman Kadar Air Balok Laminasi	31
9.	Kerapatan Rata-rata Balok Laminasi Dengan Perla-kuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)	32
10.	Analisis Keragaman Kerapatan Balok Laminasi	33
11.	Penyusutan Rata-rata Balok Laminasi Dengan Perla-kuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)	34
12.	Analisis Keragaman Penyusutan Balok Laminasi ...	34
13.	Prosentase Penurunan Penyusutan Balok Laminasi Pada Taraf Lamanya Pengukusan	36
14.	MOE Rata-rata Balok Laminasi Dengan Perlakuan Ke-tebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)	37

© 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.



Nomor

Halaman

15.	Analisis Keragaman MOE Balok Laminasi	38
16.	MOR Rata-rata Balok Laminasi Dengan Perlakuan Kete- balan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)	43
17.	Analisis Keragaman MOR Balok Laminasi	43
18.	Prosentase Peningkatan Nilai MOR Pada Taraf Lama- nya Pengukusan	45
19.	Keteguhan Geser Sejajar Serat Rata-rata Balok La- minasi Dengan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)	47
20.	Analisis Keragaman Keteguhan Geser Sejajar Serat Balok Laminasi	47

@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.



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
	@Hak cipta milik IPB University	
1.	Hasil Pengujian Kadar Air Lamina Sebelum Dibentuk Menjadi Balok Laminasi Konvensional	54
2.	Hasil Pengujian Kadar Air, Kerapatan dan Penyusutan Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	58
3.	Hasil Pengujian MOE dan MOR Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	60
4.	Hasil Pengujian Geser Sejajar Serat Balok Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	62
5.	Analisis Data Respon Kadar Air Lamina Pembentuk Balok Laminasi Konvensional Akibat Pengukusan	64
6.	Analisis Data Respon Kadar Air Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	65
7.	Analisis Data Respon Kerapatan Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	66
8.	Analisis Data Respon Penyusutan Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	67
9.	Analisis Data Respon MOE Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	68
10.	Analisis Data Respon MOR Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	69
11.	Analisis Data Respon Keteguhan Geser Sejajar Serat Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan	70
12 a.	Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-rata Kadar Air Pembentuk Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya Pengukusan	71
12 b.	Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-rata Penyusutan Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya Pengukusan	71

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.



13.	Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-rata MOE Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Ketebalan Lapisan Tengah	72
14 a.	Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-rata MOR Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Ketebalan Lapisan Tengah	73
14 b.	Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-rata MOR Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya Pengukusan	73
15.	Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-rata Keteguhan Geser Sejajar Serat Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya Pengukusan	74
16.	Bentuk Kerusakan Balok Laminasi Konvensional	75

@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.



I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bertambahnya jumlah penduduk serta kemajuan teknologi menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan lahan untuk pemukiman, disertai dengan meningkatnya kebutuhan perumahan. Hal tersebut akan mengakibatkan kenaikan konsumsi kayu sebagai bahan bangunan. Pada umumnya masyarakat menggunakan kayu sebagai bahan bangunan hanya dari jenis yang kelas kuat tinggi dan awet secara alami. Sehingga penggunaan kayu terbatas pada kayu yang berkualitas baik. Salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan kayu sebagai bahan bangunan dan keperluan lainnya adalah mengolah kayu berkualitas rendah menjadi balok laminasi.

Penggunaan balok laminasi juga merupakan salah satu langkah efisiensi pemanfaatan sumberdaya hutan, usaha yang dilakukan yaitu mengolah jenis yang kurang dikenal (*lesser known species*) dan dari potongan-potongan tipis limbah industri perkayuan.

Balok laminasi merupakan suatu hasil pengikatan bersama sejumlah lapisan atau papan kayu dimana arah serat kayu dari seluruh lapisannya sejajar. Balok laminasi konvensional menggunakan perekat sebagai pengikat antara lapisan-lapisan kayu. Dalam pembuatan balok laminasi konvensional, kadar air kayu mempengaruhi

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.

hasil perekatan. Kadar air kayu yang melebihi persyaratan yang dianjurkan, akan menyebabkan kondisi perekat menjadi basah hingga pengerasan tidak terjadi secara sempurna sewaktu pengempaan dan pengkleman balok selesai dilakukan.

Pengukusan terhadap lamina yang berkadar air di bawah titik jenuh serat, diharapkan disamping mengeluarkan air dari dalam kayu juga akan mendesak udara yang terdapat dalam rongga sel. Karena meningkatnya suhu dalam kayu maka terjadi peningkatan tekanan di dalam rongga sel. Tekanan yang terus menerus meningkat ini akan mendesak keluar udara dalam rongga. Selanjutnya lamina yang bersuhu dan bertekanan tinggi ini pada saat direkat terutama waktu pengkleman balok laminasi akan menyesuaikan dengan keadaan sekitarnya, dimana suhu dan tekanan terus menurun. Pada saat penurunan tekanan ini perekat diharapkan lebih banyak masuk ke dalam kayu.

Komponen sekunder kayu adalah zat ekstraktif yang biasanya dapat menghalangi atau memperlemah terjadinya proses perekatan. Dengan dilakukannya pengukusan terhadap lamina diharapkan kadar zat ekstraktif berkurang.

Dengan pengukusan yang lebih lama diduga akan mempengaruhi sifat fisis dan mekanis balok laminasi.



Selanjutnya waktu pengukusan yang optimal diharapkan dapat ditentukan dari penelitian ini.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengukusan lamina terhadap sifat fisis dan mekanis balok laminasi konvensional.

@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.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kayu Laminasi

Balok laminasi adalah suatu hasil pengikatan bersama sejumlah lapisan atau papan kayu dimana seluruh lapisan, arah serat kayunya sejajar (Wirjomartono, 1958). Sedangkan Siddiq (1989) mendefinisikan balok laminasi konvensional sebagai Glued Laminated Timber atau glulam merupakan balok kayu buatan yang dipakai sebagai komponen struktur bangunan, terbuat dari bahan kayu yang lebih kecil atau lebih tipis (lamina) yang dilekatkan satu sama lain dengan bahan perekat sehingga membentuk balok baru yang berukuran (penampang dan panjang) yang jauh lebih besar.

Menurut Masano (1973) kayu laminasi pertama kali dikenal di Eropa dan orang yang membuatnya adalah Otto Hetzer sehingga dikenal sebagai konstruksi Hetzer. Kayu laminasi sebagai struktur bangunan pertama kali digunakan di Amerika Serikat tahun 1934, sebagai elemen struktur pada bangunan Forest Products Laboratory.

Wilson (1936) dalam Brown *et. al.* (1952) mencatat keuntungan dari konstruksi laminasi dengan perekat, sebagai berikut :

1. Bentuk lengkung panjang dapat dibuat untuk ruang yang besar
2. Dapat menggunakan lapisan-lapisan yang relatif ke-

cil dan dapat dikeringkan dengan cepat dan merata sehingga pengaruh dari puntiran menjadi kecil

3. Balok dengan luas penampang yang besar dan panjang dapat dibuat dengan menggunakan bahan ukuran yang kecil dan mudah untuk dikapalkan
4. Kayu laminasi dapat dipilih dari jenis kayu dan kerapatan yang berbeda untuk dipadukan sehingga dapat dibentuk kayu laminasi dengan kekuatan yang diinginkan
5. Batang-batang yang mempunyai jari-jari kurva yang relatif kecil dapat dibuat tanpa menimbulkan serat melintang
6. Rangka kuda-kuda dari balok laminasi yang kontinu dapat dibuat dari beberapa panel dengan penyambungan sederhana
7. Balok-balok yang mempunyai kekuatan konstan dapat dibuat dengan penampilan yang indah dan ekonomis
8. Menurut catatan pemakaian balok laminasi di Swiss lebih tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh unsur kimia yang dapat menurunkan kekuatan apabila dibandingkan dengan struktur logam atau batang kayu yang disambung dengan logam.

Adapun kekurangan dari Glued Laminated Wooden Construction adalah sebagai berikut:

1. Lebih mahal dibandingkan dengan konstruksi lain karena menggunakan perekat



2. Tidak dapat langsung dikerjakan, dimana harus dikerjakan dua atau tiga minggu setelah kayu dipotong dari kayu bulat
3. Membutuhkan keahlian dan kecakapan pekerja dalam pemasangan untuk memberikan hasil yang baik.

Wirjomartono (1958) menjelaskan bahwa kadar air kayu pembentuknya akan mempengaruhi keteguhan balok laminasi yang dihasilkan. Sedangkan Masano (1973) mengemukakan bahwa kayu laminasi yang terdiri dari dua lapis mempunyai keteguhan lentur statis yang lebih tinggi daripada kayu laminasi yang tersusun dari tiga dan lima lapis. Harsunarto (1987) dari hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa penambahan berat labur akan meningkatkan MOE dan MOR, dan berat labur terbaik adalah 0,2 kg per m².

Susunan lamina yang paling efektif untuk balok laminasi dapat direncanakan dengan memperhitungkan besarnya tegangan-tegangan yang terjadi dan memperhatikan mutu lamina yang akan dipakai. Suatu balok laminasi dapat dibuat dari kayu yang sama mutunya, tetapi untuk lebih efisien dapat digunakan lamina yang berbeda mutunya. Lamina pada serat terluar khususnya yang akan menerima beban tarik, memerlukan bahan dengan mutu yang tinggi, sedangkan pada lapisan dalam dapat digunakan lamina yang bermutu rendah. Sebaiknya perbedaan dua mutu kayu untuk lamina tidak terlalu besar,



untuk menghindari kegagalan yang terlalu awal akibat terlampauinya tegangan yang ditahan oleh lamina bermutu lebih rendah (Siddiq, 1989).

B. Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi

1. Sifat Fisis Kayu Laminasi

Menurut Wirjomartono (1958) pada dasarnya sifat fisis balok laminasi ditentukan oleh sifat fisis kayu pembentuknya.

Salah satu faktor yang menentukan mutu balok laminasi konvensional adalah kadar air yang terkandung pada kayu lamina pada saat akan direkatkan. Sebaiknya kadar air rata-rata yang terkandung pada lamina tersebut mendekati atau sama dengan kadar air yang mungkin terjadi pada saat (selama) pemakaian balok laminasi. Perubahan kadar air yang besar setelah proses perekatan dapat mengakibatkan terjadinya susut atau mengembang pada lamina, diikuti oleh retak-retak atau pecah sepanjang garis perekatan (Siddiq, 1989).

Pada pengujian keteguhan geser sejajar serat balok laminasi konvensional dengan perekat Phenol-Resor-sinol Formaldehide yang dilakukan oleh Suparman Karnasudirja (1989) memberikan hasil bahwa pengaruh kadar air lamina pada waktu proses perekatan ternyata dapat meningkatkan kekuatan geser sejajar serat sampai kadar air lamina 10%.



Menurut Ghazali (1988) kerapatan kayu laminasi meningkat dengan meningkatnya ketebalan pelaminasi. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya ketebalan pelaminasi mengakibatkan bertambahnya berat total kayu laminasi, sedangkan volume kayu relatif tetap. Sehingga kerapatan kayu akan bertambah akibat penambahan ketebalan tersebut.

2. Sifat Mekanis Balok Laminasi

Menurut Wirjomartono (1958) bahwa, rumus perhitungan yang lazim digunakan untuk konstruksi kayu biasa, berlaku untuk kayu berlapis majemuk. Karena sambungan dengan perekat baik ke arah memanjang maupun melintang jika dikerjakan dengan teliti akan mempunyai kekuatan yang sama dengan gaya penahan kayu terhadap tegangan geser.

Sifat mekanis balok laminasi yang diuji dalam penelitian ini adalah keteguhan lentur statis dan keteguhan geser sejajar serat.

Hartanto (1989) dari penelitiannya terhadap balok laminasi mekanis dengan jumlah lapisan tiga lapis mendapatkan hasil balok laminasi mekanis dengan ketebalan lapisan tengah yang lebih tebal dari lapisan luarnya, memiliki keteguhan lentur paling baik. Jika dibandingkan dengan balok utuh, ketiga tipe balok tersebut nilainya berturut-turut adalah 56,67%, 47,66% dan 44,07%.



Siddiq (1989) mengatakan bahwa kekuatan balok laminasi konvensional dipengaruhi oleh beberapa faktor yang pada umumnya merupakan bagian proses pembuatannya, antara lain :

1. Jenis dan mutu kayu yang dipakai untuk pelapis (lamina). Makin tinggi mutu kayu yang dipakai makin tinggi kekuatan balok laminasi yang dihasilkan
2. Mata kayu
Mata kayu mengganggu arah serat di sekitar lokasi mata kayu, dapat memperlemah sifat keteguhan lentur, keteguhan tarik dan tekan sejajar serat
3. Kemiringan arah serat kayu mengurangi sifat keteguhan lentur, tarik dan tekan sejajar serat dan akhirnya dapat menurunkan kekuatan balok laminasi. Tetapi hal ini mudah dihindari dengan cara pengaturan dan pemilahan kayu untuk lamina.
4. Retak (sejajar serat) atau pecah
Adanya cacat retak pada kayu, dapat menurunkan keteguhan geser seperti halnya terjadi pada balok solid.

C. Konstruksi dengan Perekat

Proses perekatan adalah proses pelekatan satu bahan dengan bahan lainnya dengan menggunakan perekat. Sedangkan perekat adalah suatu zat yang mampu menggabungkan bahan melalui ikatan permukaannya (Ruhendi, 1989).



Di dalam PKKI NI-5 (1961) dicantumkan tentang konstruksi kayu berlapis majemuk yang digunakan di Indonesia sebagai berikut :

- a. Yang disebut konstruksi kayu berlapis majemuk ialah konstruksi kayu yang menggunakan papan tipis diletakkan satu sama lain, sehingga merupakan balok yang berukuran besar
- b. Tebal papan tipis itu hendaknya 25-50 mm
- c. Kayu berlapis majemuk hanya boleh dibuat oleh pemborong atau laboratorium yang mempunyai ahli dalam bidang konstruksi tersebut
- d. Dalam Tabel 1 diberikan daftar tentang beberapa macam perekat
- e. Kayu yang akan direkat mempunyai kadar air 15% perbedaan antara masing-masing lapisan harus lebih kecil dari 3%.

Dari Tabel 1 di bawah dapat dijelaskan bahwa pemilihan jenis perekat, biasanya ditentukan oleh ketahanan dan keawetan balok laminasi yang ingin dihasilkan dan disesuaikan kondisi lingkungan dimana balok laminasi itu digunakan.



Tabel 1. Beberapa Macam Perekat Untuk Konstruksi Kayu Berlapis Majemuk

Macam Perekat	Bentuk dalam perdagangan	Cocok untuk bangunan
Kasein	Tepung	Terlindung seperti kuda-kuda dan sebagainya
Urea FD resin	Cairan atau tepung dengan zat pengeras	Terlindung dimana warna perlu diutamakan
Resorsi-nol resin	Cairan dengan zat pengeras	Tidak terlindung seperti bangunan kapal, jembatan
Phenolic resin	Cairan dengan zat pengeras	Tidak terlindung seperti jembatan, stadion, bangunan kapal

(Sumber PKKI NI-5 1961)

Yap (1964) menjelaskan bahwa berdasarkan cara mengeraskannya, maka perekat dibagi menjadi dua golongan yaitu :

a. Termoplastik

Perekat yang mempunyai sifat menjadi lembek jika kena panas dan menjadi keras apabila temperatur rendah.

contoh: polivinil asetat dan polivinil butirat

b. Termoseting

Pengerasan perekat dari golongan ini disebabkan pengaruh panas atau karena reaksi kimia dengan katalisator yang disebut hardener (pengeras) atau karena kedua-duanya.



contoh: fenol formaldehida, urea formaldehida, resorsinol formaldehida dan melamin formaldehida.

Menurut Yap (1964) penggunaan perekat dalam konstruksi kayu dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Sebagai alat penyambung batang-batang kayu
- b. Untuk konstruksi kayu berlapis majemuk.

Faktor yang mempengaruhi keberhasilan perekatan atau dapat meningkatkan nilai keteguhan geser sejajar serat adalah sebagai berikut (Anonim, 1949) :

- a. Kadar air kayu sewaktu proses perekatan berlangsung
- b. Pencampuran yang homogen dari perekat
- c. Kondisi pemakaian perekat
- d. Kondisi pemasangan atau pelaburan perekat sebelum dikempa seperti suhu ruangan, lamanya dan sebagainya
- e. Kondisi pada waktu pematangan perekat seperti lamanya pengempaan, suhu selama pengempaan.

D. Pengukusan (Steaming)

Pengukusan merupakan perlakuan pendahuluan sebelum kayu dikeringkan dengan tujuan mengurangi serangan jamur dan serangga. Pengukusan pada kelembaban relatif 95% biasa dikerjakan untuk memulai mengeringkan kayu (Kollman, 1975).



Menurut Mardikanto (1979) plastisitas kayu akan bertambah bila kayu dibasahkan atau dipanaskan dengan uap. Suatu perlakuan dengan pemanasan tertentu akan dapat memberikan kenaikan keteguhan tekan sebesar 10% untuk beberapa jenis kayu, akan tetapi keteguhan pukulnya berkurang sebesar 50%.

Barnes (1983) melakukan pengukusan terhadap kayu solid *Pinus taeda* dan hasilnya berpengaruh terhadap nilai modulus elastisitas dan modulus patahnya. Semakin meningkatnya temperatur pengukusan nilai MOR menurun (waktu pengukusan 6 jam dengan suhu 93^o, 127^o, dan 160^o Celsius) sedangkan nilai MOE cenderung meningkat karena pengukusan.

Kubunsky dan Ifju (1972) mendapatkan pengaruh pengukusan terhadap sifat-sifat kimia dan struktur kayu *Quercus sp* sebagai berikut :

- a. Pengukusan dengan periode lebih dari 48 jam menurunkan ukuran lumen
- b. PH kayu dan pH larutan kayu menurun dari 3,6 menjadi 3,1 setelah pengukusan selama 96 jam
- c. Warna kayu menjadi lebih gelap dengan semakin lamanya waktu pengukusan
- d. Kadar zat ekstraktif menurun dengan semakin meningkatnya waktu pengukusan.



Priatna (1988) membuat penelitian terhadap papan partikel dengan perlakuan pengukusan selama 3 dan 6 jam terhadap partikel kayu sebelum dibentuk papan partikel. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa pengukusan dapat meningkatkan kualitas papan partikel.

E. Keterangan Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*)

Potensi kayu karet di Indonesia cukup besar, luas perkebunan karet yang terdiri dari perkebunan karet rakyat dan perkebunan besar 2,65 juta Ha. Pemanfaatan kayu karet terutama dari pohon yang sudah tidak produktif lagi atau produksi getahnya rendah (Barly, 1988).

Kayu karet mudah sekali terserang oleh organisme perusak kayu. Pada waktu kayu masih basah mudah sekali terserang jamur pewarna kayu (blue stain) dan oleh serangga penggerek kayu basah (pinhole beetle). Kerusakan dapat terus berlangsung selama proses pengeringan yang disebabkan oleh serangga penggerek kayu kering (powder post beetle). Bahkan kayu karet yang tidak terlindung akan mudah terserang jamur perusak kayu dan serangga lebih-lebih jika kayu tersebut selalu berhubungan dengan tanah (Martawijaya, 1972).

Kayu karet (*Hevea brasiliensis*) termasuk famili Euphorbiaceae. Berdasarkan klasifikasi Oey Djoen Seng (1964) kayu karet termasuk kayu yang mempunyai kelas



kuat II-III dan mempunyai kelas awet V, berat jenisnya adalah 0,61.

Menurut Berger (1926) dan Burgest (1966) dalam Martawijaya (1972) kayu karet mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Kayu teras yang masih segar berwarna keputihan dan lama kelamaan berubah menjadi coklat muda, sedangkan kayu gubal berwarna putih. Batas kayu gubal dan teras tidak jelas
- b. Serat lurus, tekstur agak kasar dan rata
- c. Lingkaran tumbuh jelas, karena kayu awal lebih terang warnanya dari kayu akhir
- d. Pori-pori kayu terlihat jelas dengan mata biasa dalam bentuk soliter atau berkelompok dalam deret radial 2-4 atau tersebar merata
- e. Jari-jari halus dan kadang-kadang lebar.





III. METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

@Hak cipta milik IPB University

1. Bahan

- a. Kayu yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah kayu karet (*Hevea brasiliensis*), kayu tersebut diperoleh dari perkebunan sekitar Kampus Darmaga, umur tanaman karet 31 tahun.
- b. Perekat urea formaldehida jenis UA-104 yang diperoleh dari PT Pamolite Adhesive Industry. Spesifikasi dari perekat jenis UA-104 adalah berwarna putih encer, pH 6,8-7,6, viskositas 10-20 P dan resin content 66-70%. Perekat ini mengeras pada suhu kamar, dengan kempa dingin sebesar 10-15 kg/cm² waktu kempa minimum 3,5 jam. Berat labur yang digunakan dalam penelitian ini 0,2 kg/m².

Formulasi perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Perekat UF Cair UA-104	100 gram
Tepung Terigu	10 gram
Air	-
Hardener (HU-12)	0,5 gram

2. Alat

- a. Kampak dan gergaji untuk menebang pohon

- b. Gergaji bundar untuk membelah dan memotong kayu
- c. Mesin penyerut kayu
- d. Mesin pengamplas kayu
- e. Alat kempa dan klem
- f. Timbangan, oven, kaliper dan kipas angin
- g. Kompor minyak tanah
- h. Mesin penguji kekuatan kayu merek Baldwin
- i. Deflektometer untuk mengukur defleksi
- j. Moisture meter
- k. Thermometer
- l. Drum
- m. Penggaris dan alat tulis

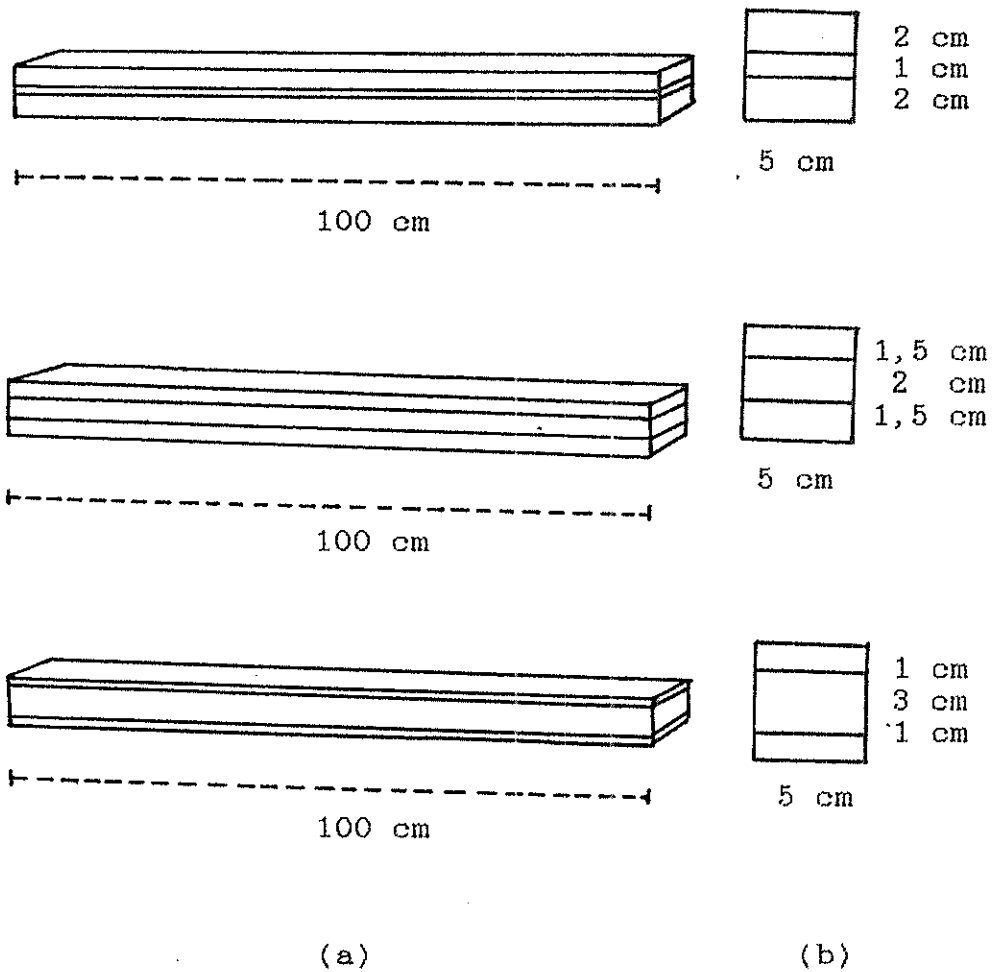
B. Pembuatan balok laminasi..

Balok laminasi yang akan dibuat terdiri dari tiga lapisan, ukuran dari balok laminasi dan ketebalan setiap lapisan, dapat dilihat pada Gambar 1. Batang kayu karet yang telah dipotong sepanjang satu meter kemudian digergaji menjadi balok-balok kecil serta dilingkarkan dengan kilang pengering selama kurang lebih 14 hari. Setelah mencapai kadar air kering udara, balok-balok kecil tersebut digergaji menjadi papan tipis. Agar diperoleh ukuran yang diinginkan papan tersebut diampelas.





Papan-papan tersebut kemudian diberi perlakuan pengukusan. Waktu pengukusan masing-masing adalah 0 jam (kontrol), 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Suhu pengukusan antara 60°C sampai 75°C . Untuk mendapatkan data kadar air dilakukan pengukuran pada setiap contoh uji.



Keterangan : (a) Ukuran balok yang dibuat
(b) Bentuk penampang lintang balok laminasi

Gambar 1. Ukuran Balok Laminasi dan Ketebalan Setiap Lamina

Perekat yang digunakan adalah urea formaldehida, pencampuran perekat dilakukan sesuai dengan ketentuan pabrik pembuat. Pencampuran dilakukan sebaik mungkin, pelaburan perekat dilakukan dengan berat labur $0,2 \text{ kg/m}^2$ pada salah satu papan tipis yang akan dibentuk menjadi balok laminasi. Setelah itu dilakukan kempa dingin dengan tekanan kempa 10 kg/m^2 dan waktu kurang lebih 15 menit. Kemudian balok laminasi di klem selama 1 hari, setelah itu didiamkan kurang lebih 7 hari sebelum dilakukan pengujian.

C. Prosedur Pengujian

1. Pengujian Sifat Fisis

Bentuk contoh uji dalam pengujian sifat fisis mengikuti standar dari ASTM D 143-52 dengan ukuran $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm}$. Sifat fisis yang diuji adalah kadar air, kerapatan dan penyusutan. Bentuk dan ukuran contoh uji seperti Gambar 2.

a. Kadar Air

Contoh uji diangin-anginkan sehingga didapatkan berat kering udara (Bku). Kemudian dioven dengan suhu 105°C sampai beratnya konstan dan ditimbang untuk mendapatkan berat kering tanur (Bkt). Kadar air balok laminasi dihitung dengan menggunakan rumus :



$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Bku} - \text{Bkt}}{\text{Bkt}} \times 100\%$$

b. Kerapatan

Untuk mendapatkan Volume kering udara (Vku) dan Berat kering udara (Bku) contoh uji diangin-anginkan agar beratnya tetap, kemudian dilakukan pengukuran. Rumus yang digunakan untuk menghitung kerapatan adalah :

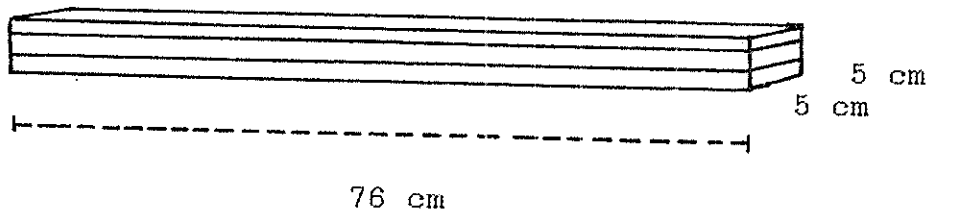
$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Bku (gram)}}{\text{Vku (cm}^3\text{)}}$$

c. Penyusutan

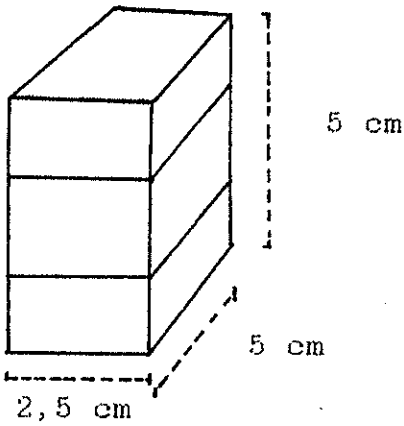
Contoh uji direndam selama 3 hari untuk mendapatkan volume basah contoh uji (Vb), kemudian diangin-anginkan dan didapat Volume kering udara (Vku). Selanjutnya dengan menggunakan rumus di bawah ini dihitung penyusutan dari balok laminasi tersebut.

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{Vb} - \text{Vku}}{\text{Vb}} \times 100\%$$

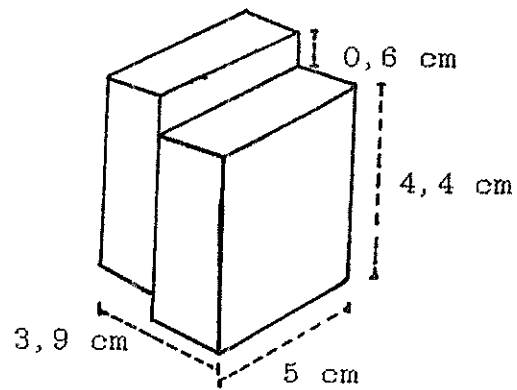




(a)



(b)



(c)

- Keterangan :
- (a) Contoh uji keteguhan lentur statis
 - (b) Contoh uji kadar air, kerapatan dan penyusutan
 - (c) Contoh uji keteguhan geser sejajar serat

Gambar 2. Ukuran dan Bentuk Contoh Uji Sifat Fisis dan Mekanis Balok Laminasi Konvensional

2. Pengujian sifat mekanis

Pada pengujian sifat mekanis balok laminasi contoh uji mengikuti standar ASTM D 143-52 dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 76 cm untuk keteguhan lentur statis. Sedangkan untuk keteguhan geser dipakai ASTM D 905-49 dengan ukuran contoh uji 5 cm x 5 cm x 3,9 cm. Bentuk dan ukuran contoh uji dapat dilihat pada Gambar 2.

a. Pengujian keteguhan lentur statis

Pengujian ini menggunakan mesin penguji kekuatan kayu merek Baldwin dengan pembebanan di tengah-tengah bentang, contoh uji yang diletakkan dalam kedudukan horizontal (Gambar 3). Nilai yang dibaca pada alat deflektometer adalah defleksi yang terjadi akibat pembebanan. Pembebanan dimulai dengan berat beban 0 kg, kemudian ditambah dengan selisih 20 kg. Pembacaan defleksi dihentikan sampai beban 200 kg. Untuk mendapatkan nilai MOE digunakan rumus :

$$MOE = \frac{P l^3}{4 y b h^3}$$



dimana :

MOE = modulus elastisitas (kg/cm^2)

l = panjang bentang (cm)

y = defleksi akibat beban P (cm)

P = beban sampai batas proporsi (kg)

h = tinggi kayu (cm)

b = lebar kayu (cm)

Pengujian dilanjutkan sampai contoh uji menjadi rusak akibat beban maksimum yang ada. Pembacaan besarnya beban maksimum dilakukan pada saat contoh uji mendapat beban maksimum. Untuk mendapatkan nilai MOR digunakan rumus :

$$\text{MOR} = \frac{1,5 P l}{b h^2}$$

dimana :

MOR = Modulus of Rupture (kg/cm^2)

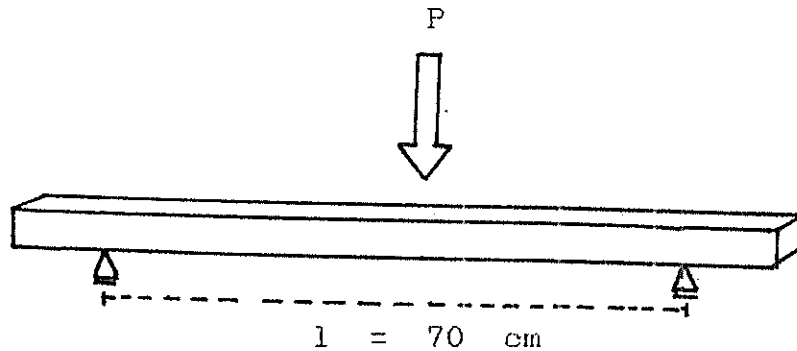
l = panjang bentang (cm)

P = berat beban (kg)

h = tinggi kayu (cm)

b = lebar kayu (cm)





Gambar 3. Pembebanan Pada Pengujian Lentur Statis

b. Pengujian keteguhan geser

Nilai keteguhan geser sejajar serat didapat dengan pengujian contoh kecil bebas cacat. Pengujian ini menggunakan mesin penguji kekuatan kayu merek Baldwin. Pembebanan pada arah sejajar serat, dengan contoh uji diletakkan vertikal. Pembacaan dilakukan pada saat contoh uji mengalami kerusakan. Untuk mendapatkan besarnya keteguhan geser sejajar serat digunakan rumus :

$$T_{gs} // = \frac{P}{A}$$



dimana :

$T_{gs} // =$ Keteguhan geser maksimum (kg/cm^2)

$P =$ Beban maksimum terjadinya kerusakan
atau geseran (kg)

$A =$ Luas bidang geser (cm^2)

D. Rancangan Percobaan

Dalam penelitian ini digunakan rancangan acak lengkap dengan percobaan faktorial. Dua faktor dalam penelitian ini yaitu faktor A adalah ketebalan lapisan tengah balok laminasi konvensional yang terdiri dari 1 cm, 2 cm, dan 3 cm. Faktor B yaitu lamanya pengukusan yang terdiri dari 0 jam, 2 jam, 4 jam dan 6 jam.

Model umum dari rancangan percobaan yang digunakan sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

dimana :

$$\begin{aligned} i &= 1, 2, 3 & j &= 1, 2, 3, 4 \\ k &= 1, 2, 3, 4 \end{aligned}$$

$Y_{ijk} =$ Variabel respon karena pengaruh bersama taraf ke i faktor A (ketebalan lapisan tengah) dan taraf ke j faktor B (lamanya pengukusan) yang terdapat pada ulangan ke k .

$U =$ Nilai rata - rata umum.

$A_i =$ Pengaruh taraf ke i faktor A (ketebalan lapisan tengah).

$B_j =$ Pengaruh taraf ke j faktor B (lamanya pengukusan).

$AB_{ij} =$ Pengaruh interaksi antara faktor A dan faktor B.

$E_{ijk} =$ Kesalahan percobaan.





Tabel 2. Bagan Rancangan Percobaan Faktorial 3 x 4

Ketebalan Lapisan Tengah (A)		lamanya pengukusan (B)				
		0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	Yi..
1 cm	1	Y111	Y121	Y131	Y141	
	2	Y112	Y122	Y132	Y142	
	3	Y113	Y123	Y133	Y143	
	4	Y114	Y124	Y134	Y144	
Yij.		Y11.	Y12.	Y13.	Y14.	Y1..
2 cm	1	Y211	Y221	Y231	Y241	
	2	Y212	Y222	Y232	Y242	
	3	Y213	Y223	Y233	Y243	
	4	Y214	Y224	Y234	Y244	
Yij.		Y21.	Y22.	Y23.	Y24.	Y2..
3 cm	1	Y311	Y321	Y331	Y341	
	2	Y312	Y322	Y332	Y342	
	3	Y313	Y323	Y333	Y343	
	4	Y314	Y324	Y334	Y344	
Yij.		Y31.	Y32.	Y33.	Y34.	Y3..
Jumlah	Y. j.	Y. 1.	Y. 2.	Y. 3.	Y. 4.	Y. ...

Tabel 3. Daftar Analisis Keragaman Percobaan Faktorial 3 x 4

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung
Perlakuan	ab-1	JKP	KTP	KTP /KTs
A	a-1	JKA	KTA	KTA/KTs
B	b-1	JKB	KTB	KTB/KTs
AB	(a-1)(b-1)	JKAB	KTAB	KTAB/KTs
Sisa	ab(n-1)	JKs	KTs	
Total	abn-1	JK total		

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.

Nilai F hitung dibandingkan dengan nilai F tabel dengan derajat bebas $(ab-1)$ dan $ab(n-1)$ pada selang kepercayaan tertentu. Jika F hitung lebih besar dari F tabel maka pengaruh perlakuan berbeda nyata, sebaliknya jika F hitung lebih kecil dari F tabel pengaruh perlakuan tidak berbeda nyata.

Pengujian dilanjutkan dengan uji beda nyata Tukey apabila perlakuan memberikan pengaruh. Rumus yang digunakan adalah :

$$W = q(p, n) S_x$$

dimana :

- q = nilai pada tabel Tukey
- p = jumlah perlakuan
- n = derajat bebas kesalahan percobaan
- S_x = simpangan baku rata-rata perlakuan





IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air Lamina Pembentuk Balok Laminasi

Hasil pengujian kadar air lamina pembentuk balok laminasi dengan perlakuan ketebalan lapisan tengah (A) dan lamanya pengukusan (B) disajikan pada Tabel 4, data selengkapnya pada Lampiran 1. Sedangkan grafik kadar air lamina pembentuk balok laminasi untuk tiap perlakuan dan analisis keragamannya terlihat pada Gambar 4 serta Tabel 5.

Tabel 4. Kadar Air Rata-rata Lamina Pembentuk Balok Laminasi dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)

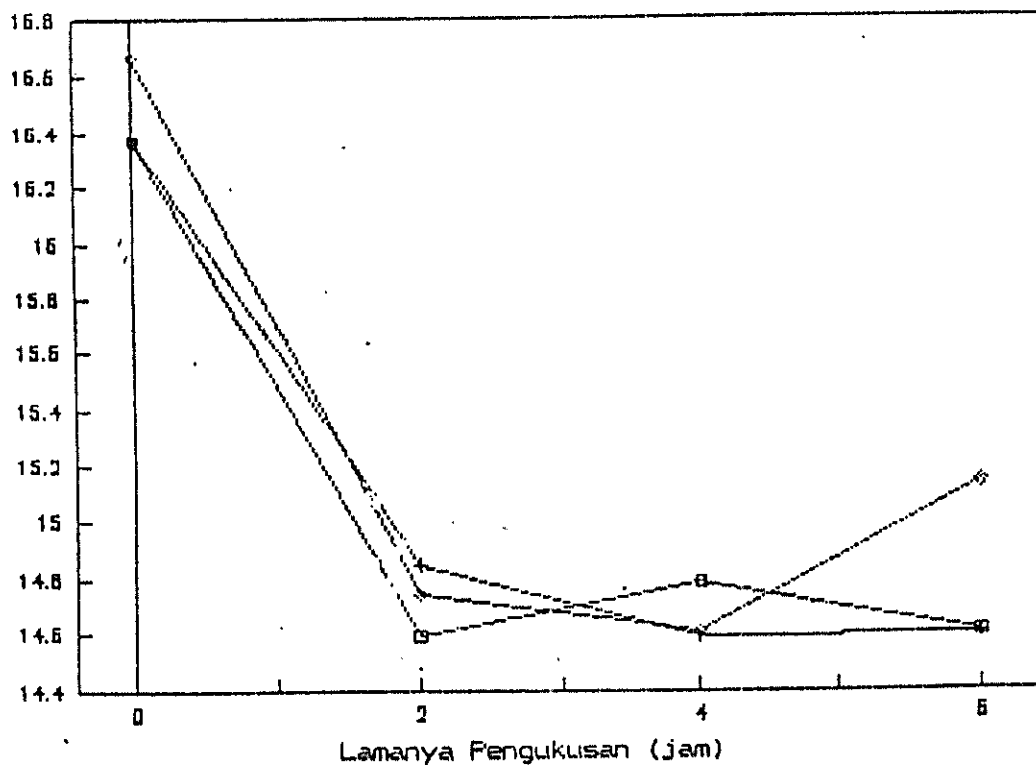
Perlakuan	Kadar air rata-rata (%)
A1B1	16,37
A1B2	14,59
A1B3	14,79
A1B4	14,61
A2B1	16,38
A2B2	14,85
A2B3	14,59
A2B4	14,60
A3B1	16,67
A3B2	14,74
A3B3	14,61
A3B4	15,14

Tabel 5 di bawah menunjukkan bahwa lamanya pengukusan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air pembentuk balok laminasi konvensional. Uji beda nyata Tukey terhadap kadar air pembentuk balok laminasi (Lam-

piran 12a) menunjukkan bahwa taraf lamanya pengkusan 2 jam, 4 jam, 6 jam berbeda nyata dengan tanpa pengkusan (0 jam).

Tabel 5. Analisis Keragaman Kadar Air Lamina Pembentuk Balok Laminasi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hit}	F tabel	
					0.05	0.01
Perlakuan						
A	2	0,146	0,208	0,67	3,27	5,26
B	3	28,729	9,576	30,99 **	2,87	4,39
AB	6	0,688	0,115	0,37	2,37	3,69
Sisa	36	11,157	0,309			
Total	47	40,990				



□ L Tengah 1 cm + L Tengah 2 cm ◇ L Tengah 3 cm

Gambar 4. Grafik Kadar Air Lamina Pembentuk Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan



Pengukusan selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam pada ketebalan lamina 1 cm, 1,5 cm, 2 cm, 3 cm memberikan pengaruh penurunan kadar air lamina dibandingkan lamina sebelum dilakukan pengukusan. Nilai penurunannya terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Penurunan Kadar Air Lamina (%) Rata-rata dengan Ketebalan 1 cm, 1,5 cm, 2 cm, 3 cm pada Perlakuan Pengukusan 2 jam, 4 jam, 6 jam

Lamanya Pengukusan	Ketebalan Lapisan			
	1 cm	1,5 cm	2 cm	3 cm
2 jam	2,74	1,43	1,27	1,08
4 jam	2,88	1,58	1,48	1,33
6 jam	3,67	3,13	2,14	1,73

Hal ini disebabkan pengukusan mengeluarkan panas, jika panas tersebut mengenai permukaan kayu dapat mengeluarkan air dari dalam kayu. Semakin lamanya waktu pengukusan penurunan kadar air semakin besar. Lamina dengan ketebalan 3 cm mengalami penurunan kadar air lebih rendah dibandingkan dengan ketebalan 2 cm dan 1 cm. Maka semakin tebal lamina jarak antara molekul air dengan permukaan kayu akan semakin jauh, sehingga molekul air lebih sulit keluar dari lamina yang tebal dibandingkan lamina tipis.

B. Sifat Fisis Balok Laminasi

1. Kadar 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 mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Hasil pengujian kadar air balok laminasi dengan perlakuan ketebalan lapisan tengah (A) dan lamanya pengukusan (B) disajikan pada Tabel 7, data selengkapnya pada Lampiran 2. Hasil analisis keragamannya dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Kadar Air Rata-rata Balok Laminasi dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)

Perlakuan	Kadar Air Rata-rata (%)
A1B1	14,31
A1B2	14,74
A1B3	14,42
A1B4	14,34
A2B1	14,27
A2B2	14,38
A2B3	14,28
A2B4	14,09
A3B1	14,61
A3B2	14,42
A3B3	14,56
A3B4	14,69

Tabel 8. Analisis Keragaman Kadar Air Balok Laminasi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hit}	F Tabel	
					0.05	0.01
Perlakuan						
A	2	0,792	0,369	0,55	3,27	5,26
B	3	0,134	0,045	0,06	2,87	4,39
AB	6	0,664	0,111	0,15	2,37	3,69
Sisa	36	25,851	0,718			
Total	47	27,411				



Tabel di atas memperlihatkan bahwa perlakuan ketebalan lapisan tengah dan lamanya pengukusan serta interaksi kedua faktor tidak memberikan pengaruh terhadap kadar air balok laminasi.

Pengkondisian balok laminasi sebelum dilakukan pengujian kurang lebih 2 bulan, sehingga kadar air balok laminasi telah menyesuaikan dengan kondisi lingkungan di sekitarnya.

2. Kerapatan

Hasil pengujian kerapatan balok laminasi dengan perlakuan ketebalan lapisan tengah (A) dan lamanya pengukusan (B) disajikan Tabel 9, data selengkapnya pada Lampiran 2. Sedangkan Analisis keragaman kerapatan balok laminasi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 9. Kerapatan Rata-rata Balok Laminasi dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)

Perlakuan	Kerapatan Rata-rata (g/cm^3)
A1B1	0,70
A1B2	0,70
A1B3	0,72
A1B4	0,72
A2B1	0,70
A2B2	0,72
A2B3	0,72
A2B4	0,72
A3B1	0,72
A3B2	0,73
A3B3	0,73
A3B4	0,73



Tabel 10. Analisis Keragaman Kerapatan Balok Laminasi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	F tabel	
					0.05	0.01
Perlakuan						
A	2	0,0017	0,00085	2,89	3,27	5,26
B	3	0,0022	0,00073	2,48	2,87	4,39
AB	6	0,0004	0,000006	0,23	2,37	3,69
Sisa	36	0,0149	0,000294			
<hr/>						
Total	47	0,0149				

Tabel 10 di atas memperlihatkan bahwa perlakuan ketebalan lapisan tengah dan lamanya pengukusan serta interaksi kedua faktor tidak memberikan pengaruh nyata pada kerapatan balok laminasi.

Kochler dan Pillow (1955) dalam Kollmann *et.al.* (1975) menjelaskan bahwa perlakuan pemanasan dengan suhu 104° C dan 138° C terhadap nilai berat jenis relatif tidak mengalami perubahan nilai berat jenis jika pemasan kurang dari 36 jam. Diduga waktu pengukusan lamina 2 jam, 4 jam dan 6 jam belum terjadi perubahan rongga sel lamina, sehingga kerapatan balok laminasi tidak dipengaruhi oleh lamanya pengukusan.

3. Penyusutan

Hasil pengujian penyusutan balok laminasi dengan perlakuan ketebalan lapisan tengah (B) lamanya pengukusan (B) disajikan Tabel 11, data selengkapnya pada Lampiran 2. Grafik penyusutan untuk seti-

ap perlakuan dan analisis keragamannya dapat dilihat pada Gambar 5 serta Tabel 12.

Tabel 11. Penyusutan Rata-rata Balok Laminasi dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)

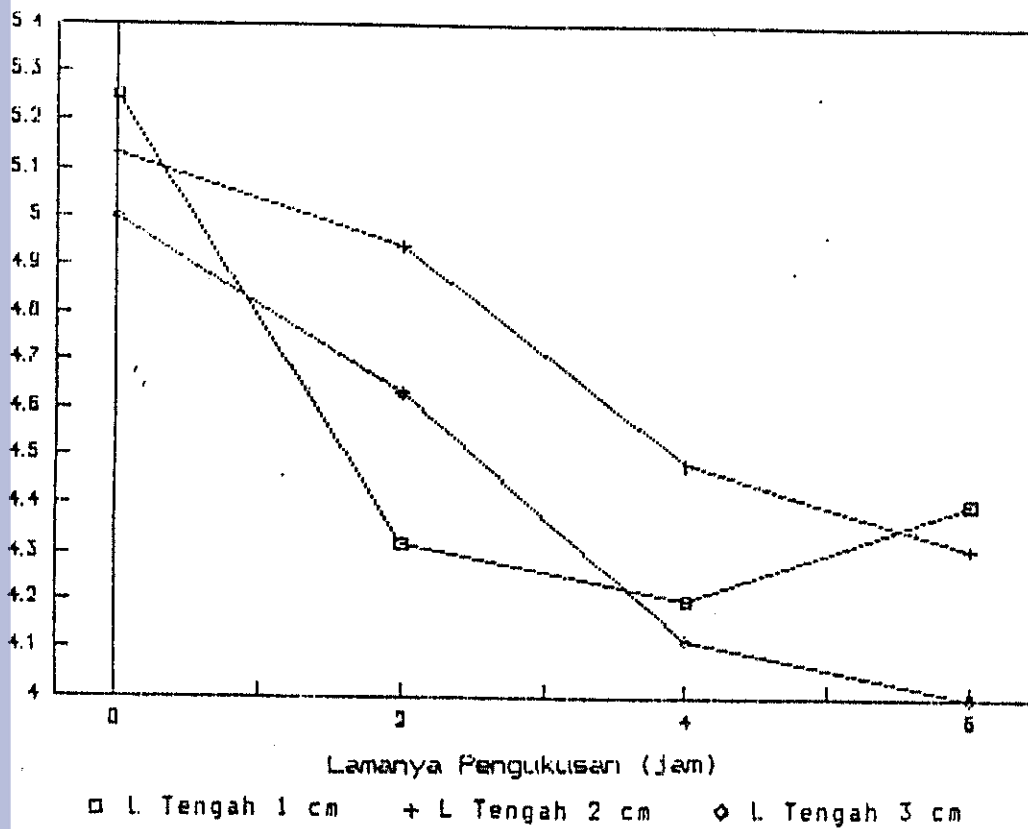
Perlakuan	Penyusutan Rata-rata (%)
A1B1	5,25
A1B2	4,32
A1B3	4,21
A1B4	4,40
A2B1	5,13
A2B2	4,94
A2B3	4,48
A2B4	4,31
A3B1	5,00
A3B2	4,63
A3B3	4,12
A3B4	4,00

Tabel 12. Analisis Keragaman Penyusutan Balok Laminasi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hit}	F tabel 0.05	F tabel 0.01
Perlakuan						
A	2	0,367	0,184	0,82	3,27	5,26
B	3	5,917	1,972	8,80**	2,87	4,39
AB	6	1,119	0,187	0,84	2,37	3,69
Sisa	36	8,040	0,224			
Total	47	15,452				

Tabel 12 di atas memperlihatkan bahwa perlakuan lamanya pengukusan berpengaruh sangat nyata, sedangkan perlakuan ketebalan lapisan tengah dan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh terhadap penyusutan balok laminasi.

Uji beda nyata Tukey (Lampiran 12b) menunjukkan bahwa perlakuan lamanya pengukusan 6 jam berbeda nyata dengan pengukusan 0 jam.



Gambar 5. Grafik Penyusutan Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan

Perlakuan lamanya penyusutan menyebabkan terjadinya penurunan nilai rata-rata penyusutan, prosentase penurunan penyusutan balok laminasi terdapat pada Tabel 13.

Tabel 13. Prosentase Penurunan Penyusutan Balok Laminasi

Lamanya Pengukusan	Penyusutan (%)	Penurunan (%)
0 jam	5,12	
2 jam	4,63	-9,68
4 jam	4,27	-16,69
6 jam	4,23	-17,21

Lamina yang diberi perlakuan pengukusan akan menyebabkan perbedaan dalam penyusutan dibandingkan lamina tanpa pengukusan. Lamina tanpa perlakuan pengukusan penyusutan tangensialnya lebih kecil dari lamina yang mengalami pengukusan, hal ini sesuai dengan pendapat Kollmann *et.al.* (1975).

Kayu yang telah mengalami pengukusan diduga kadar ekstraktifnya akan berkurang dibandingkan kayu yang tidak mengalami pengukusan. Penurunan kadar ekstraktif ini diduga dapat meningkatkan kemampuan perekat menembus dinding sel kayu, menyebabkan penetrasi perekat pada kayu meningkat. Sehingga penyusutan semakin rendah dengan lamanya pengukusan.

Persentase peningkatan penyusutan lamina akibat dari pengukusan diduga lebih kecil dari penurunan penyusutan setelah dibentuk balok laminasi, karena semakin lamanya pengukusan yang menyebabkan kadar ekstraktif yang menghalangi proses perekatan berkurang sehingga perekat lebih banyak masuk ke



dalam kayu. Sehingga penyusutan balok laminasi menjadi berkurang dengan meningkatnya waktu pengukusan.

C. Sifat Mekanis Balok Laminasi

1. Kekakuan (MOE)

Hasil pengujian sifat kekakuan (MOE) balok laminasi dengan perlakuan ketebalan lapisan tengah (A) dan lamanya pengukusan (B) disajikan Tabel 14, data selengkapnya pada lampiran 3. Sedangkan grafik MOE balok laminasi untuk setiap perlakuan dan analisis keragamannya terlihat pada Gambar 6 serta Tabel 15.

Tabel 14. MOE Rata-rata Balok Laminasi dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)

Perlakuan	MOE Rata-rata (Kg/cm ²)
A1B1	83033,08
A1B2	90611,98
A1B3	92352,20
A1B4	96228,58
A2B1	87935,70
A2B2	94415,53
A2B3	95222,10
A2B4	102839,38
A3B1	101678,90
A3B2	99295,20
A3B3	99542,33
A3B4	106948,70



Tabel 15. Analisis Keragaman MOE Balok Laminasi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hit}	F Tabel	
					0.05	0.01
Perlakuan						
A	2	1036393840	518196920	5,06*	3,27	5,26
B	3	764954530	228715683	1,71	2,87	4,39
AB	6	201427560	33571260	0,33	2,37	3,69
Sisa	36	3686664900	102407358,3			
Total	47	5689440830				

Dari hasil analisis keragaman MOE balok laminasi pada Tabel 15, terlihat bahwa faktor A (ketebalan lapisan tengah) berpengaruh nyata sedangkan faktor B (lamanya pengukusan) serta interaksi kedua faktor tidak berpengaruh nyata terhadap MOE balok laminasi.

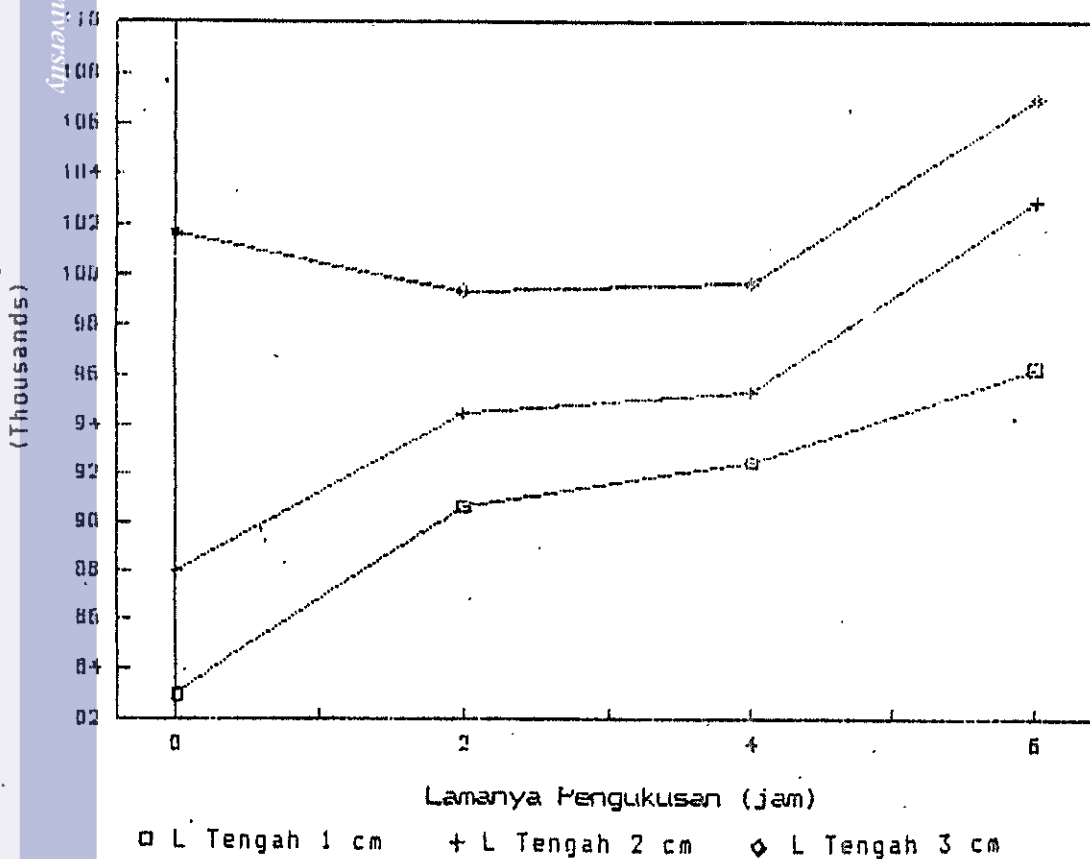
Hasil uji beda nyata Tukey (Lampiran 13 a), memperlihatkan kekakuan (MOE) balok laminasi pada taraf ketebalan lapisan tengah 3 cm berbeda nyata dengan lapisan tengah 1 cm.

Dari Gambar 6 di bawah terlihat bahwa semakin tebalnya lapisan tengah dan lamanya pengukusan nilai MOE balok laminasi meningkat.

Meningkatnya nilai MOE balok laminasi dengan semakin lamanya pengukusan diduga akibat semakin lamanya pengukusan, kadar ekstraktif kayu yang menghalangi proses perekatan semakin berkurang. Berkurangnya kadar zat ekstraktif akan mendorong



perekat lebih banyak masuk ke dalam kayu. Hal ini sesuai dengan pendapat Kubunsky dan Ifju (1972) serta hasil penelitian yang dilakukan oleh Priatna (1988), dimana semakin lamanya waktu pengukusan mengakibatkan kadar ekstraktif kayu semakin berkurang.

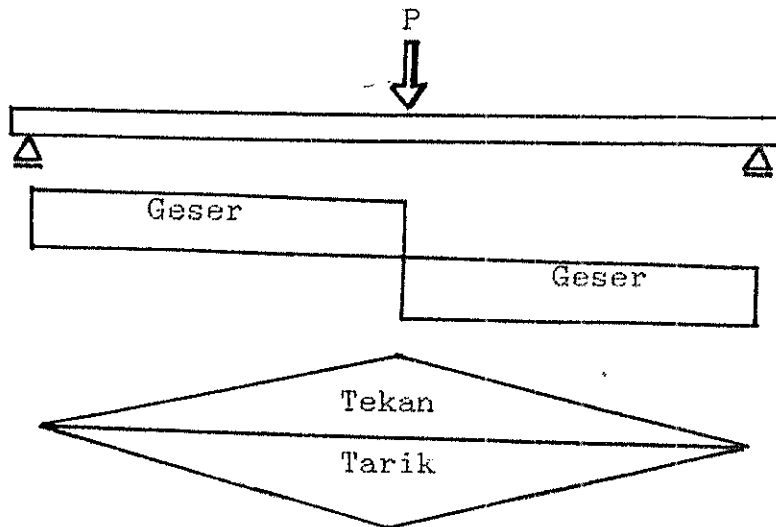


Gambar 6. Grafik MOE Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan

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

Meningkatnya nilai kekakuan (MOE) sejalan dengan kenaikan ketebalan lapisan tengahnya, diduga berhubungan erat dengan tegangan-tegangan yang terjadi di dalam balok pada waktu mendapat pembebanan. Pada balok yang mengalami pembebanan secara terpusat, diagram tegangan geser, tekan dan tariknya dapat dilihat pada Gambar 7.



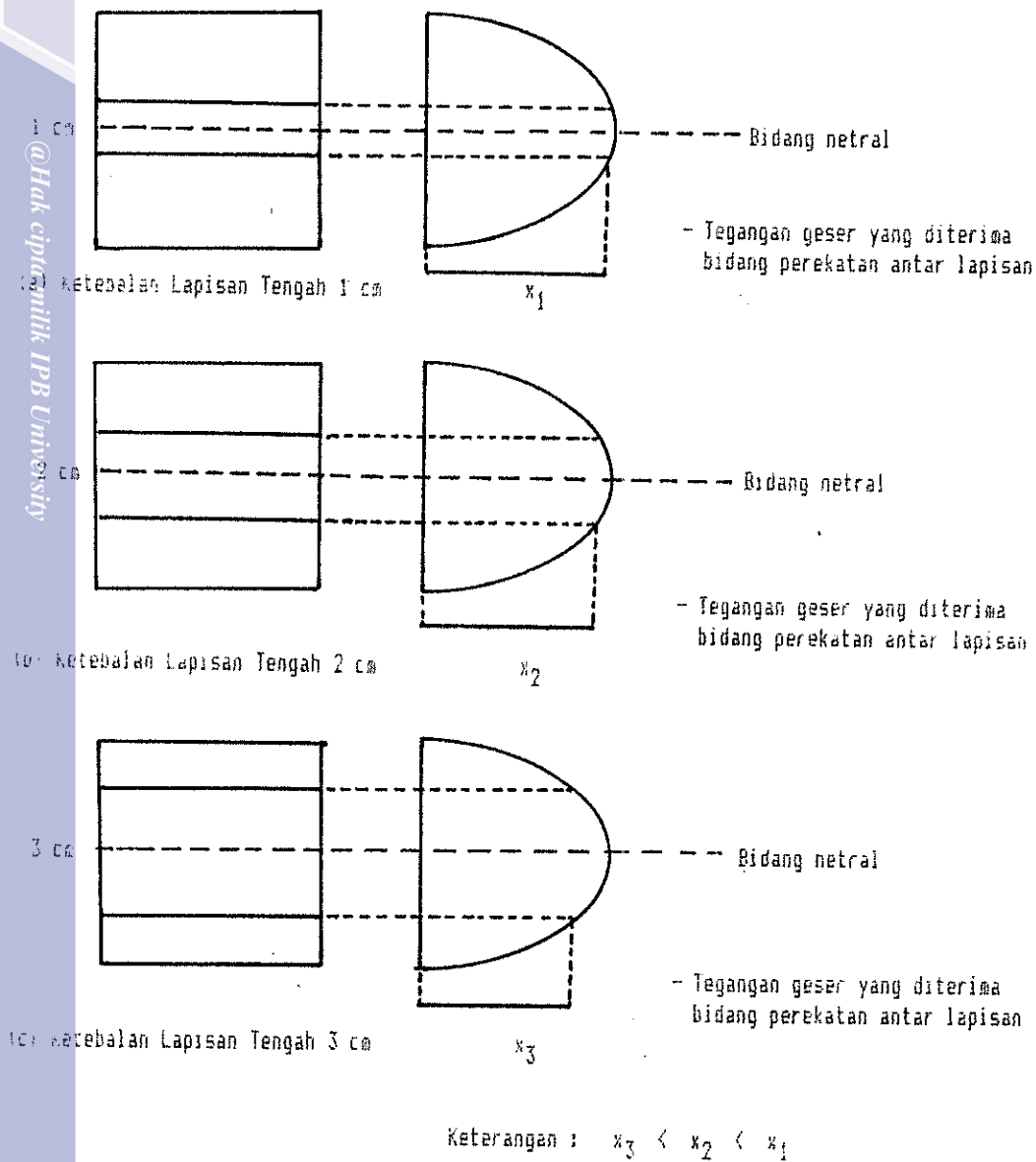
Gambar 7. Diagram Tegangan-Tegangan Geser, Tekan dan Tarik Pada Balok Yang Diberi Beban Terpusat Di Tengah-Tengah

Tegangan normal bekerja di atas dan di bawah bidang netral, nilainya maksimum bila semakin jauh dari bidang netral. Tegangan geser yang terjadi bernilai maksimum pada bidang netral dan semakin jauh jaraknya dari bidang netral nilainya semakin rendah atau berkurang.

Pada balok laminasi konvensional yang diberi beban tegak lurus sumbu memanjangnya, daerah yang paling potensial mengalami geseran adalah bidang perekatan antar lapisan. Hal tersebut disebabkan pada balok laminasi konvensional, antara satu lapisan kayu dengan lapisan yang lain menggunakan perekat untuk menyatukan lapisan kayu. Analisis tegangan geser balok Laminasi konvensional dengan ketebalan 1 cm, 2 cm, 3 cm terlihat pada Gambar 8.

Perlakuan ketebalan lapisan tengah menyebabkan jarak bidang pertemuan antar lapisan terhadap bidang netral berbeda. Apabila perekatannya sempurna maka tegangan geser balok laminasi konvensional dengan ketebalan lapisan tengah 3 cm (x_3) mendapat tegangan geser lebih kecil dibandingkan dengan ketebalan 2 cm (x_2) dan ketebalan 1 cm (x_1), hal ini sesuai dengan analisis Gambar 8, sehingga nilai kekakuan (MOE) balok laminasi dengan ketebalan lapisan tengah 3 cm lebih tinggi dibandingkan balok laminasi dengan ketebalan lapisan tengah 1 cm, 2 cm.





Gambar 8. Tegangan Geser Yang Terjadi Pada Balok Laminasi Konvensional Dengan Ketebalan Lapisan Tengah 1 cm, 2 cm, 3 cm.

2. Keteguhan Lentur (MOR)

Hasil pengujian keteguhan lentur (MOR) balok laminasi dengan perlakuan ketebalan lapisan tengah (A) dan lamanya pengukusan (B) disajikan Tabel 16,

data selengkapnya pada Lampiran 3. Analisis keragaman terlihat pada Tabel 17.

Tabel 16. MOR Rata-rata Balok Laminasi dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)

Perlakuan	M O R (kg/cm ²)
A1B1	530,20
A1B2	574,34
A1B3	595,20
A1B4	597,40
A2B1	561,26
A2B2	586,17
A2B3	617,77
A2B4	651,01
A3B1	582,44
A3B2	629,06
A3B3	645,42
A3B4	665,86

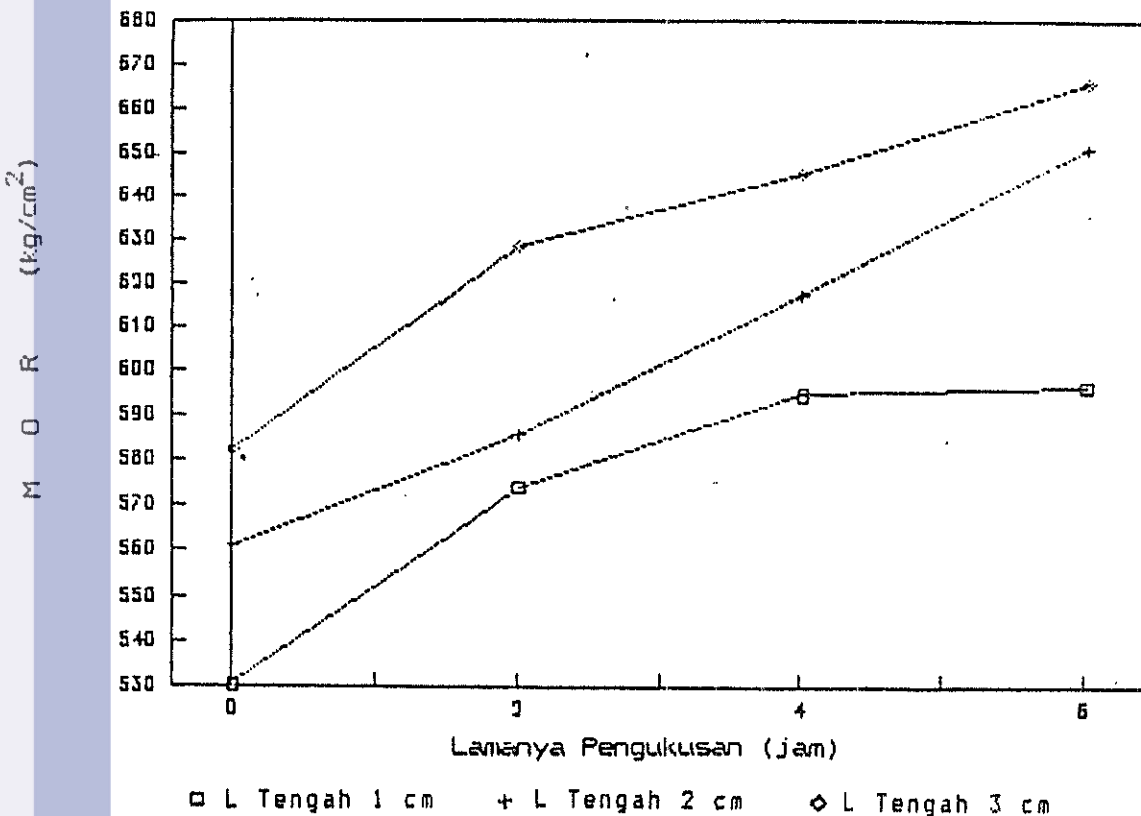
Tabel 17. Analisis Keragaman MOR Balok Laminasi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F _{hit}	F tabel 0.05	F tabel 0.01
Perlakuan						
A	2	30304,61	15152,305	4,11*	3,27	5,26
B	3	47562,97	15845,323	4,30*	2,87	4,39
AB	6	1702,46	283,743	0,08	2,37	3,69
Sisa	36	132732,12	3687,000			
Total	47	212302,16				

Dari Tabel 17 terlihat bahwa perlakuan ketebalan lapisan tengah dan lamanya pengukusan berpengaruh nyata terhadap nilai MOR balok laminasi, sedangkan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh.

Uji beda nyata Tukey pada tingkat 5% disajikan pada Lampiran 14 a, nilai MOR balok laminasi ketebalan lapisan tengah 3 cm berbeda nyata dengan balok laminasi ketebalan lapisan tengah 1 cm. Sedangkan balok laminasi yang mengalami pengukusan 6 jam, nilainya berbeda nyata dengan pengukusan 0 jam (kontrol) terdapat pada Lampiran 14b.

Nilai MOR balok laminasi dengan ketebalan lapisan tengah 1 cm, 2 cm, 3 cm pada taraf lamanya pengukusan 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam disajikan pada grafik Gambar 9.



Gambar 9. Grafik MOR Balok Laminasi Untuk Setiap Perlakuan

Dari Gambar 9, terlihat lamanya pengukusan mengakibatkan peningkatan nilai MOR. Jika dibandingkan dengan balok laminasi tanpa pengukusan (0 jam) maka prosentase peningkatan nilai MOR balok laminasi pada taraf lamanya pengukusan 2 jam, 4 jam, 6 jam, disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Prosentase Peningkatan Nilai MOR Balok Laminasi Pada Taraf Lamanya Pengukusan

Lamanya Pengukusan	MOR (Kg/cm ²)	Peningkatan(%)
0 jam	554,02	
2 jam	594,72	7,35
4 jam	619,52	11,82
6 jam	638,09	15,17

Diduga dengan semakin lamanya pengukusan kadar ekstraktif kayu berkurang. Berkurangnya kadar ekstraktif menyebabkan peningkatan kemampuan perekat untuk menembus dinding sel kayu, sehingga ikatan antara perekat dengan kayu menjadi lebih baik. Peningkatan kekuatan rekat meyebabkan kekuatan balok laminasi juga meningkat. Pengaruh lain dari pengukusan adalah menurunkan nilai MOR dengan semakin lamanya pengukusan, hal ini sesuai dengan pendapat Barnes (1983). Balok laminasi konvensional menggunakan perekat untuk mengikat satu lapisan dengan lapisan lainnya, maka hasil perekatan sangat menentukan kekuatan balok laminasi. Diduga pengaruh



berkurangnya nilai MOR dari lamina lebih kecil jika dibandingkan peningkatan keteguhan rekat akibat dari berkurangnya kadar ekstraktif yang disebabkan oleh semakin lamanya pengukusan.

Daerah yang potensial mengalami tegangan geser adalah bidang perekat antar lapisan. Analisis tegangan geser pada Gambar 8 terlihat dengan semakin tebalnya lapisan tengah, tegangan geser yang diterima bidang perekatan antar lapisan semakin kecil, maka dengan semakin tebalnya lapisan tengah maka keteguhan lenturnya semakin besar.

3. Keteguhan Geser Sejajar Serat

Hasil pengujian keteguhan geser sejajar serat balok laminasi dengan perlakuan ketebalan lapisan tengah (A) dan lamanya pengukusan (B), disajikan Tabel 19 data selengkapnya pada Lampiran 4. Analisis keragamannya terlihat pada Tabel 20.



Tabel 19. Keteguhan Geser Sejajar Serat Rata-rata Balok Laminasi dengan Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah (A) dan Lamanya Pengukusan (B)

Perlakuan	Keteguhan Geser Sejajar Serat (Kg/cm ²)
A1B1	58,25
A1B2	60,17
A1B3	67,69
A1B4	76,35
A2B1	54,47
A2B2	64,14
A2B3	69,79
A2B4	76,61
A3B1	61,32
A3B2	67,17
A3B3	71,88
A3B4	81,86

Tabel 20. Analisis Keragaman Keteguhan Geser Sejajar Serat Balok Laminasi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F hit	F tabel	
					0.05	0.01
Perlakuan						
A	2	228,506	114,253	0,61	3,27	5,26
B	3	2689,667	896,556	4,80**	2,87	4,39
AB	6	77,460	12,910	0,07	2,37	3,69
Sisa	36	6723,195	186,775			
Total	47	9718,828				

Dari analisis keragaman pada Tabel 20 di atas diperlihatkan bahwa lamanya pengukusan berpengaruh sangat nyata pada keteguhan geser balok laminasi. Sedangkan ketebalan lapisan tengah dan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh.



Uji beda nyata Tukey (Lampiran 15a) menunjukkan bahwa lamanya pengukusan 6 jam berbeda nyata dengan pengukusan 0 jam (kontrol),

Meningkatnya keteguhan geser sejajar serat diduga dengan lamanya pengukusan kadar ekstraktif semakin rendah. Penurunan kadar ekstraktif meningkatkan kemampuan perekat untuk menembus dinding sel kayu, sehingga ikatan antara perekat dan kayu menjadi lebih baik. Meningkatnya keteguhan geser sejajar serat balok laminasi mengakibatkan peningkatan kekakuan (MOE) dan keteguhan lenturnya (MOR). Karena nilai tersebut sangat dipengaruhi oleh perekatan antara lamina penyusun balok laminasi.

Bentuk kerusakan balok laminasi konvensional (Lampiran 16) terdiri dari cross grain tension sebanyak 20 (42%), splintering tension sebanyak 15 (31%) dan horizontal shear sebanyak 13 (27%). Boddig (1982) menjelaskan ketiga bentuk kerusakan tersebut, sebagai berikut :

1. Cross grain tension, bentuk kerusakan dialami kayu yang memiliki penyimpangan arah serat.
2. Splintering tension, bentuk kerusakan terjadi pada kayu ulet dan mempunyai kadar air rendah.
3. Horizontal shear, bentuk kerusakan kayu ini terjadi pada kayu yang memiliki cacat retak (sejajar dan tegak lurus serat).



Jika dianalisis bentuk kerusakannya terdiri dari kerusakan pada kayu 73%, kerusakan pada bidang perekatan 27%. Hal ini disebabkan pengaruh dari pelaburan perekat yang dilakukan secara sederhana, sehingga memungkinkan penyebaran perekat kurang merata dan ketebalan lapisan perekat kurang merata. Kondisi demikian dapat mempengaruhi kekuatan lentur balok laminasi konvensional.

@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.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perlakuan pengukusan lamina dengan lama pengukusan 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam memberikan pengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis balok laminasi konvensional.
2. Pengaruh pengukusan cenderung menurunkan penyusutan balok laminasi dengan semakin lamanya waktu pengukusan, nilai rata-rata penyusutan 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam adalah 5,12%, 4,63%, 4,27%, 4,23%. Kadar air dan kerapatan balok laminasi tidak dipengaruhi oleh lamanya pengukusan.
3. Pengaruh lamanya pengukusan cenderung meningkatkan keteguhan lentur (MOR) dan keteguhan geser sejajar serat. Nilai rata-rata MOR 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam adalah 554,02 kg/cm², 594,72 kg/cm², 619,52 kg/cm², 638,09 kg/cm², sedangkan nilai rata-rata keteguhan geser sejajar serat adalah 58,01 kg/cm², 63,83 kg/cm², 69,79 kg/cm², 78,27 kg/cm².
4. Perlakuan ketebalan lapisan tengah 1 cm, 2 cm, dan 3 cm tidak memberikan pengaruh terhadap sifat fisis balok laminasi.
5. Perlakuan ketebalan lapisan tengah memberikan pengaruh terhadap sifat mekanis balok laminasi konvensional. Semakin meningkat ketebalan lapisan

tengah akan meningkatkan kekakuan kayu (MOE) dan keteguhan lentur (MOR). Nilai rata-rata MOE balok laminasi dengan ketebalan lapisan tengah 1 cm, 2 cm, 3 cm adalah 90556,46 kg/cm², 95103,30 kg/cm², 101866,28 kg/cm². Sedangkan nilai rata-rata MOR berturut-turut 569,38 kg/cm², 604,69kg/cm² dan 630,69 kg/cm².

B. Saran - Saran

1. Karena kayu karet (*Hevea brasiliensis*) mudah sekali diserang organisme perusak kayu, maka perlu dilakukan penelitian perlakuan pengukusan sebagai perlakuan pendahuluan sebelum kayu diawetkan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengaruh pengukusan pada suhu dan waktu yang lebih tinggi, agar diperoleh pengukusan yang optimum.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1949. Standards Methods of Test for Strength Properties of Adhesive in Shear by Compression Loading (D 905-49). Book of ASTM Standards, Philadelphia.
- . 1952. Standards Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber (D 143-52). Book of ASTM Standards, Philadelphia.
- . 1961. Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia NI 5. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Bandung.
- Awaludin, L. 1989. Studi Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Laminasi Kayu Akasia (*Acacia mangium* Wild) dengan Kayu Kapur (*Dryobalanops spp*). Skripsi JTHH. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Barly. 1988. Beberapa Masalah Dalam Pengolahan Kayu Karet. Duta Rimba 14 (97-98): 27-30. Jakarta.
- Barnes, H.M. 1983. Effect of Steaming Temperature and CCA Retension on Mechanical Properties of *Pinus taeda*. Forest Products Journal 35 (6) : 31-32
- Bodig, J. and B.A. Jayne. 1982. Mechanics of Wood and Wood Composites. VNR Company. New York.
- Brown, H.P., A.J. Panshin, and C.C. Forsaith. 1952. Text Book of Wood Technology, Vol. II. Mc Graw Hill Book Company INC, New York.
- Ghazali, A. 1988. Studi Sifat Fisis dan Mekanis Kayu Laminasi Kemiri (*Aleurites molluccana* Wild) dengan Kayu Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Skripsi JTHH. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Hartanto, R. 1989. Pengaruh Tebal Lapisan dan Letak Pasak Terhadap Kekuatan Lentur Balok Laminasi Mekanis. Skripsi JTHH. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Kamil, N. 1972. Sifat-Sifat Mekanik Kayu Karet dan Beberapa Kegunaannya. LPHH, Bogor.
- Karnasudirja, S. 1989. Prospek Kayu Indonesia Sebagai Bahan Baku Industri Kayu Lamina. Makalah Seminar Pengkajian Pengembangan Industri Kayu Lamina, Jakarta, 15 Juni 1989. Jakarta.

- Kollmann, F.F.P., E.W. Kuenzi, and A.J Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology. Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York.
- Kubunsky, E. and G. Ifju. 1972. Influence of Steaming on The Properties of *Quercus sp.* Wood Science and Technology 6 (1) : 87 - 94.
- Mardikanto, T.R. 1979. Sifat - Sifat Mekanis Kayu. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor.
- Martawijaya, A. 1972. Keawetan dan Pengawetan Kayu Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg). Rimba Indonesia 16 (3-4) : 176-187. Jakarta.
- Masano. 1973. Pengaruh Jumlah Lapisan Laminated Wood Terhadap Sifat Mekanisnya. Skripsi JTHH. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Oey Djoen Seng. 1964. Berat Jenis dari Kayu-kayu Indonesia dan Pengertian Berat Kayu untuk Keperluan Praktek. Pengumuman LPHH no. 1. LPHH, Bogor.
- Priatna, B. 1988. Pengaruh Pengukusan Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Meranti (*Shorea sp.*). Skripsi JTHH. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Ruhendi, S. 1988. Teknologi Perekatan. Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB, Bogor. Tidak Diterbitkan.
- Siddiq, S. 1989. Penggunaan Glue Laminated Timber (Glu-lam) untuk Komponen Struktur Bangunan Gedung dan Perumahan. Makalah Seminar Pengkajian Pengembangan Industri Kayu Lamina, Jakarta, 15 Juni 1989. Jakarta.
- Steel, R.G.D. dan Torrie, J.H. 1989. Prinsip dan Prosedur Statistika (Terjemahan oleh Bambang Sumantri). Edisi II. PT Gramedia. Jakarta.
- Trisnanti. 1987. Studi Perbandingan Sifat Kekuatan Lentur Balok Laminasi Konvensional dan Balok Laminasi Mekanis. Skripsi JTHH. Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor. Tidak diterbitkan.
- Wangaard, F.F. 1950. The Mechanical Properties of Wood. John Wiley and Son Inc., New York.
- Wirjomartono, S. 1958. Kontruksi Kayu Berlapis Majemuk. Fakultas Tehnik, UGM, Jogjakarta.
- Yap, K.H.F. 1964. Konstruksi Kayu. Bina Cipta, Bandung.

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.



@Hak cipta milik IPB University

L A M P I R A N

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 1. Hasil Pengukuran Kadar Air Lamina Sebelum Dibentuk Menjadi Balok Laminasi Konvensional

Contoh Uji	KA Sebelum Pengukuran (%)	KA Sesudah Pengukuran (%)	Penurunan KA (%)
Y111	18,9 16,3 17,6		
Y112	16,4 16,2 17,1		
Y113	16,6 15,3 14,7		
Y114	15,1 15,0 17,2		
Y211	16,9 17,4 15,0		
Y212	16,1 15,1 16,9		
Y213	15,3 17,5 16,4		
Y214	15,2 16,8 17,9		
Y311	16,5 18,3 14,7		
Y312	15,1 17,3 18,6		
Y313	17,8 14,1 18,1		
Y314	16,4 17,2 15,9		

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

Lampiran 1. Lanjutan

Cantoh Uji	KA Sebelum Pengukuran (%)	KA Sesudah Pengukuran (%)	Penurunan KA (%)
Y121	18,1	16,9	1,2
	18,8	14,5	4,3
	14,8	12,8	2,0
Y122	17,2	16,1	1,1
	19,9	15,1	4,8
	16,8	14,9	1,9
Y123	14,3	12,9	1,4
	18,4	15,8	2,6
	14,7	14,5	3,2
Y124	17,0	15,1	1,9
	14,6	12,6	2,0
	15,6	13,9	1,7
Y131	17,5	15,3	2,3
	17,1	14,5	2,6
	16,2	15,1	1,1
Y132	16,4	14,8	1,6
	17,3	15,8	2,1
	17,7	15,0	2,7
Y133	16,2	14,7	1,5
	16,8	14,5	2,3
	14,7	14,3	0,4
Y134	14,8	14,3	0,5
	18,5	14,8	3,7
	15,9	15,1	0,8
Y141	14,9	14,9	0
	20,0	18,2	1,8
	14,5	12,8	1,7
Y142	18,2	15,2	3,0
	18,5	14,9	3,6
	17,9	15,1	2,8
Y143	16,4	14,1	2,3
	17,6	14,9	2,7
	16,0	13,9	2,1
Y144	16,3	14,0	2,3
	16,5	14,0	2,5
	16,7	13,3	2,9

Hak cipta milik IPB University

IPB University

1. 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 suatu masalah
 - 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 1. Lanjutan

Contoh Uji	KA Sebelum Pengukuran (%)	KA Sesudah Pengukuran (%)	Penurunan KA (%)
Y221	15,0	14,8	0,2
	16,8	15,7	1,1
	18,4	15,2	3,2
Y222	16,6	15,4	1,2
	15,3	15,0	0,3
	15,6	14,3	1,3
Y223	15,1	13,7	1,4
	16,7	14,7	2,0
	15,6	14,9	0,7
Y224	16,5	15,3	1,2
	14,4	14,0	0,4
	15,8	15,2	0,6
Y231	15,3	13,7	2,4
	17,4	16,9	0,5
	13,8	12,9	0,9
Y232	16,8	15,8	1,0
	16,8	14,1	1,7
	15,5	13,4	2,1
Y233	17,2	14,9	2,3
	17,1	14,9	2,2
	15,4	14,3	1,1
Y234	18,1	14,6	3,5
	17,3	14,8	2,5
	16,1	14,8	1,3
Y241	13,5	11,3	2,2
	17,4	14,6	2,8
	17,0	14,9	2,1
Y242	18,1	14,9	3,2
	17,1	15,1	2,0
	17,9	14,1	3,8
Y243	18,8	14,9	3,9
	16,3	14,8	1,5
	18,5	16,0	2,5
Y244	18,7	14,7	4,0
	17,6	15,3	2,3
	17,9	14,6	3,3
Y321	16,4	15,0	1,4

Hak cipta milik IPPB University

IPPB University

Lampiran 1. Lanjutan

Ccontoh Uji	KA Sebelum Pengukuran (%)	KA Sesudah Pengukuran (%)	Penurunan KA (%)
	15,9	14,6	1,3
	18,0	15,6	2,4
Y322	16,2	14,5	1,7
	17,1	15,7	1,4
	16,7	14,7	2,0
Y323	18,1	14,9	3,2
	15,5	14,8	0,7
	18,3	14,8	3,5
Y324	16,1	13,7	2,4
	14,6	13,7	0,9
	17,5	14,9	2,6
Y331	13,8	11,9	1,9
	17,3	15,5	1,8
	19,2	15,2	4,0
Y332	16,4	14,9	2,5
	16,6	15,1	1,5
	18,9	14,8	4,0
Y333	18,7	15,2	2,5
	14,1	13,2	1,9
	19,1	15,5	3,6
Y334	16,6	14,2	2,4
	16,8	15,7	1,1
	17,1	14,2	2,9
Y341	16,9	12,9	4,0
	18,1	16,9	1,2
	17,3	15,2	2,1
Y342	16,9	12,8	4,1
	17,9	15,6	2,3
	17,0	15,2	1,8
Y343	19,7	14,7	5,0
	17,5	16,1	1,4
	20,8	16,3	4,5
Y344	17,1	15,5	1,6
	18,2	16,2	2,0
	18,8	14,3	4,3

Keterangan : K A = Kadar Air

Lampiran 2. Hasil Pengujian Kadar Air, Kerapatan dan Penyusutan Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan

Contoh Uji	Rku (gram)	Bkt (gram)	Vku (cm ³)	Kadar Air (%)	Kerapatan (gram/cm ³)	Vb (cm ³)	Vku (cm ³)	Penyusutan (%)
Y111	45,49	39,94	63,50	13,896	0,716	64,00	61,41	5,651
Y112	45,99	40,00	63,00	14,746	0,730	64,57	61,72	5,364
Y113	44,00	38,75	64,70	15,548	0,680	65,23	62,89	4,596
Y114	44,85	38,98	65,90	15,059	0,681	66,61	63,42	3,372
Y121	45,49	39,77	65,60	14,383	0,693	67,02	63,31	4,496
Y122	45,19	39,09	63,80	15,605	0,708	65,63	62,82	3,509
Y123	46,99	40,91	65,30	14,862	0,719	65,53	63,24	3,791
Y124	45,91	40,23	64,80	14,119	0,708	63,47	60,76	5,498
Y131	46,89	40,71	63,20	15,181	0,741	64,50	61,60	4,047
Y132	47,60	41,69	63,20	14,176	0,727	65,82	63,51	4,144
Y133	46,77	40,96	65,50	14,185	0,714	65,95	63,45	3,587
Y134	46,08	40,36	64,90	14,172	0,710	66,39	62,74	4,789
Y141	45,21	39,41	63,90	14,717	0,709	66,61	62,26	5,536
Y142	42,62	36,91	59,00	15,470	0,722	60,70	57,52	4,282
Y143	47,48	41,52	64,60	14,355	0,735	65,93	62,90	3,495
Y144	46,96	41,63	65,50	12,803	0,717	67,20	63,59	4,270
Y211	45,56	40,05	65,40	13,758	0,697	66,92	63,80	5,407
Y212	45,23	39,29	64,10	15,184	0,706	66,29	62,97	4,760
Y213	47,00	41,17	63,69	14,161	0,716	65,81	63,11	5,107
Y214	43,17	37,88	62,90	13,965	0,686	65,53	62,80	5,247
Y221	44,76	39,15	63,20	14,330	0,708	64,40	61,70	5,030
Y222	44,95	39,06	63,20	15,079	0,691	65,51	63,92	5,119
Y223	49,52	43,96	65,90	12,648	0,751	66,49	63,52	5,272
Y224	46,34	40,13	63,40	15,475	0,724	67,50	64,38	4,335
Y231	48,46	41,81	64,50	15,905	0,751	67,60	64,20	4,662
Y232	47,17	41,28	66,40	14,268	0,719	66,81	63,39	5,008
Y233	45,48	40,17	65,70	13,219	0,702	66,20	62,71	4,103
Y234	44,51	39,13	63,40	13,479	0,695	65,05	62,23	4,166
Y241	45,28	40,01	63,81	13,772	0,710	66,40	62,81	4,193
Y242	45,78	40,13	64,10	14,079	0,714	66,59	63,42	3,954
Y243	46,93	40,73	63,50	15,222	0,739	64,81	61,50	4,467
Y244	46,78	41,28	65,00	13,322	0,719	66,51	63,02	4,622
Y311	47,00	41,25	65,30	13,939	0,719	65,40	62,80	4,879
Y312	45,62	39,90	64,05	14,336	0,712	65,21	62,61	4,240
Y313	46,59	40,73	64,30	14,387	0,725	65,39	62,71	4,936
Y314	46,44	40,11	64,90	15,782	0,716	64,90	62,04	5,947

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 2. Lanjutan

Contoh Uji	Bku (gram)	Bkt (gram)	Vku (cm ³)	Kadar Air (%)	Kerapatan (gram/cm ³)	Vb (cm ³)	Vku (cm ³)	Penyusutan (%)
Y321	47,68	41,51	64,20	14,864	0,743	65,07	62,99	4,321
Y322	46,54	40,69	65,00	14,377	0,716	64,87	61,80	4,924
Y323	48,22	42,03	65,10	14,728	0,741	65,16	62,48	5,168
Y324	46,47	40,87	65,20	13,702	0,713	66,11	63,20	4,093
Y331	46,97	41,08	65,80	14,338	0,714	67,34	64,43	3,976
Y332	45,42	39,62	64,10	14,639	0,709	64,79	61,60	3,987
Y333	48,54	41,91	64,80	15,820	0,749	65,59	62,20	4,098
Y334	48,72	42,95	65,70	13,434	0,742	65,48	52,80	4,407
Y341	47,06	41,26	65,80	14,057	0,715	65,18	62,00	3,197
Y342	47,88	41,49	66,20	15,401	0,723	66,51	63,69	4,272
Y343	43,42	37,92	58,30	14,504	0,745	64,43	61,25	4,113
Y344	48,69	42,41	66,00	14,808	0,738	67,60	63,58	4,402

$$\text{Keterangan : Kadar Air} = \frac{\text{Bku}}{\text{Bkt}} \times 100\%$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Bku (gram)}}{\text{Vku (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{Penurunan Dimensi}}{\text{Dimensi Awal}} \times 100\%$$

K A = Kadar air
 Bku = Berat Kering Udara
 Bkt = Berat Kering Tanur
 Vku = Volume Kering Udara
 Vb = Volume Basah

Lampiran 3. Hasil Pengujian MDE dan MOR Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan

Contoh Uji	Dimensi		Defleksi (cm)	P _i (kg)	P _{max} (kg)	MDE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)
	b (cm)	h (cm)					
Y111	4,900	5,050	0,232	150	626	87855,1	525,999
Y112	4,950	5,070	0,225	150	659	88616,3	548,134
Y113	5,050	5,055	0,263	150	693	74974,7	563,883
Y114	5,010	5,085	0,242	150	537	80686,2	435,225
Y121	5,080	5,040	0,198	150	617	99886,1	502,053
Y122	5,010	5,020	0,257	150	655	78966,6	544,735
Y123	5,030	5,030	0,268	150	722	74975,4	595,693
Y124	5,080	5,050	0,181	150	769	108619,8	623,260
Y131	5,000	5,020	0,201	150	667	101169,2	555,825
Y132	5,050	5,025	0,210	150	782	95588,7	643,735
Y133	5,070	5,050	0,227	150	643	86779,6	522,825
Y134	5,000	5,040	0,234	150	697	85871,3	658,896
Y141	5,090	5,050	0,214	150	801	91689,5	647,920
Y142	4,820	4,810	0,215	150	619	111533,3	541,305
Y143	5,020	5,030	0,211	150	826	95419,1	682,857
Y144	5,010	5,080	0,227	150	754	86272,4	517,516
Y211	5,050	5,050	0,234	150	560	84516,9	456,566
Y212	5,040	5,050	0,282	150	625	70270,3	510,571
Y213	5,030	5,070	0,204	150	789	96184,1	640,741
Y214	5,040	5,030	0,199	150	774	100771,5	637,329
Y221	5,005	5,040	0,209	150	748	96046,9	627,766
Y222	5,000	5,020	0,204	150	784	99681,4	635,333
Y223	5,040	5,070	0,207	150	668	94602,1	541,401
Y224	5,040	5,020	0,231	150	631	87331,7	532,169
Y231	5,090	5,040	0,226	150	757	87338,9	614,761
Y232	5,080	5,060	0,207	150	854	94414,7	689,418
Y233	5,060	5,080	0,214	150	702	91507,6	564,480
Y234	5,110	4,940	0,194	150	730	107627,2	602,407
Y241	5,020	5,060	0,205	150	723	96475,2	590,640
Y242	5,090	5,030	0,217	150	761	91504,8	620,469
Y243	4,980	5,050	0,170	150	866	117970,7	715,970
Y244	5,010	5,060	0,188	150	827	105409,1	676,949
Y311	5,020	5,060	0,237	150	661	83449,1	539,990
Y312	5,050	5,020	0,204	150	781	98694,4	545,371
Y313	5,050	5,065	0,187	150	813	104822,4	658,915
Y314	5,030	4,960	0,175	150	690	119749,7	585,473

@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. Lanjutan

Contoh Uji	Dimensi		Defleksi (cm)	Pi (kg)	Pmax (kg)	MOE (kg/cm ²)	MOR (kg/cm ²)
	b (cm)	h (cm)					
Y321	5,030	5,010	0,205	150	781	99195,1	649,527
Y322	5,010	5,010	0,191	150	732	106890,9	611,205
Y323	5,070	4,990	0,195	150	704	104708,3	586,692
Y324	5,060	5,010	0,234	150	809	86386,5	668,824
Y331	5,040	5,090	0,192	150	775	100795,1	623,196
Y332	5,040	5,020	0,196	150	879	102926,6	726,675
Y333	5,010	5,060	0,199	150	766	99582,5	627,017
Y334	5,050	5,095	0,203	150	755	94864,9	604,723
Y341	4,960	5,020	0,190	150	851	107889,4	714,874
Y342	5,040	5,130	0,183	150	869	104124,3	678,384
Y343	4,900	4,950	0,204	150	543	106092,2	621,752
Y344	5,140	5,090	0,173	150	823	109688,9	648,409

Keterangan : b = lebar balok
h = tinggi balok
Pi = beban yang diberikan 150 kg

@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.



Lampiran 4. Hasil Pengujian Keteguhan Geser Sejajar Serat Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan

Contoh Uji	Beban Maksimum (kg)	L u a s (cm ²)	Keteguhan Geser Sejajar Serat (kg/cm ²)
Y111	1794	19,267	93,113
Y112	866	19,250	44,987
Y113	960	19,764	48,573
Y114	918	19,813	46,333
Y121	1210	20,622	58,675
Y122	1267	19,518	64,914
Y123	1003	18,626	53,227
Y124	1278	20,013	63,858
Y131	1463	19,753	74,665
Y132	1310	19,389	67,564
Y133	903	19,831	45,534
Y134	1674	20,022	83,608
Y141	1640	19,914	82,354
Y142	1829	20,513	89,163
Y143	1283	20,180	63,578
Y144	1439	20,472	70,291
Y211	670	20,404	32,837
Y212	1347	20,202	66,667
Y213	937	19,851	47,202
Y214	1438	20,402	70,483
Y221	1112	19,559	56,854
Y222	1621	20,180	80,327
Y223	1152	21,452	53,701
Y224	1324	19,828	66,774
Y231	1523	20,035	76,020
Y232	1427	20,082	71,059
Y233	1161	19,845	58,503
Y234	1481	20,296	72,970
Y241	1940	19,914	97,419
Y242	1829	20,513	89,513
Y243	1296	20,180	64,222
Y244	1139	20,472	55,637
Y311	1283	20,074	63,914
Y312	1004	19,819	50,658
Y313	1341	20,080	66,783
Y314	1276	19,965	63,912

Lampiran 4. Lanjutan

Contoh Uji	Beban Maksimum (kg)	Luas (cm ²)	Keteguhan Geser Sejajar Serat (kg/cm ²)
Y321	1599	20,500	78,000
Y322	1073	20,000	53,650
Y323	1510	20,200	74,752
Y324	1239	19,900	62,261
Y331	1239	19,757	62,712
Y332	1769	20,001	88,446
Y333	1320	20,432	64,605
Y334	1476	20,574	71,741
Y341	1772	19,711	89,899
Y342	1529	19,729	77,500
Y343	1442	19,425	74,234
Y344	1656	19,296	85,821

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. 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 suatu masalah
- 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 5. Analisis Data Respon Kadar Air Lamina Pembentuk Balok Laminasi Konvensional Akibat Pengukusan

$$\begin{aligned}
 F K &= Y^2_{...} / a . b . k \\
 &= (726,5)^2 / 48 \\
 &= 10995,880 \\
 JK \text{ Total} &= Y^2_{ijk} - FK \\
 &= [(17,6)^2 + (16,2)^2 + \dots + (15,3)^2] - 10995,880 \\
 &= 11036,870 - 10995,880 \\
 &= 40,99 \\
 JK \text{ P} &= Y^2_{ij.} / 4 - FK \\
 &= [(65,2)^2 + (57,4)^2 + \dots + (59,5)^2] / 4 - 10995,880 \\
 &= 11025,713 - 10995,880 \\
 &= 29,833 \\
 JK \text{ A} &= Y^2_{i..} / b . k - FK \\
 &= [(240,2)^2 + (242,5)^2 + (243,8)^2] / 16 - 10995,880 \\
 &= 10996,296 - 10995,880 \\
 &= 0,416 \\
 JK \text{ B} &= Y^2_{.j.} / a . k - FK \\
 &= [(197,7)^2 + \dots + (176,5)^2] / 12 - 10995,880 \\
 &= 11024,609 - 10995,880 \\
 &= 28,729 \\
 JK \text{ AB} &= JK \text{ P} - JK \text{ A} - JK \text{ B} \\
 &= 29,833 - 0,416 - 28,729 \\
 &= 0,688 \\
 JK \text{ Sisa} &= JK \text{ Total} - JK \text{ P} \\
 &= 40,990 - 29,833 \\
 &= 11,157
 \end{aligned}$$

Keterangan

FK	=	Faktor Koreksi
JK P	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan
JK A	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah
JK B	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan Lamanya Pengukusan

Lampiran 6. Analisis Data Respon Kadar Air Balok Laminasi Konvensional
Pada Berbagai Perlakuan

$$\begin{aligned}
 FK &= (Y^2 \dots) / a, b, k \\
 &= (692,530)^2 / 48 \\
 &= 9991,621 \\
 JK \text{ Total} &= Y^2_{ijk} - FK \\
 &= [(13,896)^2 + (14,746)^2 + \dots + (14,808)^2] - FK \\
 &= 10019,062 - 9991,621 \\
 &= 27,441 \\
 JK \text{ P} &= Y^2_{ij.} / k - FK \\
 &= [(57,249)^2 + (57,068)^2 + \dots + (58,770)^2] / 4 - FK \\
 &= 9993,211 - 9991,621 \\
 &= 1,590 \\
 JK \text{ A} &= Y^2_{i..} / b, k - FK \\
 &= [(231,277)^2 + (228,137)^2 + (233,116)^2] / 3,4 - FK \\
 &= 9991,755 - 9991,621 \\
 &= 0,792 \\
 JK \text{ B} &= Y^2_{.j.} / a, k - FK \\
 &= [(172,761)^2 + (174,172)^2 + \dots + (172,511)^2] / 3,4 - FK \\
 &= 9991,755 - 9991,621 \\
 &= 0,134 \\
 JK \text{ AB} &= JK \text{ P} - JK \text{ A} - JK \text{ B} \\
 &= 1,590 - 0,792 - 0,134 \\
 &= 0,664 \\
 JK \text{ Sisa} &= JK \text{ Total} - JK \text{ P} \\
 &= 27,441 - 1,590 \\
 &= 25,851
 \end{aligned}$$

Keterangan :

FK = Faktor Koreksi
 JK P = Jumlah Kuadrat Perlakuan
 JK A = Jumlah Kuadrat Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah
 JK B = Jumlah Kuadrat Perlakuan Lamanya Pengukusan

Lampiran 7. Analisis Data Kerapatan Balok Laminasi Pada Berbagai Perlakuan

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= Y^2_{...} / a \cdot b \cdot k \\
 &= (34,458)^2 / 48 \\
 &= 24,4365 \\
 \text{JK Total} &= Y^2_{ijk} - \text{FK} \\
 &= [(0,716)^2 + (0,730)^2 + \dots + (0,738)^2] - 24,7365 \\
 &= 24,7514 - 24,7365 \\
 &= 0,0149 \\
 \text{JK P} &= Y^2_{ij.} / k - \text{FK} \\
 &= [(2,807)^2 + (2,805)^2 + \dots + (2,921)^2] / 4 - 24,7365 \\
 &= 24,7408 - 24,7365 \\
 &= 0,0043 \\
 \text{JK A} &= Y^2_{i..} / b \cdot k - \text{FK} \\
 &= [(11,410)^2 + (11,428)^2 + (11,620)^2] / 4 \cdot 4 - \text{FK} \\
 &= 24,7382 - 24,7365 \\
 &= 0,0017 \\
 \text{JK B} &= Y^2_{.j.} / a \cdot k - \text{FK} \\
 &= [(8,484)^2 + (8,615)^2 + \dots + (8,686)^2] / 12 - 24,7365 \\
 &= 24,7387 - 24,7365 \\
 &= 0,0022 \\
 \text{JK AB} &= \text{JK P} - \text{JK A} - \text{JK B} \\
 &= 0,0043 - 0,0017 - 0,0022 \\
 &= 0,0004 \\
 \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK P} \\
 &= 0,0149 - 0,0043 \\
 &= 0,0106
 \end{aligned}$$

Keterangan

FK	=	Faktor Koreksi
JK P	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan
JK A	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah
JK B	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan Lamanya Pengukusan

Lampiran B. Analisis Data Penyusutan Volume Balok Laminasi Konvensional
Pada Berbagai Perlakuan

	FK	=	$Y^2_{...} / a \cdot b \cdot k$
		=	$(219,144)^2 / 3 \cdot 4 \cdot 4$
		=	1000,502
JK	Total	=	$Y^2_{ijk} - FK$
		=	$[(4,047)^2 + (4,414)^2 + \dots + (5,947)^2] - 1000,502$
		=	1016,024 - 1000,502
		=	15,521
JK	P	=	$Y^2_{ij.} / k - FK$
		=	$[(16,837)^2 + (17,939)^2 + \dots + (20,002)^2] / 4 - 1000,502$
		=	10007,940 - 1000,502
		=	7,438
JK	A	=	$Y^2_{i..} / b \cdot k - FK$
		=	$[(72,702)^2 + (75,452)^2 + (70,960)^2] / 16 - 1000,502$
		=	1000,869 - 1000,502
		=	0,367
JK	B	=	$Y^2_{.j.} / a \cdot k - FK$
		=	$[(51,244)^2 + (50,803)^2 + \dots + (20,002)^2] / 12 - 1000,502$
		=	1006,414 - 1000,502
		=	5,912
JK	AB	=	JK P - JK A - JK B
		=	7,438 - 0,367 - 5,912
		=	1,119
JK	Sisa	=	JK Total - JK P
		=	15,522 - 7,438
		=	8,084

Keterangan :

FK = Faktor Koreksi
 JK P = Jumlah Kuadrat Perlakuan
 JK A = Jumlah Kuadrat Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah
 JK B = Jumlah Kuadrat Perlakuan Lamanya Pengukusan

Lampiran 9. Analisis Data MDE Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= Y^2_{...} / a \cdot b \cdot k \\
 &= (4600416,6)^2 / 48 \\
 &= 4,409131853 \times 10^{11} \\
 \text{JK Total} &= Y^2_{ijk} - \text{FK} \\
 &= [(87855,1)^2 + \dots + (109688,9)^2] - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 4,466026261 \times 10^{11} - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 5689440830 \\
 \text{JK P} &= Y^2_{ij.} / K - \text{FK} \\
 &= [(332132,9)^2 + \dots + (427794,8)^2] / 4 - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 4,429159612 \times 10^{11} - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 2002775930 \\
 \text{JK A} &= Y^2_{i..} / b \cdot k - \text{FK} \\
 &= [(1448903,3)^2 + \dots + (1629860,5)^2] / 16 - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 4,419495791 \times 10^{11} - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 1036393840 \\
 \text{JK B} &= Y^2_{.j.} / a \cdot k - \text{FK} \\
 &= [(1090590,7)^2 + \dots + (1217453,9)^2] / 12 - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 4,416781398 \times 10^{11} - 4,409131853 \times 10^{11} \\
 &= 764954530 \\
 \text{JK AB} &= \text{JK P} - \text{JK A} - \text{JK B} \\
 &= 2002775930 - 1036393840 - 764954530 \\
 &= 201427560 \\
 \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 5689440830 - 2002775930 \\
 &= 3686664900
 \end{aligned}$$

Keterangan :

FK	=	Faktor Koreksi
JK P	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan
JK A	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah
JK B	=	Jumlah Kuadrat Perlakuan Lamanya Pengukusan



Lampiran 10. Analisis Data MDR Balok Laminasi Konvensional Pada Berbagai Perlakuan

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= Y^2_{...} / a. b. k \\
 &= (28876,128)^2 / 48 \\
 &= 17371474,34 \\
 \text{JK Total} &= Y^2_{ijk} - \text{FK} \\
 &= [(525,999)^2 + (548,134)^2 + \dots + (648,419)^2] + \dots - \text{FK} \\
 &= 17583776,50 - 17371474,34 \\
 &= 212302,16 \\
 \text{JK P} &= Y^2_{ij.} / 4 - \text{FK} \\
 &= [(2073,271)^2 + (2265,741)^2 + \dots + (2663,429)^2] / 4 - \text{FK} \\
 &= 17451044,38 - 17371474,34 \\
 &= 79570,04 \\
 \text{JK A} &= Y^2_{i..} / b. k - \text{FK} \\
 &= [(9110,077)^2 + \dots + (10091,081)^2] / 4 . 4 - 17371474,34 \\
 &= 17401778,95 - 17371474,34 \\
 &= 30304,61 \\
 \text{JK B} &= Y^2_{.j.} / a. k - \text{FK} \\
 &= [(2329,749)^2 + \dots + (2516,248)^2] / 12 - 17371474,34 \\
 &= 17419037,31 - 17371474,34 \\
 &= 47562,97 \\
 \text{JK AB} &= \text{JK P} - \text{JK A} - \text{JK B} \\
 &= 79570,04 - 30304,61 - 47562,97 \\
 &= 1702,46 \\
 \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK P} \\
 &= 212302,16 - 79570,04 \\
 &= 132732,12
 \end{aligned}$$

Keterangan :

FK = Faktor Koreksi
 JK P = Jumlah Kuadrat Perlakuan
 JK A = Jumlah Kuadrat Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah
 JK B = Jumlah Kuadrat Perlakuan Lamanya Pengukusan

Lampiran 11. Analisis Data Keteguhan Geser Sejajar Serat Balok Laminasi
Pada Berbagai Perlakuan

$$\begin{aligned}
 \text{FK} &= Y^2_{...} / a \cdot b \cdot k \\
 &= (3239,850)^2 / 48 \\
 &= 218679,751 \\
 \text{JK Total} &= Y^2_{ijk} - \text{FK} \\
 &= (93,113)^2 + \dots + (85,821)^2 - \text{FK} \\
 &= 228398,579 - 218679,751 \\
 &= 9718,828 \\
 \text{JK P} &= Y^2_{ij.} / k - \text{FK} \\
 &= [(233,006)^2 + \dots + (327,454)^2] / 4 - \text{FK} \\
 &= 221369,418 - 218679,751 \\
 &= 2995,633 \\
 \text{JK A} &= Y^2_{i..} / b \cdot k - \text{FK} \\
 &= [(1049,837)^2 + \dots + (1128,888)^2] / 16 - \text{FK} \\
 &= 218908,257 - 218679,751 \\
 &= 228,506 \\
 \text{JK B} &= Y^2_{.j.} / a \cdot k - \text{FK} \\
 &= [(696,152)^2 + \dots + (939,278)^2] / 12 - \text{FK} \\
 &= 221369,418 - 218679,751 \\
 &= 2689,667 \\
 \text{JK AB} &= \text{JK P} - \text{JK A} - \text{JK B} \\
 &= 2995,633 - 228,506 - 2689,667 \\
 &= 77,46 \\
 \text{JK Sisa} &= \text{JK Total} - \text{JK P} \\
 &= 9718,828 - 2995,633 \\
 &= 6723,195
 \end{aligned}$$

Keterangan :

FK = Faktor Koreksi
 JK P = Jumlah Kuadrat Perlakuan
 JK A = Jumlah Kuadrat Perlakuan Ketebalan Lapisan Tengah
 JK B = Jumlah Kuadrat Perlakuan Lamanya Pengukuran

Lampiran 12 a. Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-Rata Kadar Air Pembentuk Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya Pengukusan

$$\begin{aligned}
 T_{0.05} &= q_{0.05} (4; 36) S_x \\
 S_x &= \text{KT sisa} / 12 \\
 &= 0,309 / 12 \\
 &= 0,160468 \\
 T_{0.05} &= 3,81 (0,160468) \\
 &= 0,611
 \end{aligned}$$

Lamanya Pengukusan	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam
Rata-Rata KA Pembentuk	16,475	14,658	14,700	14,708

Lampiran 12 b. Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-Rata Penyusutan Volume Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya Pengukusan

$$\begin{aligned}
 T_{0.05} &= q_{0.05} (4; 36) S_x \\
 S_x &= \text{KT sisa} / 12 \\
 &= 0,2254 / 12 \\
 &= 0,13705 \\
 T_{0.05} &= 3,81 (0,13705) \\
 &= 0,552
 \end{aligned}$$

Lamanya Pengukusan	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam
Rata-Rata Penyusutan	5,160	4,630	4,270	4,234

Keterangan : _____ = Tidak Berbeda Nyata Pada Tingkat 5%



Lampiran 13. Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-Rata MOE Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Ketebalan Lapisan

$$\begin{aligned}
 0.05 &= q_{0.05}(4;36) S_x \\
 S_x &= \text{KT Sisa} / 16 \\
 &= 102407358,3 / 16 \\
 &= 2529,91 \\
 0.05 &= 3,81 (2529,91) \\
 &= 9638,96
 \end{aligned}$$

Ketebalan Lapisan Tengah	1 cm	2 cm	3 cm
Rata-Rata MOE	90556,46	95103,30	101866,28

Keterangan : _____ = Tidak Berbeda Nyata Pada Tingkat 5%

Lampiran 14 a. Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-Rata MOR Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Ketebalan Lapisan Tengah

$$T_{0.05} = q_{0.05} (4; 36) S_x$$

$$S_x = \text{KT Sisa} / 16$$

$$= 3687,00 / 16$$

$$= 15,180$$

$$T_{0.05} = 3,81 (15,180)$$

$$= 57,8358$$

Ketebalan Lapisan Tengah	1 cm	2 cm	3 cm
Rata-Rata MOR	569,3798	604,6856	630,6928

Lampiran 14 b. Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-Rata MOR Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya Pengukusan

$$T_{0.05} = q_{0.05} (4; 36) S_x$$

$$S_x = \text{KT sisa} / 12$$

$$= 3687,00 / 12$$

$$= 17,529$$

$$T_{0.05} = 3,81 (17,529)$$

$$= 66,7855$$

Lamanya Pengukusan	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam
Rata-Rata MOR	554,0189	594,7215	619,5165	638,0870

Keterangan : _____ = Tidak Berbeda Nyata Pada Tingkat 5%

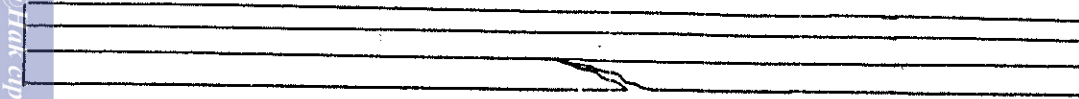
Lampiran 15. Uji Beda Nyata Tukey Terhadap Rata-Rata Keteguhan Geser
Sejajar Serat Balok Laminasi Konvensional Antar Taraf Lamanya
Pengukuran

$$\begin{aligned}
 T_{0.05} &= q_{0.05} (4; 36) S_x \\
 S_x &= \text{KT Sisa} / 12 \\
 &= 186,755 / 12 \\
 &= 3,94499 \\
 T_{0.05} &= 3,81 (3,94499) \\
 &= 15,0304
 \end{aligned}$$

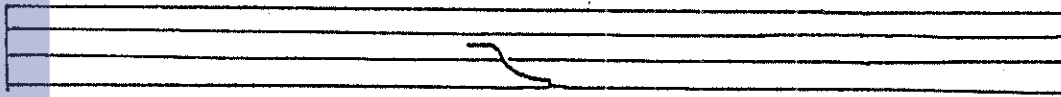
Lamanya Pengukuran	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam
Rata-Rata Keteguhan Geser	58,0127	63,9161	69,7856	78,2732

Keterangan : _____ = Tidak Berbeda Nyata Pada Tingkat 5%

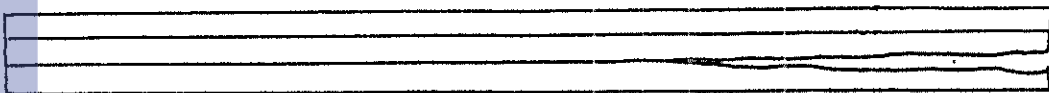
Lampiran 16. Bentuk Kerusakan Balok Laminasi Konvensional



(a) Cross Grain Tension



(b) Splintering tension



(c) Horizontal shear



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.