

**SIFAT MEKANIS KAYU LAMINA
PADA BERBAGAI PROPORSI LAPISAN DAN
KETEBALANNYA DENGAN KOMBINASI BAGIAN
DALAM DAN LUAR
BATANG KELAPA (*Cocos nucifera* Linn)**

**HERMAWANTO
M 121 01 053**



3 - 08 - 08
Kelantan
1 kg
Hadias
35
SICR - KH08
HER
S.

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : **Sifat Mekanis Kayu Lamina pada Berbagai Proporsi Lapisan dan Ketebalannya Dengan Kombinasi Bagian Dalam dan Luar Batang Kelapa (*Cocos nucifera* Linn)**

Nama : **Hermawanto**

Stambuk : **M 121 01 053**

Program studi : **Teknologi Hasil Hutan**

Skripsi ini Disusun sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Sarjana Kehutanan
pada
Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin

Pembimbing I



Suhasman, S.Hut., M.Si

Pembimbing II



Andi Detti Yuniarti, S.Hut., MP

.Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknologi Hasil Hutan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**



Ir. Beta Putranto, M.Sc
Nip. 130 792 980

Tanggal Pengesahan : 23 Juli 2008

ABSTRAK

Hermawanto (M 121 01 053). Sifat Mekanis Kayu Lamina pada Berbagai Proporsi Lapisan dan Ketebalannya dengan Kombinasi Bagian Dalam dan Luar Batang Kelapa (*Cocos nucifera* Linn). Di bawah Bimbingan Suhasman dan Andi Detti Yuniarti.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam dan luar yang meliputi keteguhan lentur, keteguhan tekan sejajar serat dan keteguhan rekat. Hasil penelitian ini dapat berguna sebagai bahan informasi mengenai pemanfaatan bagian dalam (lunak) kayu kelapa dalam pembuatan kayu lamina untuk bahan baku mebel dan bahan konstruksi bangunan dan juga untuk kepentingan penelitian lebih lanjut.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2007 sampai April 2008, yang dilakukan dalam dua tahap yaitu, pembuatan kayu lamina dan pengujian sifat mekanis. Pengujian dilakukan berdasarkan standar *Japanese Agricultural Standard (JAS)* tahun 2003 No. 234.

Nilai keteguhan tekan sejajar serat rata-rata berkisar antara 388,40 – 407,13 kg/cm². Nilai keteguhan patah (MOR) rata-rata untuk uji *flatwise* berkisar antara 808,45 – 1038,64 kg/cm². Nilai keteguhan patah (MOR) rata-rata untuk uji *edgewise* berkisar antara 819,37 – 1007,47 kg/cm². Nilai modulus elastisitas (MOE) rata-rata untuk uji *flatwise* berkisar antara 125.377,46 – 186.734,00 kg/cm². Nilai modulus elastisitas (MOE) rata-rata untuk uji *edgewise* berkisar antara 116.851,50 – 176.720,34 kg/cm².

Nilai keteguhan rekat rata-rata kayu lamina dari batang kelapa bagian luar-luar $34,924 \text{ kg/cm}^2$ dengan persen kerusakan 100 %, batang kelapa bagian luar-dalam $30,217 \text{ kg/cm}^2$ dengan persen kerusakan 97,4 % dan batang kelapa bagian dalam-dalam $29,208 \text{ kg/cm}^2$ dengan persen kerusakan 90,4 %.

Sifat mekanis batang kelapa bagian dalam meningkat melalui rekayasa laminasi dengan batang kelapa bagian luar pada setiap proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda. Secara umum proporsi lapisan/bilah batang kelapa bagian luar yang tinggi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingginya kekuatan mekanis dari kayu lamina. Jumlah lapisan/bilah yang banyak tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada tingginya nilai kekuatan mekanis dari kayu lamina yang dihasilkan. Proporsi tebal lapisan yang optimum adalah 2:6:2 untuk menghasilkan kayu lamina dengan keteguhan tekan sejajar serat, keteguhan patah (MOR) dan modulus elastisitas (MOE) yang relatif tinggi dari proporsi tebal dan jumlah lapisan lainnya.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena kasih dan penyertaan-Nya, maka proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Penyusunan skripsi dengan judul *Sifat Mekanis Kayu Lamina pada Berbagai Proporsi Lapisan dan Ketebalannya dengan Kombinasi Bagian Dalam dan Luar Batang Kelapa (Cocos nucifera Linn)* merupakan syarat untuk dapat menyelesaikan studi pada Program Studi Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. H. Muh. Restu, MP** selaku Dekan Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Suhasman, S.Hut., M.Si** dan Ibu **Andi Detti Yuniarti, S.Hut., MP** selaku pembimbing atas bimbingan dan kerja sama dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan skripsi ini.
3. Bapak **Ir. Bakri, M.Sc**, Bapak **Ir. Beta Putranto, M.Sc**, dan Ibu **Astuti Arif, S.Hut., M.Si** selaku penguji atas perbaikan dan arahan dalam penyempurnaan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Djamal Sanusi** selaku penasehat akademik penulis
5. Seluruh staf Dosen dan Pegawai Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin
6. Ayahanda **Ishak Sampe Pamarruan** dan Ibunda **Ruth Songga** serta adik-adik penulis, **Natalia P, Budianto P, Tirshalina P, Emildiana P, Yunita P, Yuriska Aprillia P**, serta seluruh seluruh keluarga, terima kasih atas cinta dan pengorbanan yang besar serta doa yang tulus pada penulis.

7. **Kanda-kanda senior, mahasiswa angkatan 2001; Benediktus, Muh. Ali, Andi Sappewali Baso, Muh. Ansar, Fadly T, Saputra, Arwan Amir, Misra, Mirta, Ode, M. Daud, S. Hut, Fate', Bayu,** serta teman-teman Fakultas Kehutanan, atas segala bantuan dan kerjasamanya.
8. Terkhusus buat **Darma Mustafa, S.Km** yang dengan cinta kasihnya telah mendampingi dan memberi semangat untuk penulis, terima kasih.
9. Orang-orang yang pernah singgah di hati penulis, terima kasih atas cinta dan kasih sayangnya.
10. Saudaraku di Biro Khusus Pandu Alam dan Lingkungan Sylva Indonesia (pc) Unhas ; **Arianto, Johanes Manan, Firman Hidayat, Ayub, Tallo', Daniel, Talebe, Wulan, Maria, Janna, Wawa, Ulfi** dan seluruh **Warga BK.PAL** lainnya, terima kasih atas perhatiannya.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan perbaikan sangat diharapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, dan semoga bantuan serta jasa baik dari semua pihak mendapat berkat dari Tuhan.

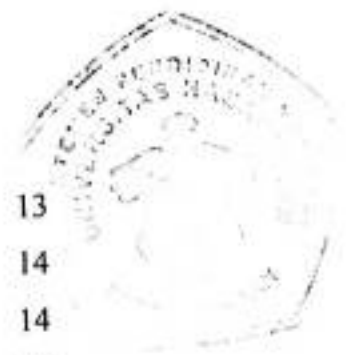
AMIN

Makassar, Juli 2008

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gambaran Umum Batang Kelapa	4
B. Kayu Lamina	5
C. Sifat Mekanis	6
1. Keteguhan Lentur	7
2. Keteguhan Tekan Sejajar Serat	8
3. Keteguhan Geser	9
D. Proses Pembuatan Kayu Lamina	10
1. Pemilihan dan Persiapan Kayu	10
a. Jenis dan Kualitas Kayu	10
b. Tebal Lapisan	11
c. Jumlah Lapisan	11
d. Kadar Air	11
e. Penyimpanan Kayu	12
f. Pemesinan	12



2. Pelaburan Perekat	13
3. Penyusunan Lapisan	14
4. Pengempaan	14
5. Perekat	15

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat	17
B. Alat dan Bahan	17
C. Prosedur Kerja	18
1. Pembuatan Kayu Lamina	18
2. Pembuatan Contoh Uji	22
3. Pelaksanaan Pengujian	24
4. Rancangan Percobaan	27

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air dan Berat Jenis	30
B. Kayu Lamina Campuran Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar.....	33
a. Keteguhan Tekan Sejajar Serat.....	33
b. Keteguhan Patah/ <i>Modulus of Rupture</i> (MOR).....	35
c. Modulus Elastisitas (MOE)	44
d. Keteguhan Rekat dan Persentase Kerusakan	51
C. Karakteristik Kayu Lamina	54

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	58
B. Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Proporsi Tebal Lapisan Kayu Lamina untuk Uji Keteguhan Lentur dan Keteguhan Tekan Sejajar Serat	21
2.	Proporsi Tebal Lapisan Kayu Lamina untuk Uji Keteguhan Geser .	22
3.	Contoh Uji Keteguhan Tekan Sejajar Serat	22
4.	Contoh Uji <i>Flatwise</i> untuk Keteguhan Patah (MOR) dan Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina	23
5.	Contoh Uji <i>Edgewise</i> untuk Keteguhan Patah (MOR) dan Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina	23
6.	Contoh Uji Untuk Keteguhan Geser	24
7.	Nilai Rata-Rata Kadar Air Kering Udara Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar	30
8.	Nilai Rata-rata Berat Jenis Kering Udara Batang Bagian Dalam dan Luar Kayu Kelapa.....	32
9.	Nilai Rata-rata Keteguhan Tekan Sejajar Serat Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan dengan Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan yang Berbeda.....	33
10.	Nilai Rata-rata Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar dengan Beberapa Perlakuan pada Uji <i>Flatwise</i>	36
11.	Nilai Rata-rata Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Kelapa dari Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan pada Uji <i>Edgewise</i>	40
12.	Nilai Rata-rata Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Kelapa dari Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan pada Uji <i>Flatwise</i>	45

13.	Nilai Rata-rata Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Kelapa dari Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan pada Uji <i>Edgewise</i>	47
14.	Nilai Keteguhan Rekat (kg/cm^2) dan Persen Kerusakan Kayu pada Kayu Kelapa untuk Semua Perlakuan (%).....	51

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Proporsi Tebal Lapisan dan Jumlah lapisan terhadap MOR Uji <i>Flatwise</i>	37
2.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Proporsi Tebal Lapisan dan Jumlah Lapisan terhadap MOR <i>Edgewise</i>	42
3.	Hasil Uji Tukey Pengaruh Proporsi Tebal Lapisan dan Jumlah Lapisan terhadap MOE <i>Edgewise</i>	48
4.	Perbandingan Nilai Kekuatan Mekanis Kayu Lamina, Kayu Kelapa Utuh dan Standar Tahun 2003 No. 23	55

DAFTAR LAMPIRAN



No	Teks	Halaman
1.	Kadar Air Kering Udara (%) dan Berat Jenis Kering Udara Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar Sebagai Bahan Pembuatan Kayu Lamina.....	62
2.	Nilai Keteguhan Tekan Sejajar Serat Sampel Utuh Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar (kg/cm^2)	63
3.	Nilai Keteguhan Tekan Sejajar Serat Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan (kg/cm^2).....	64
4.	Analisis Ragam Keteguhan Tekan Sejajar Serat Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam.....	65
5.	Nilai Keteguhan Patah (MOR) Sampel Utuh Batang Kelapa Luar-Dalam (kg/cm^2)	66
6.	Nilai Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji <i>Flatwise</i> (kg/cm^2)	67
7.	Analisis Ragam Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji <i>Flatwise</i>	68
8.	Nilai Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji <i>Edgewise</i> (kg/cm^2)	69
9.	Analisis Ragam Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji <i>Edgewise</i>	70
10.	Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Sampel Utuh Batang Kelapa Luar-Dalam (kg/cm^2)	70
11.	Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji <i>Flatwise</i> (kg/cm^2).....	71
12.	Analisis Ragam Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji <i>Flatwise</i>	72

13. Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji <i>Edgewise</i> (kg/cm ²)	73
14. Analisis Ragam Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji <i>Edgewise</i>	74
15. Nilai Keteguhan Rekat (kg/cm ²) dan Persen Kerusakan Kayu (%) pada Kayu Lamina dari Batang Kelapa Dalam dan Luar	74
16. Analisis Ragam Nilai Keteguhan Rekat Kayu Lamina dari Batang Kelapa Dalam dan Luar.....	75

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Potensi batang kelapa di Indonesia cukup besar akan tetapi pemanfaatannya belum maksimal. Data Biro Pusat Statistik tahun 2002, terdapat 3,7 juta ha areal tanaman kelapa yang terdiri atas 94.900 ha perkebunan besar (2,7 %) dan 3,6 juta ha perkebunan rakyat (97,3 %) yang merupakan tanaman rakyat (Wardhani *et.al.*, 2006). Sementara data yang disajikan BAPPEDA (2005) menunjukkan bahwa di Sulawesi Selatan terdapat areal kelapa dalam (lokal) seluas 97.569 ha dan kelapa hibrida 18.524 ha.

Batang kelapa dapat digunakan sebagai bahan komplementer kayu karena ketersediaan kayu di Indonesia mengalami ketidakseimbangan yang diakibatkan oleh permintaan kayu dari tahun ke tahun terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Batang kelapa bagian dalam mempunyai kerapatan rendah hingga sedang kebanyakan dibuang karena memiliki kekuatan yang rendah (kekuatan lentur) yaitu $300 - 215 \text{ kg/cm}^2$. Menurut Arancon (1997) dalam Wardhani *et.al.* (2006), kerapatan kayu kelapa bagian dalam, tengah dan tepi masing-masing adalah $0,11 \text{ g/cm}^3$, $0,42 \text{ g/cm}^3$ dan $0,85 \text{ g/cm}^3$. Pemampatan merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan kayu kelapa bagian dalam sehingga dapat dijadikan sebagai bahan alternatif pengganti kayu konvensional yang sudah semakin berkurang.

Menurut Wardhani (1999), kayu lamina merupakan kayu yang dibuat melalui penyusunan kayu-kayu berdimensi sempit yang direkat dengan perekat paralel satu sama lainnya. Potongan-potongan kayu berdimensi kecil dapat dibuat kayu lamina dengan panjang, lebar dan tebal yang diinginkan yaitu dengan cara menyambung ujung-ujung papan dan merekatkan sisinya.

Kayu lamina lebih ekonomis terhadap pemanfaatan dan produksi dibanding dengan kayu utuh karena dapat dibuat dengan cara menggabungkan jenis kayu bermutu rendah dengan kayu bermutu tinggi. Kayu dengan kelas kuat yang lebih tinggi ditempatkan di bagian tepi yang menahan tegangan yang besar sedangkan kayu dengan mutu rendah ditempatkan di tengah, pada bagian yang akan menerima tegangan yang lebih kecil. Kombinasi kayu lamina dari batang kelapa disusun dengan menempatkan batang bagian dalam yang memiliki kerapatan rendah pada bagian tengah dan batang luar yang memiliki kerapatan tinggi ditempatkan pada bagian tepi.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka perlu diadakan penelitian mengenai sifat mekanis yang meliputi keteguhan lentur dan keteguhan tekan sejajar serat serta keteguhan rekat pada kayu lamina dari batang kelapa yang menggabungkan batang bagian dalam dan batang bagian luar, agar pengolahan dan pemanfaatan batang kelapa lebih maksimal.

B. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam dan luar yang meliputi keteguhan lentur, keteguhan tekan sejajar serat dan keteguhan rekat. Disamping itu hasil penelitian ini diharapkan juga dapat berguna sebagai bahan informasi mengenai pemanfaatan bagian dalam (lunak) kayu kelapa dalam pembuatan kayu lamina untuk bahan baku mebel dan bahan konstruksi bangunan dan juga untuk kepentingan penelitian lebih lanjut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gambaran Umum Batang Kelapa

Batang kelapa berbentuk silindris, dengan diameter pangkal bervariasi dari 22 – 30,5 cm. Penampang lintang batang terbagi menjadi 4 lapisan, yaitu lapisan paling luar setebal 0,5 cm adalah kulit, lapisan dalam adalah bagian perifer yang terbagi menjadi eksoperifer setebal 0,5 – 1 cm terdiri atas sejumlah besar jaringan serabut dan endoperifer setebal 4 – 8 cm yang sebagian besar terdiri atas sejumlah besar ikatan pembuluh sedangkan lapisan paling dalam adalah bagian sentral dimana antara 1.191,6 - 1.980,8 μm . Diameter serat batang berkisar antara 28,3 - 42,6 μm , tebal dinding serat bervariasi dari 5,2 - 13,8 μm (Sudarna, 1990)

Menurut Wardhani, dkk (2004), kandungan kimia batang kelapa meliputi zat ekstraktif yang larut dalam air panas 6,06 %, larut dalam alkohol benzena 5,11 %, larut dalam NaOH 1%, selulosa 31,95 %, lignin 30,99 %. Menurut Arancon (1997) dalam Wardhani, dkk (2006), kerapatan kayu kelapa bagian dalam, tengah, dan tepi masing-masing adalah 0,11 g/cm^3 , 0,42 g/cm^3 , 0,85 g/cm^3 .

Sifat mekanik batang kelapa semakin ke arah dalam menuju pusat atau hati (horizontal) dan atau semakin ke ujung (vertikal) kekerasan dan kekuatan serat semakin berkurang, keteguhan tekan dari ujung ke pangkal bagian luar berkisar antara 322 kg/cm^2 - 679 kg/cm^2 , bagian dalam 255 kg/cm^2 - 575 kg/cm^2 . Keteguhan lentur dari ujung ke pangkal bagian luar 1409 kg/cm^2 - 920 kg/cm^2 , bagian dalam 759 kg/cm^2 - 475 kg/cm^2 (Departemen Perindustrian, 1986).

Batang kelapa kualitas pertukangan (kelas I dan II) dapat digunakan untuk industri mebel eksotik, souvenir/benda seni, bahan bangunan rumah seperti dinding, kosen, dan tegel. Sedangkan sisa-sisa kayu dapat dimanfaatkan untuk *packing*, arang, *particle board*, dan *pulp* (Departemen Pertanian, 2007).

B. Kayu Lamina

Menurut Tsoumis (1991), kayu lamina dibuat dengan merekatkan dua atau lebih lapisan kayu dengan arah sejajar serat. Produk ini berbeda dengan kayu lapis dimana kayu lapis memiliki susunan vinir yang saling tegak lurus. Disamping itu kayu lamina juga tidak berbentuk panel sebagaimana halnya kayu lapis tetapi dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran sesuai tujuan penggunaannya. Kayu lamina dapat dibuat dari jenis, bentuk dan ukuran kayu yang berbeda, serta bervariasi dari kayu gergajian sampai vinir tipis.

Wardhani (1999) mengemukakan kayu lamina dapat juga dibuat dari potongan-potongan kayu yang kecil dengan cara menyambung ujung-ujung kayu dan merekatkan sisi-sisinya. Kayu lamina banyak digunakan untuk konstruksi bangunan seperti hanggar, aula, gedung olah raga, perabot rumah tangga dan alat-alat olah raga. Menurut Wibisono dan Prayitno (2004), dalam pembuatan papan lamina lebih memungkinkan diperolehnya dimensi baik panjang, lebar maupun tebal yang lebih besar dengan bentuk akhir yang diinginkan.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pembuatan kayu lamina adalah jenis kayu, kualitas kayu, ukuran kayu, kadar air kayu, dan pada keadaan tertentu diperlukan perlakuan pengawetan kayu. Keباikan dari kayu lamina adalah : (1) Menghasilkan ukuran dan bentuk yang beragam, (2) Meningkatkan

pemanfaatan kayu dengan pengurangan limbah karena limbah kayu yang berukuran kecil dapat dimanfaatkan, (3) Meningkatkan kekuatan kayu dengan cara pemilihan jenis kayu dan pemampatan yang tepat dalam lapisan, (4) Cacat pada kayu dapat dihilangkan, dan (5) Meningkatkan keawetan kayu, karena perlakuan pengawetan yang lebih baik pada setiap lapisan dan penempatan kayu yang lebih awet pada permukaan kayu lamina terluar (Tsoumis, 1991)

C. Sifat Mekanis

Kekuatan dan ketahanan terhadap perubahan bentuk suatu bahan disebut sebagai sifat-sifat mekanis. Ketahanan adalah kemampuan suatu bahan memikul beban atau gaya yang mengenainya. Ketahanan terhadap perubahan bentuk menentukan banyaknya bahan yang dimampatkan, terpuntir atau terlengkungkan oleh suatu bahan yang mengenainya. Sifat-sifat mekanis biasanya merupakan ciri-ciri terpenting produk-produk kayu yang akan digunakan untuk bahan bangunan gedung (Haygreen dan Bowyer, 1989).

Dumanauw (1990) mengemukakan sifat-sifat mekanis atau kekuatan kayu adalah kemampuan menahan beban dari luar. Beban dari luar adalah gaya-gaya diluar benda yang mempunyai kecenderungan untuk mengubah bentuk dan besarnya benda. Kekuatan kayu memegang suatu peranan dalam penggunaan kayu untuk bangunan, perkakas dan penggunaan lainnya. Hakikatnya hampir pada semua penggunaan kayu membutuhkan syarat kekuatan, yang dapat dibedakan dalam beberapa macam kekuatan yaitu keteguhan lentur (lengkung), keteguhan tekan, keteguhan geser, keteguhan pukul dan keteguhan tarik. Keteguhan lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha

melengkungkan kayu untuk menahan beban-beban mati maupun hidup selain beban pukulan yang harus dipikul oleh kayu tersebut. Dalam menentukan keteguhan lentur kayu pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian keteguhan lentur statis dimana beban yang akan mengenai kayu secara perlahan-lahan.

Dumanauw (1990) mengemukakan keteguhan tekan suatu jenis kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan muatan jika kayu itu diberikan beban tertentu. keteguhan tekan dibedakan dua macam berdasarkan arah gaya luar yang bekerja pada kayu, yaitu keteguhan tekan tegak lurus serat dan keteguhan tekan sejajar serat. Haygreen dan Bowyer (1989), mengemukakan keteguhan tekan sejajar serat penting untuk menentukan beban yang dapat dipikul suatu tiang atau pancang yang pendek, sedangkan keteguhan tekan tegak lurus serat penting dalam rancangan sambungan-sambungan antara kayu dalam suatu bangunan dan pada penyangga gelagar.

1. Keteguhan Lentur

Keteguhan lentur ialah kekuatan kayu untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban-beban mati maupun hidup selain beban pukulan yang harus dipikul kayu. Dalam menentukan keteguhan lentur kayu, pengujian yang dilakukan adalah pengujian keteguhan lentur statis. Beban yang diberikan pada pengujian ini akan mengenai kayu secara perlahan-lahan (Dumanauw, 1990).

Sifat mekanis kayu ditentukan dari ketahanan kayu untuk menahan gaya dari luar yang cenderung mengubah bentuk kayu. Adanya pengaruh gaya-gaya dari luar yang menimbulkan adanya tegangan pada kayu. Tegangan tersebut

cenderung mengubah bentuk dan ukuran kayu. Perubahan ini disebut dengan deformasi. Berbeda dengan logam dan bahan lain dengan struktur yang homogen, kayu menunjukkan sifat mekanis yang berbeda menurut perbedaan arah pertumbuhannya (radial, aksial, dan tangensial) oleh karena itu disebut mekanik anisotropik (Tsoumis, 1991)

2. Keteguhan Tekan Sejajar Serat

Tegangan tekan adalah tegangan normal yang mendorong bidang potongan. Selanjutnya dijelaskan bahwa intensitas gaya yang tegak lurus terhadap bidang potongan disebut tegangan normal. Keteguhan tekan suatu jenis kayu didefinisikan sebagai kekuatan kayu menahan gaya normal yang berusaha memanfaatkannya. Dalam hal ini dibedakan dua macam, keteguhan tekan yaitu, keteguhan tekan tegak lurus serat dan keteguhan tekan sejajar serat (Popov, 1991). Selanjutnya Dumanauw (1990) menyatakan keteguhan tekan suatu jenis kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan muatan jika kayu itu diberikan beban tertentu. Keteguhan tekan tegak dibedakan dua macam berdasarkan arah gaya luar yang bekerja pada kayu, yaitu keteguhan tekan tegak lurus serat dan keteguhan tekan sejajar serat.

Haygreen dan Bowyer (1989) mengemukakan keteguhan tekan sejajar serat penting untuk menentukan beban yang dapat dipikul suatu tiang atau pancang yang pendek, sedangkan keteguhan tekan tegak lurus serat penting dalam rancangan sambungan-sambungan antara kayu dalam suatu bangunan dan pada penyangga gelagar. Keteguhan tekan pada kayu berbeda jika pembebanan

dilakukan sejajar serat dan tegak lurus serat. Perbandingan keteguhan tekan sejajar serat, besarnya hingga lima belas kali lebih besar, dibandingkan keteguhan tekan tegak lurus serat (Tsoumis 1991).

3. Keteguhan Geser

Haygreen dan Bowyer (1989) mengemukakan keteguhan geser berbeda dengan keteguhan tarik atau tekan dalam hal ini bahwa keteguhan geser cenderung membuat satu bagian bahan bergeser terhadap bagian di sebelahnya. Keteguhan geser sejajar serat jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan keteguhan geser melintang serat. Keteguhan geser penting dalam merancang sambungan-sambungan antar unsur-unsur struktural suatu bangunan.

Keteguhan geser umumnya ditentukan dengan menggunakan uji keteguhan geser untuk menghitung besarnya keteguhan rekat geser dan proporsi kerusakan kayu adalah persentase dari permukaan kayu yang rusak dengan bagian kayu yang saling berhimpit yang dilaburi perekat. Produk kayu lamina untuk struktur eksterior bangunan, rata-rata kerusakan kayu sebaiknya tidak kurang dari 75% (Tsoumis, 1991). Sedangkan menurut Filler, *et.al.* (1993) dalam Wardhani (1999) menyatakan bahwa keteguhan rekat bukan hanya dipengaruhi oleh kerapatan kayu tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kandungan zat ekstraktif, struktur anatomi kayu, kondisi perekatan dan sebagainya. Selain itu kandungan kimia kayu merupakan satu faktor yang mempengaruhi kualitas perekatan.

D. Proses Pembuatan Kayu Lamina

1. Pemilihan dan persiapan kayu

Tsoumis (1991) mengemukakan proses pembuatan kayu lamina dimulai dengan persiapan kayu, selanjutnya dilakukan pemesinan (*machining*), pelaburan perekat, penyusunan lapisan, pengempaan dan proses akhir berupa penyesuaian ukuran. Faktor-faktor yang penting dalam menghasilkan kayu lamina adalah jenis dan kualitas kayu, ukuran kayu, kadar air dan pada keadaan tertentu diperlukan perlakuan pengawetan kayu.

a. Jenis dan Kualitas Kayu

Jenis kayu untuk bahan kayu lamina dapat berbeda-beda tergantung ketersediaan kayu dan tujuan penggunaannya. Secara teoritis, jenis kayu apa saja dapat digunakan jika kayu tersebut dapat disesuaikan dengan proses pembuatan dan syarat-syarat produk lamina. Kombinasi jenis kayu juga dimungkinkan. Dalam hal ini dipilih yang memiliki kesamaan sifat terutama pengembangan dan penyusutan. Kualitas kayu lamina dipengaruhi oleh adanya cacat kayu berupa mata kayu dan serat miring. Cacat kayu seperti mata kayu dan kantong resin mempunyai pengaruh merugikan terhadap perekatan. Pembuatan kayu lamina juga membutuhkan kayu berserat lurus dan tanpa cacat. Kayu teras sebaiknya digunakan pada konstruksi yang tidak terlindung dari cuaca (Tsoumis, 1991).

b. Tebal Lapisan

Ketebalan lapisan adalah salah satu faktor yang sangat penting dalam pembuatan kayu lamina. Dengan memperhatikan dimensi kayu lamina, ketebalan lapisan dapat mencapai 5 cm. Ketebalan lapisan mempengaruhi proses pengeringan kayu, biaya produksi lapisan, limbah kayu dan kuantitas perekatan. Kayu lamina memerlukan ketebalan yang seragam karena mempengaruhi proses pengempaan dan perekatan (Tsoumis, 1991).

c. Jumlah Lapisan

Abdurahman dan Hadjib (2005) mengemukakan jumlah lapisan berpengaruh nyata terhadap kerapatan balok lamina. Semakin banyak jumlah lapisan yang digunakan maka makin tinggi kerapatannya, penambahan berat serta nilai kekakuan dan kekuatannya akan bertambah. Hal ini disebabkan karena pengaruh adanya penambahan perekat yang akan menambah besar balok lamina dengan dimensi yang sama. Kekuatan lentur dan kekakuan lentur balok lamina 5 lapis lebih tinggi dari balok lamina 3 lapis disebabkan oleh pengaruh jumlah lapisan penyusun balok lamina.

d. Kadar Air

Menurut Kollmann, *et.al.* (1975), kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas perekatan. Kadar air yang tinggi akan menghalangi masuknya perekat ke dalam rongga dan sel kayu sehingga keteguhan rekatnya akan menurun. Sebaliknya, bila kadar air terlalu rendah, maka konsumsi perekat perekatan tinggi dan garis rekat akan menjadi tebal. Garis rekat yang tebal juga akan menurunkan keteguhan rekat.

Kayu lamina yang direkat tanpa perlakuan suhu tinggi saat pengempaan, kadar airnya sebaiknya tidak lebih dari 15 % atau antara 8 % - 15 %. Perbedaan kadar air antar lapisan yang berdekatan sebaiknya tidak lebih besar dari 3 % dan antar semua lapisan dalam kayu lamina tidak lebih dari 5 %. Pencegahan awal ini diperlukan untuk menghindari tegangan yang berlebihan, dengan adanya pengembangan dan penyusutan, yang dapat mengakibatkan kerusakan pada sambungan kayu lamina (Tsoumis, 1991). Menurut Hartomo, *et.al.* (1992), kandungan air merupakan penghalang perekatan kayu. Bila kadar air kayu tinggi maka perekatannya akan jelek.

e. Penyimpanan Kayu

Kusumedi dan Misdarti (2004) mengemukakan papan yang telah dipotong dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ sehingga mencapai kadar air 6 – 10 %. Kemudian kayu tersebut dipilah untuk memperoleh warna kayu yang seragam dan bebas dari cacat. Selanjutnya ditumpuk rapi dalam ruangan yang sirkulasi udaranya baik agar kadar air seragam dan dapat dipertahankan sampai dilakukan perekatan.

f. Pemesinan

Pemesinan termasuk pengetaman, penghilangan cacat kayu dan pembuatan sambungan bagian ujung lapisan. Pengetaman dilakukan 2 – 3 hari sebelum perekatan. Tujuan pengetaman adalah untuk menghasilkan permukaan kayu yang halus dan tebal lapisan yang seragam serta untuk mengetahui adanya cacat kayu. Pada bagian yang terdapat cacat serius seperti mata kayu, pit, dan perubahan

warna kayu akibat mikroorganisme, dihilangkan dengan pemotongan. Persiapan penyambungan ujung dilakukan dengan mesin berbagai cara dan biasanya dengan finger jointing (Tsoumis, 1991)

Kusumedi dan Misdarti (2004) mengemukakan pembuatan papan sambung atau papan lamina memiliki kelebihan dan kelemahan yang sangat mendasar. Beberapa kelemahan papan lamina antara lain sering mengalami perubahan dimensi dan permukaan papan yang tidak rata. Kondisi yang mungkin dapat menyebabkan timbulnya kelemahan tersebut antara lain adanya perbedaan arah potongan papan dan adanya arah aksial kayu yang disambung.

2. Pelaburan Perekat

Menurut Kollmann, *et.al.* (1975), pelaburan yang tepat dilakukan dengan mendistribusikan cairan perekat dengan merata pada permukaan yang akan direkat. Permukaan yang akan direkat sebaiknya rata dan dipasangkan dengan tepat. Kondisi permukaan yang kasar, bergelombang dan tidak merata tidak memenuhi pelaburan perekat yang ekonomis. Pelaburan cairan perekat pada kedua permukaan dapat dilakukan dengan tangan atau mekanis. Peralatan pelaburan konvensional yang banyak digunakan dalam industri laminasi adalah *roll spreader*. Banyak metode yang dapat digunakan untuk permukaan papan dengan penggunaan perekat dapat dimasukkan melalui pelapis tirai (*curtain coating*), *Spraying*, *Brushing* dan *Ribbon spreading*.

Hartomo, *et.al.* (1992) menyatakan setelah permukaan yang akan direkatkan siap, perekatan perlu dipertimbangkan secara baik. Perekat harus disebar secara merata dengan tebal yang tepat. Faktor yang mempengaruhi

pelaburan perekat ialah sifat fisik perekat, bentuk dan dimensi permukaan, serta peralatan yang ada. Cara pelaburan perekat menggunakan kuas mudah, tetapi lambat. Menurut Tsoumis (1991), pelaburan perekat dapat juga dilakukan pada kedua permukaan lapisan. Perekat dilaburkan pada permukaan lapisan dengan menggunakan *roller spreaders*. Alat ini bekerja dengan sistim pelaburan ganda.

3. Penyusunan Lapisan

Penyusunan lapisan dilakukan setelah pelaburan perekat. Cara penyusunan tergantung produk lamina yang akan dihasilkan dan bentuk-bentuk bagiannya. Dihubungkan dengan metode penggunaan tekanan, penyusunan lapisan sebaiknya dilakukan dengan menggunakan kecepatan penyusunan tertentu, karena pada keadaan tertentu lamanya waktu yang ada antara pelaburan dan pengempaan ditentukan. Waktu penyusunan lapisan berbeda-beda tergantung jenis perekat, jenis kayu dan suhu saat penyusunan lapisan (Tsoumis, 1991).

4. Pengempaan

Sutigno (1991) mengemukakan faktor-faktor yang mempengaruhi proses perekatan adalah suhu, tekanan dan waktu pengempaan. Pada pengempaan panas suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan perekat kurang matang dan suhu terlalu tinggi menyebabkan perekat menjadi gosong. Tekanan yang terlalu rendah kurang baik karena penembusan perekat kurang dalam dan kontak antara permukaan yang direkat kurang rapat. Selain itu, tekanan yang terlalu tinggi menyebabkan banyak perekat yang keluar dari bidang perekatan. Menurut Hansen (1995) dalam Hamsah (1991), tekanan yang digunakan dalam pengempaan kayu lamina adalah 100 – 200 psi. Pengempaan yang dilakukan tidak boleh lebih dari

20 menit setelah pelaburan perekat jika kedua permukaan kayu diberi perekat, dan tidak lebih dari 15 menit jika pelaburan perekat hanya dilakukan pada satu permukaan saja.

Pengempaan kayu lamina dengan menggunakan klem. Klem diletakkan pada jarak yang berdekatan yaitu 25 – 50 cm, ditentukan berdasarkan ukuran kayu lamina dan ketebalan lapisan. Lama pengempaan berbeda berdasarkan perekat, jenis kayu, suhu dan ditentukan oleh pengalaman, penelitian, literatur dan petunjuk perusahaan pembuat perekat. Untuk pembuatan kayu lamina, besarnya tekanan yang dianjurkan (dengan klem) adalah 100 psi untuk kayu daun jarum dan 150 psi untuk kayu daun lebar (Tsoumis, 1991).

5. Perekat

Perekat adalah suatu bahan yang dapat menahan dua benda atau lebih berdasarkan ikatan permukaan. Bahan yang dapat digunakan sebagai perekat adalah bahan cair yang mampu membasahi permukaan dari suatu bahan padat dan dapat mengeras. Ikatan permukaan dapat terjadi apabila cairan perekat masuk ke dalam benda yang direkat kemudian mengeras dan adanya daya tarik menarik antara molekul-molekul perekat dengan molekul benda yang direkat (Sutigno, 1991).

Menurut Board and Engineers (1985), perekat epoxy merupakan perekat dari cairan dan padatan yang berisi kelompok *epoxyde* dan *hardener*. Ikatan perekat epoxy menunjukkan perbedaan sifat. Perekat ini mempunyai kekuatan yang sangat baik dan tahan lama dibawah banyak lingkungan. Bahan ini menunjukkan ketahanan jelek terhadap keton dan ester dan ada beberapa bentuk

yang tidak tahan terhadap minyak dan air panas. Sedangkan menurut Hartomo, *et.al.* (1992) menyatakan bahwa resin epoxy memiliki berbagai keunggulan sebagai bahan perekat dibandingkan dengan polimer-polimer lain, di antaranya: keaktifan permukaan tinggi, daya pembasahan baik, kekuatan kohesif tinggi dan tidak mengkerut.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2007 sampai April 2008, dengan lokasi pengambilan sampel batang kelapa di Kecamatan Bonggakaradeng, Kabupaten Tana Toraja. Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu, pembuatan kayu lamina dan pengujian sifat mekanis. Pembuatan kayu lamina dilakukan di Laboratorium Keteknikan dan Diversifikasi Produk Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, dan pengujian sifat mekanis kayu lamina dilaksanakan di UPTD PSDL (Unit Pelaksana Teknik Dinas Pemanfaatan Sumber Daya Lokal) Dinas Tata Ruang dan Pemukiman, Makassar.

B. Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin gergaji, mesin ketam, amplas, meteran, kaliper, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g, pisau dempul, klem, mesin pengujian universal (*Hydraulic Universal Wood Testing Machine Type MWE 40 A*), desikator, dan oven.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang kelapa yang sudah tidak produktif lagi (umur 50 puluh tahun keatas dan tingginya sekurang-kurangnya 16 meter) dan perekat epoxy.

C. Prosedur Kerja

1. Pembuatan Kayu Lamina

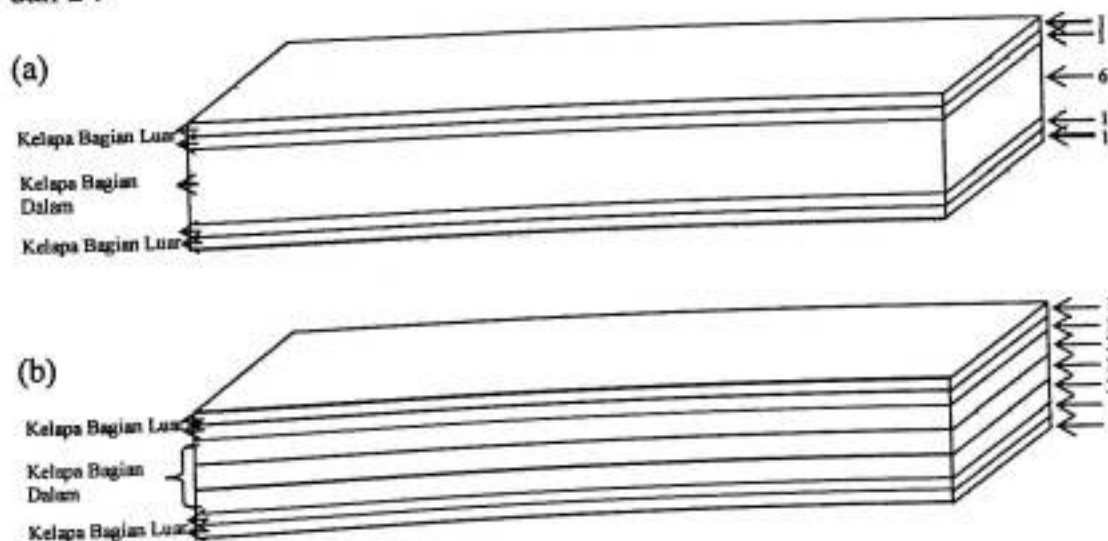
Kayu lamina yang dibuat terdiri atas 6 jenis lapisan dengan proporsi yang berbeda dari bagian dalam dan luar batang kelapa. Proporsi tebal lapisan yang digunakan untuk uji keteguhan lentur dan keteguhan tekan sejajar serat disajikan pada Gambar 1 dan untuk uji keteguhan geser dengan proporsi lapisan 1 : 1 disajikan pada Gambar 2. Prosedur pembuatan kayu lamina tersebut adalah sebagai berikut :

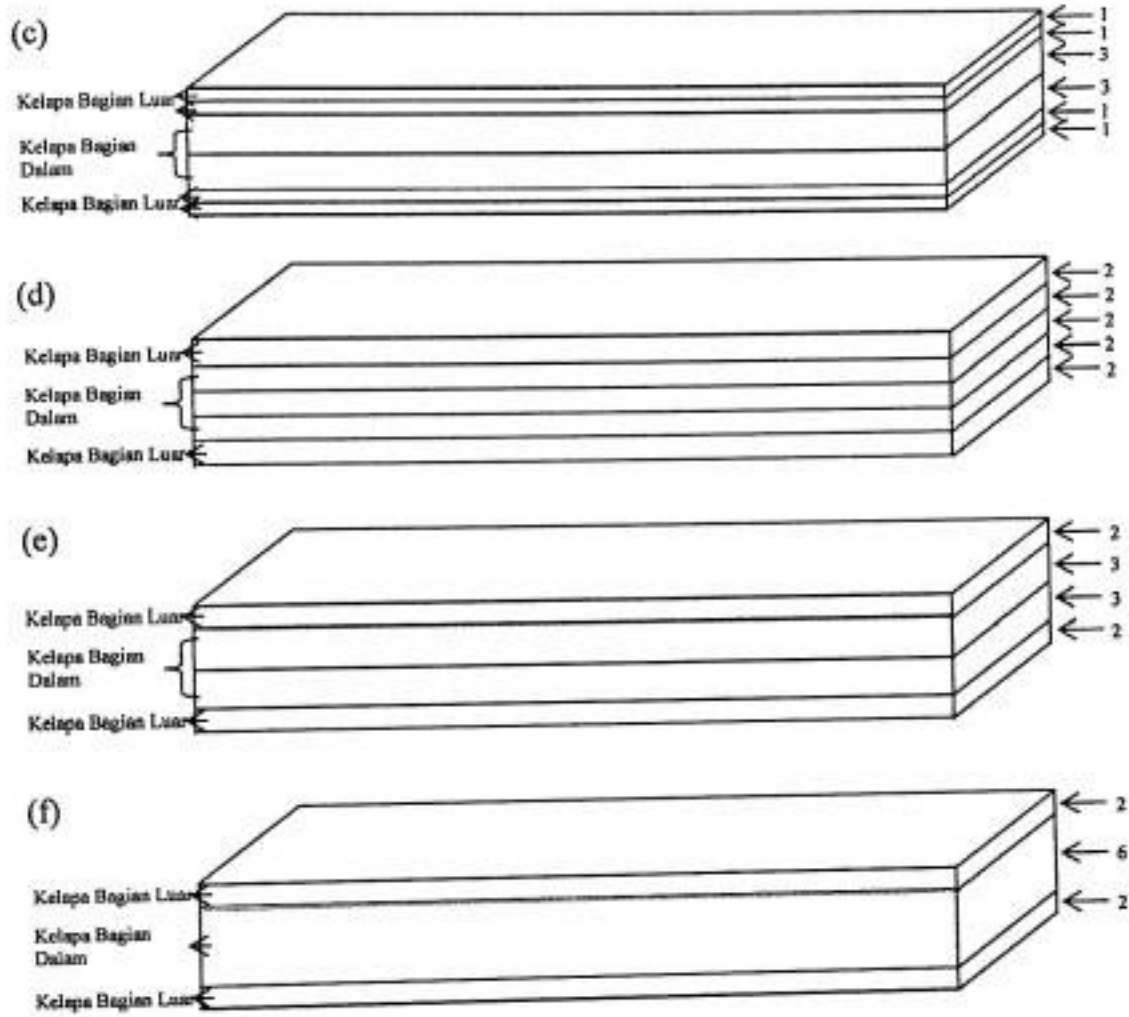
1. Batang kelapa yang telah ditebang dipotong/dibelah menjadi papan dan dipisahkan antara bagian dalam (lunak) dan luar (keras). Batang kelapa bagian dalam warnanya lebih cerah atau lebih muda dibandingkan dengan batang kelapa bagian luar yang warnanya gelap dan lebih tua
2. Mengeringudarkan papan batang kelapa dengan cara diangin-anginkan di dalam ruangan sampai beratnya konstan.
3. Mengukur kadar air batang kelapa bagian dalam dan luar dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 3cm, dengan cara mengeringtanurkan sampel batang kelapa bagian dalam dan luar dengan menggunakan oven pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, selanjutnya dikeluarkan dari oven lalu dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit lalu menimbang beratnya. Contoh uji selanjutnya dikeringkan lagi dalam oven dan ditimbang sampai beratnya konstan. Berat awal (BA) dan berat kering tanur (BKT) sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,01 g.

4. Menghitung kadar air sampel batang kelapa bagian dalam dan luar dengan rumus, $KA = ((BA - BKT) : BKT) \times 100 \%$.
5. Menghitung berat jenis sampel batang kelapa bagian dalam dan luar dengan rumus, $BJ = BKT/VKT$.
6. Membuat bilah batang kelapa bagian luar dengan ukuran panjang 35 cm, lebar 2 cm dan tebal 0,2 cm untuk lapisan luar kayu lamina sebanyak 180 lembar sedangkan untuk ketebalan 0,4 cm untuk lapisan luar kayu lamina sebanyak 90 lembar dan bilah batang kelapa bagian dalam dengan ukuran panjang 35 cm, lebar 2 cm, dan tebal 1,2 cm ; 0,6 cm ; 0,4 cm untuk lapisan tengah kayu lamina sebanyak 180 buah, dengan menggunakan mesin gergaji untuk contoh uji keteguhan lentur.
7. Membuat bilah batang kelapa bagian luar dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 2 cm dan tebal 0,2 cm untuk lapisan luar kayu lamina sebanyak 180 lembar sedangkan untuk ketebalan 0,4 cm untuk lapisan luar kayu lamina sebanyak 90 lembar dan bilah batang kelapa bagian dalam dengan ukuran panjang 35 cm, lebar 2 cm, dan tebal 1,2 cm ; 0,6 cm ; 0,4 cm untuk lapisan tengah kayu lamina sebanyak 180 buah, dengan menggunakan mesin gergaji untuk contoh uji keteguhan tekan sejajar serat.
8. Membuat bilah batang kelapa bagian dalam dan luar dengan ukuran 6 cm x 2 cm x 1 cm dengan menggunakan mesin gergaji untuk contoh uji keteguhan geser, masing-masing sebanyak 45 buah.
9. Mengamplas permukaan bilah batang kelapa yang akan direkatkan hingga halus.

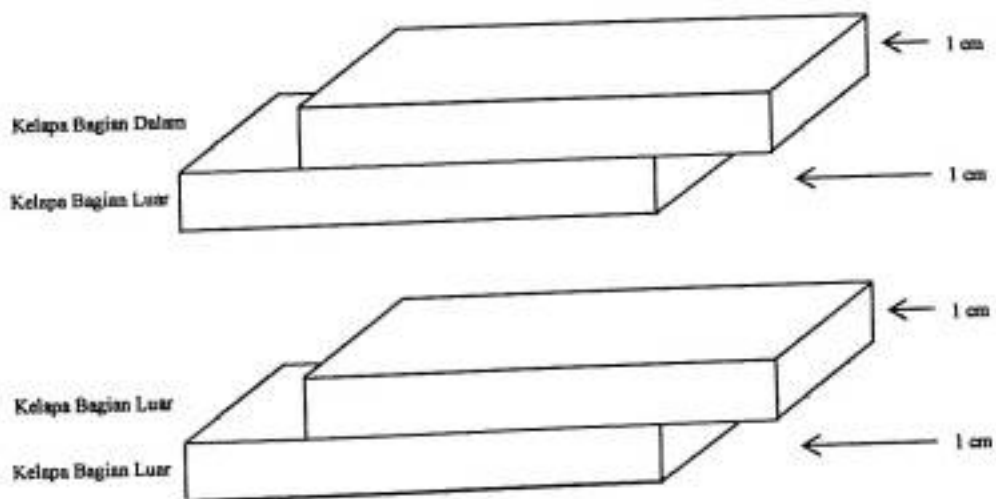
10. Mengukur panjang dan lebar bilah batang kelapa bagian dalam dengan menggunakan kaliper untuk menghitung luas permukaan yang akan dilaburi perekat.
11. Bilah (strip) kayu yang telah dibuat selanjutnya diampas sampai halus kemudian dilaburi dengan perekat dengan menggunakan kuas agar perekat tersebut rata di permukaan pada kedua sisi bilah kayu dengan berat labur 200 g/m^2 .
12. Setelah pelaburan perekat merata, setiap bilah atau lapisan-lapisan kayu direkatkan dengan lapisan kayu lainnya kemudian diklem sampai proses perekatan terjadi secara sempurna selama 24 jam.
13. Memotong kayu lamina sesuai dengan panjang yang ditentukan (berdasarkan standar JAS 2003 No. 234)
14. Kayu lamina yang sudah diklem kemudian diukur arah tebalnya dengan menggunakan kalipper untuk mendapatkan ketebalan aktual.

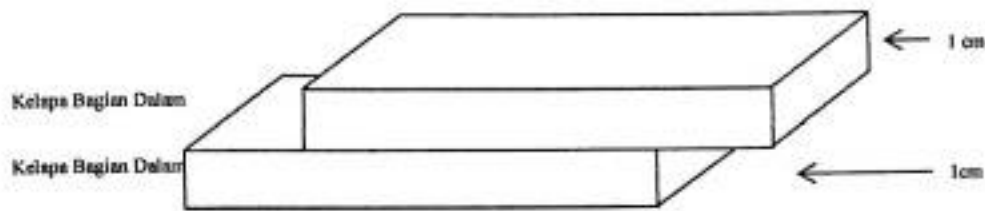
Untuk lebih jelasnya proporsi lapisan kayu lamina dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 :





Gambar 1. Proporsi Tebal Lapisan Kayu Lamina untuk Uji Keteguhan Lentur dan Keteguhan Tekan Sejajar Serat



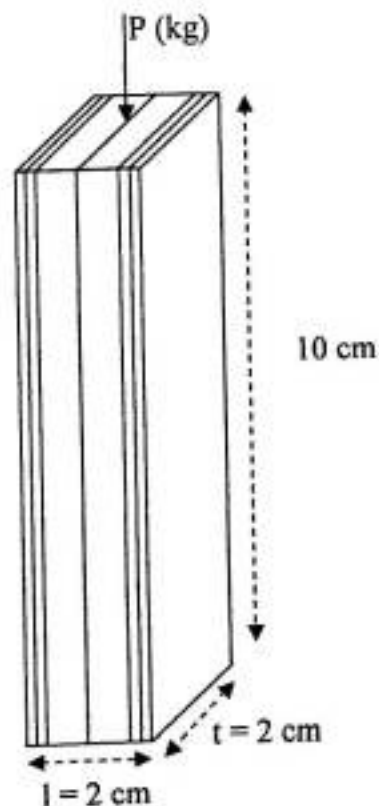


Gambar 2. Proporsi Tebal Lapisan Kayu Lamina untuk Uji Keteguhan Geser.

2. Pembuatan Contoh Uji

a. Keteguhan Tekan Sejajar Serat

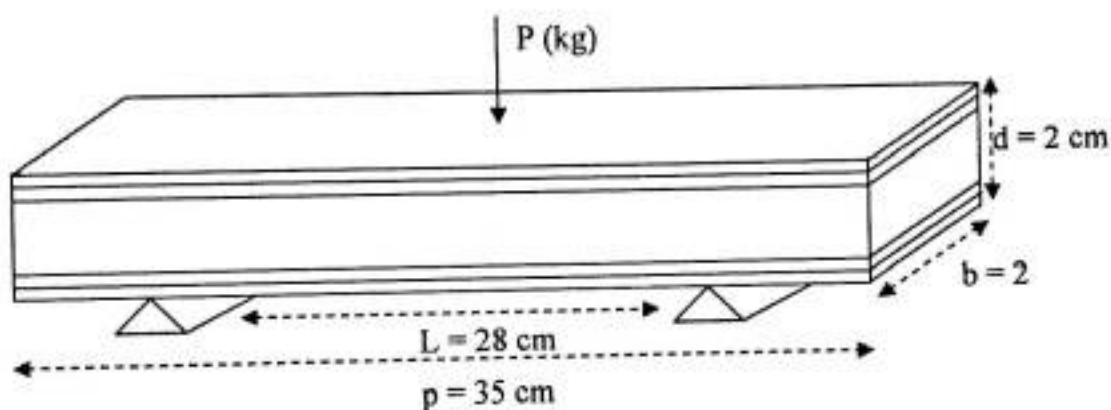
Contoh uji keteguhan tekan sejajar serat berukuran 10 cm x 2 cm x 2 cm. Ukuran contoh uji disesuaikan dengan mesin uji yang akan digunakan dan pengujian dilakukan berdasarkan standar JAS 2003 No. 234. Bentuk dan ukuran contoh uji dapat dilihat pada Gambar 3.



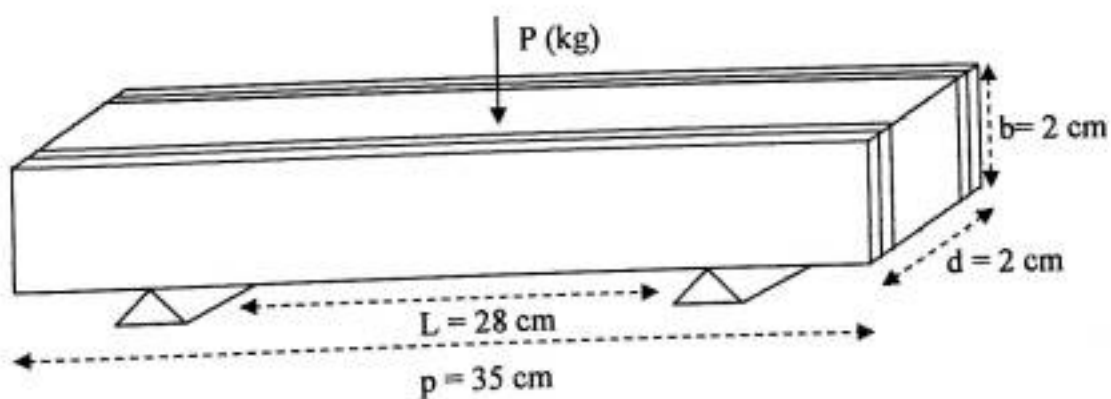
Gambar 3. Contoh Uji Keteguhan Tekan Sejajar Serat.

b. Keteguhan Lentur

Contoh uji yang akan digunakan pada pengujian keteguhan lentur berukuran 35 cm x 2 cm x 2 cm dengan jarak sanggah 28 cm. Ukuran contoh uji dan jarak sanggah yang dibuat disesuaikan dengan mesin uji yang akan digunakan dan pengujian dilakukan berdasarkan standar JAS 2003 No. 234. Bentuk dan ukuran contoh uji dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



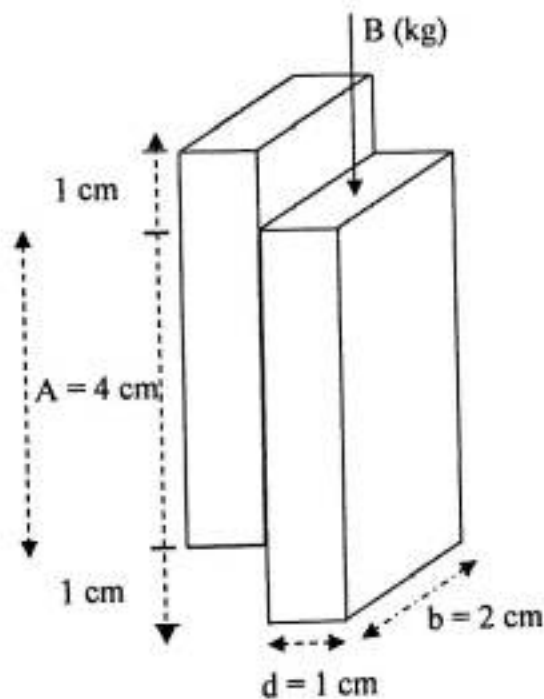
Gambar 4. Contoh Uji *Flatwise*



Gambar 5. Contoh Uji *Edgewise*

c. Keteguhan Geser

Keteguhan geser kayu lamina dilakukan dengan cara uji geser tekan sesuai dengan standar JAS 2003 No. 234. Untuk setiap sambungan kayu lamina dipotong menjadi dua bagian selanjutnya kedua ujung potongan dibuat takik. Bentuk dan ukuran contoh uji dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 . Contoh Uji Keteguhan Geser

3. Pelaksanaan Pengujian

Alat yang digunakan dalam pengujian sifat mekanis kayu lamina adalah *Universal Testing Machine* Tipe AW – 4 & 10. Pengujian dilakukan berdasarkan standar *JAS(Japanese Agricultural Standard)* 2003 No. 234.

a. Keteguhan Tekan sejajar Serat

Pengujian keteguhan tekan sejajar serat dilakukan dengan cara meletakkan contoh uji secara vertikal pada alat uji dan pembebanan terhadap contoh uji diberikan secara perlahan-lahan dari arah atas sampai mencapai beban maksimum atau contoh uji rusak. Besarnya nilai keteguhan tekan sejajar serat dapat dihitung dengan rumus :

$$C = \frac{P}{t \cdot l} \text{ kg / cm}^2$$

Dimana :

C = Keteguhan tekan

p = Beban maksimum (kg)

t = Tebal contoh uji (cm)

l = Lebar contoh uji (cm)

b. Keteguhan Lentur

Contoh uji diletakkan sedemikian rupa secara horizontal dengan jarak sanggah 28 cm sehingga beban yang mengenainya tepat pada titik tengah contoh uji. Kemudian dilakukan pembebanan secara perlahan-lahan oleh mesin pengujian sampai mencapai beban maksimum atau contoh uji menjadi rusak. Dari mesin pengujian diketahui defleksi yang terjadi dibaca pada grafik. Nilai keteguhan lentur kayu lamina yang dihitung dalam pengujian ini adalah :

1. MOE (*Modulus Of Elasticity*)

$$\text{MOE} = \frac{\Delta P.L^3}{48I.\Delta Y}$$

Keterangan :

ΔP = Beban pada batas proporsi (kg)

L = Jarak sanggah (cm)

I = Momen inersia $bd^3 / 12$ (cm⁴)

(b = lebar, d = tebal contoh uji)

Y = Defleksi pada batas proporsi

2. MOR (*Modulus Of Rupture*)

$$\text{MOR} = \frac{P.L}{4Z}$$

Keterangan :

P = Beban pada batas patah

L = Jarak sanggah (cm)

Z = Zection modulus = $bd^2/6$ (cm³)

(b = lebar, d = tebal contoh uji).

c. Keteguhan Geser

Pengujian Keteguhan geser kayu lamina dilakukan dengan cara uji geser tekan yang disesuaikan dengan standar JAS 2003 No. 234. Pengujian keteguhan rekat geser dilakukan sejajar arah serat, yaitu dengan cara meletakkan contoh uji secara vertikal pada alat pengujian. Beban diberikan secara perlahan-lahan sampai bagian contoh uji bergeser dari bagian lainnya. Nilai keteguhan rekat geser dan persen kerusakan kayu dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$KR = \frac{B}{A} \text{ kg/cm}^2$$

$$KR = \frac{k}{A} \times 100 \%$$

Dimana :

KR = Keteguhan Rekat

KK = Persen kerusakan kayu

A = Luas bidang geser (cm^2)

k = Luas kerusakan bidang geser (cm^2)

B = Beban maksimum (kg)

4. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan variasi proporsi lapisan sebagai perlakuan. Dalam penelitian ini dilakukan ulangan sebanyak 5 kali.

Proporsi lapisan yang digunakan terdiri atas 6 taraf yaitu :

L1 = 0,2 : 0,2 : 1,2 : 0,2 : 0,2 ; tebal lapisan bagian luar adalah 0,8 mm yang masing-masing terdiri atas 2 lapis dan tebal lapisan bagian dalam adalah 1,2 mm yang terdiri atas 1 lapis (1:1:6:1:1).

L2 = 0,2 : 0,2 : 0,4 : 0,4 : 0,4 : 0,2 : 0,2 ; tebal lapisan bagian luar adalah 0,8 mm yang masing-masing terdiri atas 2 lapis dan tebal lapisan bagian dalam 1,2 yang terdiri atas 3 lapis (1:1:2:2:2:1:1).

L3 = 0,2 : 0,2 : 0,6 : 0,6 : 0,2 : 0,2 ; tebal lapisan bagian luar adalah 0,8 mm yang masing-masing terdiri atas 2 lapis dan tebal lapisan bagian dalam 1,2 yang terdiri atas 2 lapis (1:1:3:3:1:1).

L4 = 0,4 : 0,4 : 0,4 : 0,4 : 0,4 ; tebal lapisan bagian luar adalah 0,8 mm yang masing-masing terdiri atas 1 lapis dan tebal lapisan bagian dalam 1,2 yang terdiri atas 2 lapis (2:2:2:2:2).

L5 = 0,4 : 0,6 : 0,6 : 0,4 ; tebal lapisan bagian luar adalah 0,8 mm yang masing-masing terdiri atas 1 lapis dan tebal lapisan bagian dalam 1,2 yang terdiri atas 2 lapis (2:3:3:2).

L6 = 0,4 : 1,2 : 0,4 ; tebal lapisan bagian luar adalah 0,8 mm yang masing-masing terdiri atas 1 lapis dan tebal lapisan bagian dalam 1,2 yang terdiri atas 1 lapis (2:6:2).

Menurut Gaspersz (1991), bahwa model matematis dari rancangan percobaan di atas adalah :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dimana :

Y_{ij} = Nilai pengamatan kekuatan mekanis kayu lamina pada satuan percobaan ke $-j$ yang memperoleh perlakuan ke $-i$

μ = Nilai tengah

τ_i = Pengaruh dari perlakuan ke $-i$

ε_{ij} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke $-i$ pada pengamatan ke $-j$

Untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing perlakuan maka dilakukan uji lanjut Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan rumus sebagai berikut :

$$W = Qa (pFe) Sy$$

Keterangan :

W = Nilai uji Tukey

Qa = Nilai tabel Tukey

P = Jumlah perlakuan

Fe = Derajat bebas galat

Sy = Galat baku nilai tengah ($Sy = (KTG/r)^{1/2}$)

(KTG = kuadrat nilai tengah galat ; r = jumlah ulangan)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar Air dan Berat Jenis

Besarnya nilai kadar air kering udara batang kelapa bagian dalam dan batang kelapa bagian luar yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1. Nilai kadar air berkisar antara 14,57 – 14,68 % dengan rata-rata 14,89 % untuk batang kelapa bagian dalam dan 13,12 – 14,95% dengan rata-rata 13,85 % untuk batang kelapa bagian luar. Nilai rata-rata kadar air kering udara batang kelapa bagian dalam dan batang kelapa bagian luar disajikan pada Gambar 7.

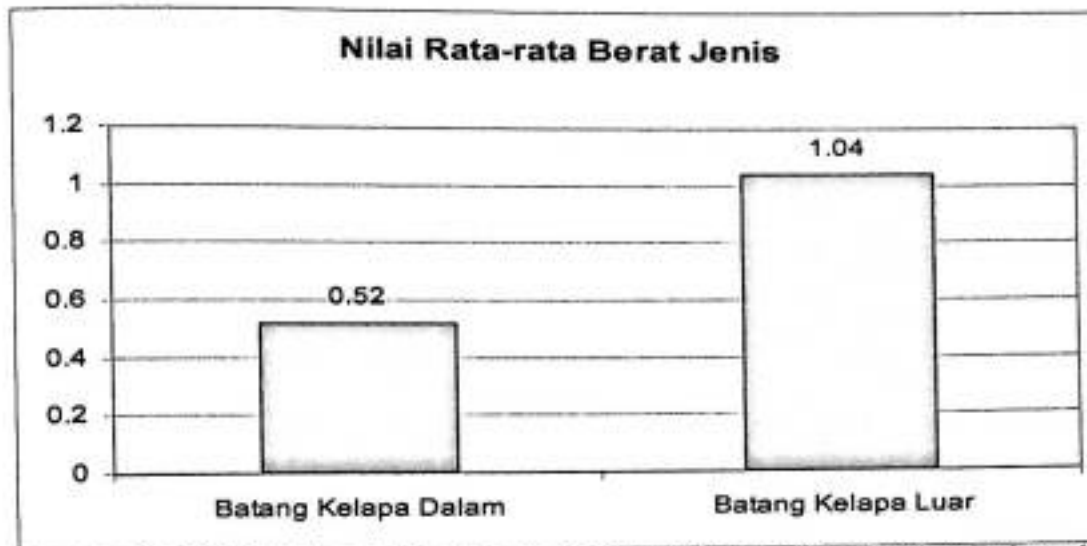


Gambar 7. Nilai Rata-Rata Kadar Air Kering Udara Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar.

Kadar air batang kelapa bagian dalam dan luar memenuhi persyaratan sebagai bahan kayu lamina. Menurut Tsoumis (1991), kayu lamina yang dikempa tanpa perlakuan suhu tinggi kadar airnya sebaiknya tidak lebih dari 15 % atau antara 8 % - 15 %. Kadar air kayu yang akan dibuat menjadi kayu lamina sangat mempengaruhi kekuatan rekat kayu yang dihasilkan.

Kollmann, *et.al.* (1975) mengemukakan kadar air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas perekatan. Kadar air yang tinggi akan menghalangi masuknya perekat ke dalam rongga dan dinding sel kayu sehingga keteguhan rekatnya akan menurun. Sebaliknya, bila kadar air terlalu rendah, maka konsumsi perekat tinggi dan garis rekat akan menjadi tebal. Garis rekat yang tebal juga akan menurunkan keteguhan rekat. Dalam penelitian ini kayu lamina dibuat dari kayu dalam kondisi kering udara dan dilakukan dengan proses pengempaan tanpa perlakuan panas, pengempaan dilakukan pada suhu ruang. Tsoumis (1991) menambahkan bahwa perbedaan kadar air antara lapisan sirekat tidak lebih besar dari 3 %. Perbedaan kadar air pada lapisan sirekat yang akan dibuat adalah sebesar 1,04 % untuk lamina batang kelapa bagian dalam dan luar. Dengan demikian kedua macam sirekat di atas memenuhi syarat untuk pembuatan kayu lamina. Sampel pembuatan kayu lamina diasumsikan memiliki kondisi kadar air yang sama untuk masing-masing kayunya.

Berat jenis batang kelapa bagian dalam berkisar antara 0,49 – 0,53 dengan rata-rata 0,52. Sedangkan berat jenis batang kelapa bagian luar berkisar antara 1,01- 1,11 dengan nilai rata-rata 1,04. Nilai rata-rata berat jenis batang kelapa bagian dalam dan luar disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai Rata-rata Berat Jenis Kering Udara Batang Bagian Dalam dan Luar Kayu Kelapa.

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata berat jenis batang kelapa bagian dalam dan luar sedikit berbeda dengan laporan Departemen Perindustrian (1986) bahwa berat jenis batang kelapa untuk jenis pohon kelapa dalam pada bagian pangkal dan tengah sepanjang tepi 0,91 – 0,98 dan bagian dalam 0,65 – 0,84. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh faktor tempat tumbuh dan usia tumbuh dari pohon kelapa yang sudah tua. Menurut Den Berger (1923) dalam Departemen Kehutanan (1981) tentang kelas kuat kayu berdasarkan berat jenis maka dapat diketahui bahwa batang kelapa bagian dalam tergolong kayu kelas III dan IV sedangkan batang kelapa bagian luar tergolong kayu kelas I.

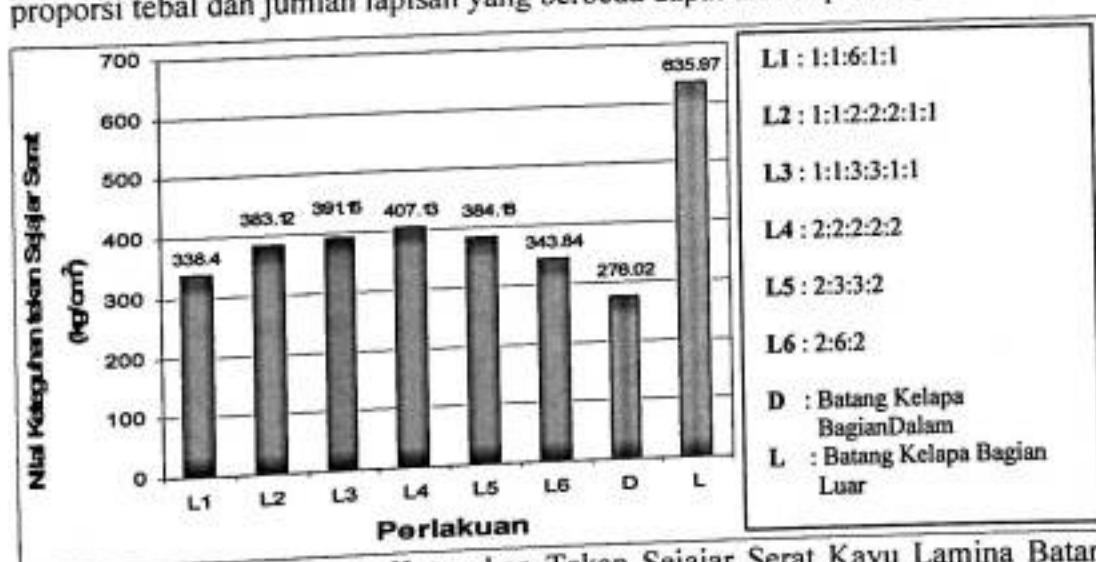
Berat jenis dapat digunakan sebagai pendugaan kekuatan kayu, semakin tinggi berat jenis maka semakin tinggi pula kekuatan kayunya. Haygreen dan Bowyer (1996) menyatakan bahwa ada kemungkinan untuk membuat pendugaan kekuatan kayu berdasarkan berat jenis tanpa memperhatikan jenis kayu. Berdasarkan nilai berat jenis antara batang kelapa bagian dalam dan luar tersebut, maka kedua bahan dapat dibuat kayu lamina dengan harapan laminasi kedua

bagian batang kelapa tersebut dapat menghasilkan bahan dengan sifat mekanis yang lebih baik atau kuat dibandingkan dengan batang kelapa bagian dalam utuh yang memiliki kelas kuat rendah.

B. Kayu Lamina Campuran Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar

a. Keteguhan Tekan Sejajar Serat

Hasil perhitungan keteguhan tekan sejajar serat batang kelapa bagian dalam utuh memiliki kisaran nilai 228,94 – 408,67 kg/cm² dengan rata-rata 276,02 kg/cm² dan batang kelapa bagian luar 562,98 – 733,85 kg/cm² dengan rata-rata 635,97 kg/cm² dapat dilihat pada Lampiran 2. Sedangkan nilai keteguhan tekan sejajar kayu lamina batang kelapa bagian dalam dan luar untuk semua perlakuan dengan tebal dan jumlah lapisan yang berbeda berkisar 300,10 – 517,16 kg/cm² dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis ragam pengaruh proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan terhadap keteguhan tekan sejajar serat dapat dilihat pada Lampiran 4. Nilai rata-rata keteguhan tekan sejajar serat dengan perlakuan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Nilai Rata-rata Keteguhan Tekan Sejajar Serat Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan dengan Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan yang Berbeda.

Pada Gambar 9 dapat diketahui bahwa pada setiap perlakuan kayu lamina dengan berbagai proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan menunjukkan kekuatan mekanis yang berbeda, di mana nilai rata-rata keteguhan tekan sejajar serat yang tertinggi berada pada perlakuan L4 dan terendah pada perlakuan L1. Nilai keteguhan tekan sejajar serat untuk kayu lamina L1 dan L6 lebih rendah jika dibandingkan dengan kayu lamina lainnya, hal ini disebabkan tingginya proporsi tebal batang kelapa bagian dalam dengan jumlah lapisan/bilah yang sedikit pada proporsi tebal *core* yang sama dengan jumlah lapisan/bilah yang berbeda. Berdasarkan nilai rata-rata keteguhan tekan sejajar serat dapat diketahui bahwa ada kecenderungan besarnya proporsi tebal lapisan bagian luar dengan jumlah lapisan yang sedikit akan menghasilkan nilai keteguhan tekan sejajar serat yang relatif tinggi dan lapisan batang kelapa bagian dalam yang jumlahnya sedikit dengan proporsi tebal yang tinggi akan menghasilkan nilai keteguhan tekan sejajar serat yang relatif rendah.

Hasil perhitungan keteguhan tekan sejajar serat kayu lamina menunjukkan bahwa tingginya proporsi tebal lapisan batang kelapa bagian luar dan jumlah bilah penyusun kayu lamina yang banyak memberikan nilai keteguhan tekan sejajar serat kayu lamina yang relatif tinggi. Hal ini disebabkan besarnya proporsi kayu kuat penyusun kayu lamina. Pada saat pengujian keteguhan tekan sejajar serat, sampel uji mengalami bengkok pada bagian ujung dan kerusakan garis rekat relatif kecil terjadi. Kerusakan garis rekat kebanyakan terjadi pada sampel dengan jumlah lapisan yang lebih banyak.

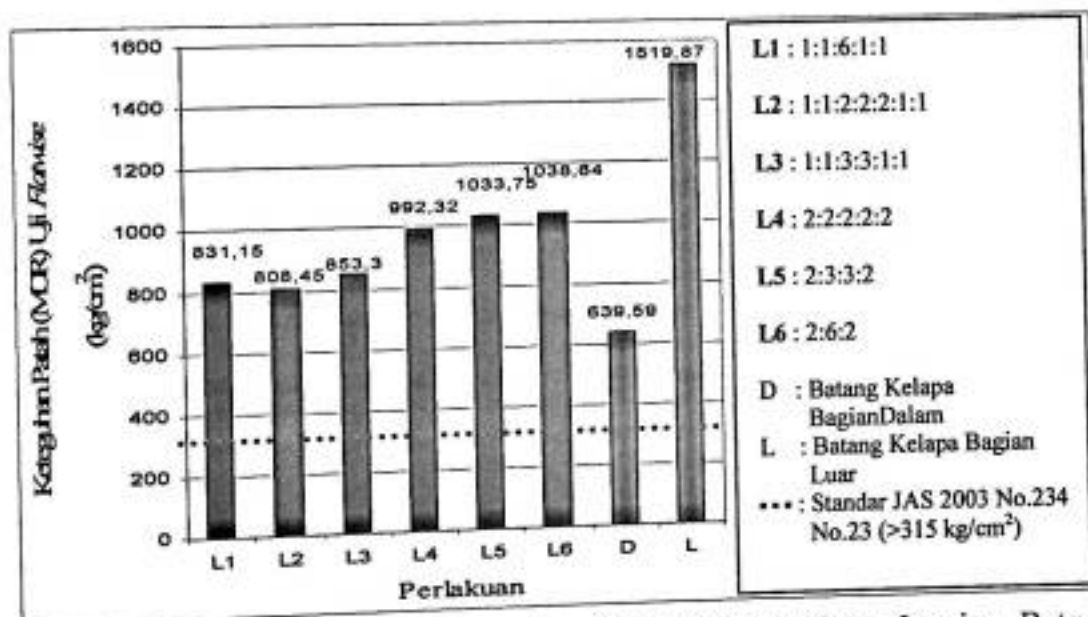
Hasil analisis ragam memberikan petunjuk bahwa semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda menghasilkan nilai keteguhan tekan sejajar serat yang berpengaruh tidak nyata pada $\alpha = 0,05$. Hal ini berarti bahwa semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda memiliki nilai keteguhan tekan sejajar serat relatif sama.

Kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam dan luar memiliki nilai kekuatan mekanis yang relatif sama untuk keteguhan tekan sejajar serat, hal ini berarti setiap perlakuan kayu lamina dari batang kelapa bagian luar dan dalam meskipun disusun dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda akan menghasilkan nilai keteguhan tekan sejajar serat yang sama. Sesuai dengan tujuan penelitian untuk pemanfaatan batang kelapa bagian dalam semaksimal mungkin dengan memperhitungkan efisiensi pemanfaatan kayu kuat (batang kelapa bagian luar) untuk meningkatkan kekuatan mekanis batang kelapa bagian dalam maka perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 sangat menguntungkan karena disamping proses produksinya (pengerjaannya) lebih gampang karena jumlah lapisan sedikit akan tetapi juga memiliki nilai keteguhan tekan sejajar serat yang relatif sama dengan perlakuan-perlakuan lainnya serta penggunaan perekat pada perlakuan ini lebih sedikit sehingga biaya produksi kayu lamina ini akan menjadi lebih murah.

b. Keteguhan Patah/*Modulus of Rupture* (MOR)

Hasil pengujian keteguhan patah (MOR) batang kelapa bagian dalam dan luar utuh dapat dilihat pada Lampiran 5 dengan kisaran nilai 420,13 – 835,00 kg/cm² dengan rata-rata 639,59 kg/cm² untuk batang kelapa bagian dalam utuh

dan 1163,35 – 1833,66 kg/cm² dengan rata-rata 1519,87 kg/cm² untuk batang bagian luar utuh sedangkan nilai keteguhan patah (MOR) kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam dan luar pada semua perlakuan dengan uji *flatwise* berkisar antara 639,57 – 1206,39 kg/cm² dan dapat dilihat pada Lampiran 6. Besarnya nilai rata-rata MOR kayu lamina dengan uji *flatwise* pada semua perlakuan dengan proporsi ketebalan dan jumlah lapisan yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 10. Adapun hasil analisis ragam pengaruh proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan terhadap MOR uji *flatwise* dapat dilihat pada Lampiran 7.



Gambar 10. Nilai Rata-rata Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar dengan Beberapa Perlakuan pada Uji *Flatwise*

Nilai rata-rata keteguhan patah (MOR) uji *flatwise* seperti terlihat pada Gambar 10 menunjukkan kayu lamina pada perlakuan L6 memiliki nilai MOR uji *flatwise* tertinggi dan yang terendah pada kayu lamina L2. Kayu lamina L4, L5, dan L6 memiliki nilai keteguhan patah (MOR) uji *flatwise* rata-rata tinggi jika dibandingkan dengan kayu lamina lainnya. Berdasarkan nilai rata-rata keteguhan

patah (MOR) uji *flatwise* dapat diketahui bahwa nilai keteguhan patah (MOR) cenderung semakin meningkat dengan proporsi tebal lapisan yang tinggi dengan jumlah bilah yang sedikit pada batang kelapa bagian luar dan berkurangnya jumlah bilah serta tingginya proporsi tebal bilah atau lapisan batang kelapa bagian dalam.

Hasil analisis ragam pada semua perlakuan menunjukkan bahwa proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan kayu lamina berpengaruh nyata pada α 0,05. Untuk mengetahui perbedaan di antara nilai rata-rata MOR *flatwise* pada semua perlakuan dengan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan yang berbeda dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji tukey, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Tukey Pengaruh Proporsi Tebal Lapisan dan Jumlah lapisan terhadap MOR Uji *Flatwise*


Proporsi Tebal Lapisan	Nilai Rata-rata MOR Uji <i>Flatwise</i> (kg/cm ²)	<u>BNJ</u> 223,93
L6	1038,6360	a
L5	1033,7480	a
L4	992,3160	ab
L3	853,3040	ab
L1	831,1440	ab
L2	808,4500	b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil uji tukey menunjukkan bahwa nilai rata-rata MOR uji *flatwise* pada perlakuan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda L6, L5, L4, L3 dan L1 memiliki nilai MOR uji *flatwise* yang relatif sama namun berbeda nyata dengan perlakuan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda L2. Hasil uji tukey menunjukkan bahwa perlakuan dengan proporsi tebal lapisan L2, L1, L3, dan L4 memiliki nilai keteguhan patah (MOR) yang relatif sama akan tetapi berbeda

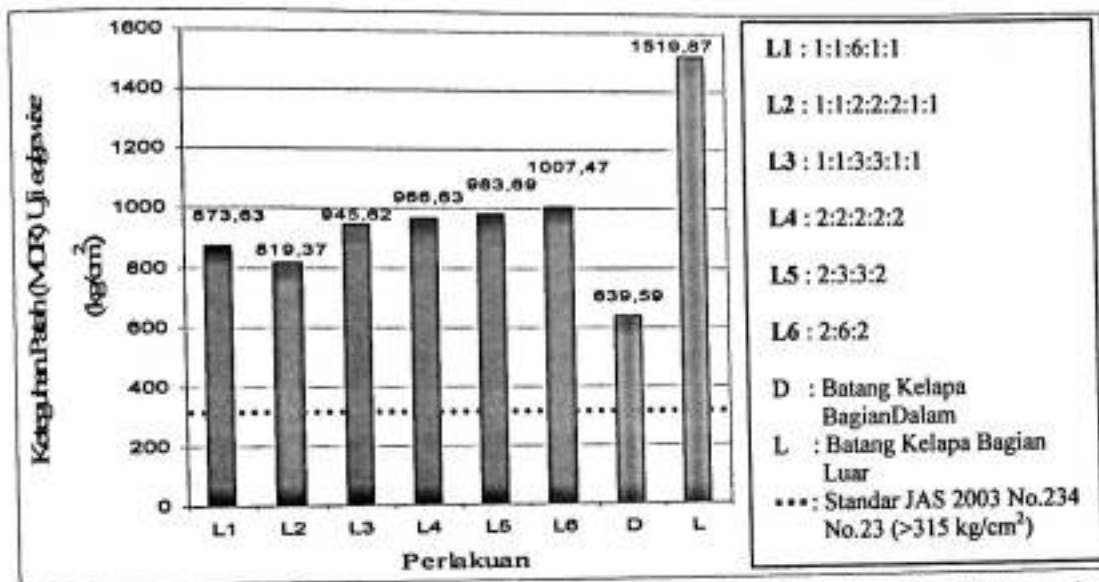
nyata dengan perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 dan L5. Perlakuan dengan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan yang berbeda L2 berbeda nyata dengan perlakuan kayu lamina L5 dan L6. Perlakuan kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam - luar dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda L6 memiliki nilai MOR yang tertinggi sedangkan yang terendah pada proporsi tebal lapisan L2. Perbedaan nilai kekuatan mekanis pada kayu lamina L6 dan L2 ini mungkin disebabkan oleh lapisan/bilah batang kelapa bagian luar penyusun kayu lamina yang masing-masing berbeda proporsi tebal dan jumlah lapisannya. Lapisan/bilah penyusun kayu lamina pada perlakuan L2 untuk *face* memiliki tebal 0,2 cm dengan 2 lapisan/bilah sedangkan kayu lamina pada perlakuan L6 untuk *face* memiliki tebal 0,4 cm dengan 1 lapisan/bilah.

Berdasarkan pengamatan tersebut maka dapat diketahui bahwa nilai MOR uji *flatwise* meningkat seiring dengan tingginya proporsi tebal lapisan batang kelapa bagian luar, fenomena ini juga dapat diketahui pada perlakuan L4, L5, L6 yang memiliki tebal lapisan batang kelapa bagian luar 0,4 cm dengan 1 lapisan/bilah. Dengan demikian ada kecenderungan bahwa besarnya proporsi tebal lapisan batang kelapa bagian luar dengan jumlah bilah yang sedikit dan *core* batang kelapa bagian dalam dengan proporsi tebal lapisan yang tinggi dengan jumlah bilah yang semakin sedikit akan menghasilkan nilai keteguhan patah (MOR) uji *flatwise* yang tinggi. Tingginya nilai keteguhan patah (MOR) uji *flatwise* dipengaruhi oleh perbedaan proporsi tebal dan jumlah lapisan batang kelapa bagian luar penyusun kayu lamina. Batang kelapa bagian luar memiliki berat jenis yang tinggi jika dibandingkan dengan batang kelapa bagian dalam



merupakan suatu indikasi bahwa batang kelapa bagian luar lebih kuat jika dibandingkan dengan batang kelapa bagian dalam. Lapisan batang kelapa bagian luar yang tebal pada kedua permukaan kayu lamina menghasilkan nilai MOR uji *flatwise* yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan proporsi tebal lapisan batang kelapa bagian luar yang lebih tipis dan jumlah lapisan yang banyak pada proporsi tebal lapisan yang sama untuk batang bagian luar. Pengamatan yang dilakukan pada saat pengujian sampel menunjukkan bahwa pada pengujian *flatwise* kerusakan sampel terjadi pada garis rekat terutama pada proporsi tebal dan jumlah lapisan L2 dan L3 bahkan pada beberapa sampel tidak terjadi kerusakan pada kayu melainkan garis rekatnya terbuka seperti pada kayu lamina L2 yaitu garis rekat antara batang kelapa bagian luar yang terdiri dari dua lapis. Sedangkan kerusakan berupa patah pada bagian tengah kayu lamina banyak terjadi pada perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L1 dan L6.

Hasil pengujian keteguhan patah (MOR) kayu lamina kelapa dari batang bagian dalam dan luar dengan uji *edgewise* memiliki kisaran nilai 733,72 – 1125,97 kg/cm², ini dilihat pada Lampiran 8, sedangkan hasil analisis ragamnya untuk semua perlakuan dengan proporsi ketebalan dan jumlah lapisan yang berbeda dapat dilihat pada Lampiran 9. Besarnya nilai rata-rata MOR uji *edgewise* kayu lamina pada semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Nilai Rata-rata Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Kelapa dari Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan pada Uji *Edgewise*.

Berdasarkan Gambar 11 dapat diketahui nilai rata-rata keteguhan patah (MOR) uji *edgewise* tertinggi terdapat pada kayu lamina L6 dan yang terendah pada kayu lamina L2. Hasil pengujian MOR uji *edgewise* menunjukkan bahwa nilai rata-rata MOR *edgewise* meningkat karena tingginya proporsi tebal bilah batang kelapa bagian luar dengan jumlah lapisan yang sedikit dan *core* batang kelapa bagian dalam yang tinggi dengan jumlah bilah yang semakin berkurang pada proporsi ketebalan yang sama akan tetapi berbeda jumlah lapisan atau bilah penyusun kayu lamina. Fenomena ini disebabkan oleh tingginya proporsi kayu kuat yang menempati permukaan kayu lamina. Kayu lamina yang dihasilkan lebih kuat dari pada kayu kelapa bagian dalam utuh dan lebih lemah jika dibandingkan dengan kayu kelapa bagian luar pada dimensi yang sama.

Hasil analisis ragam pada Lampiran 9 untuk semua perlakuan menunjukkan bahwa proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan berpengaruh nyata pada α 0,05. Untuk mengetahui perbedaan di antara nilai rata-rata MOR *edgewise*

pada semua perlakuan dengan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan yang berbeda maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji tukey, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Tukey Pengaruh Proporsi Tebal Lapisan dan Jumlah Lapisan terhadap MOR *Edgewise*

Proporsi Tebal Lapisan	Nilai Rata-rata MOR Uji <i>Edgewise</i> (kg/cm ²)	<u>BNJ (0,05)</u> 166,61
L6	1.007,4720	a
L5	983,6860	ab
L4	966,6240	ab
L3	945,6220	ab
L1	873,6280	ab
L2	819,3720	b

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil uji tukey menunjukkan bahwa MOR uji *edgewise* kayu lamina pada perlakuan dengan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan L6 tidak berbeda nyata dengan perlakuan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan L5, L4, L3 dan L1 dan berbeda nyata dengan perlakuan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan L2. Hal ini berarti bahwa kayu lamina dengan perlakuan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan L6, L5, L4, L3 dan L1 memiliki nilai MOR uji *edgewise* yang relatif sama akan tetapi berbeda nyata dengan nilai MOR *edgewise* kayu lamina dengan perlakuan proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan L2 begitupun juga sebaliknya kayu lamina pada perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L2, L1, L3, L4 dan L5 menunjukkan nilai MOR uji *edgewise* yang tidak berbeda nyata dengan kayu lamina pada perlakuan L6, yang berarti bahwa nilai keteguhan patah (MOR) pada kayu lamina L2, L1, L3, L4 dan L5 relatif sama namun berbeda nyata dengan kayu lamina pada perlakuan L6.

Dari hasil uji tukey di atas diketahui bahwa kayu lamina pada perlakuan L6 memiliki nilai keteguhan patah (MOR) yang berbeda nyata dengan kayu lamina pada perlakuan L2. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan jumlah lapisan batang kelapa bagian luar pada pada proporsi ketebalan yang sama untuk lapisan/bilah batang kelapa bagian luar penyusun kayu lamina. Jumlah lapisan/bilah batang kelapa bagian luar untuk kayu lamina pada perlakuan L6 hanya satu dengan tebal lapisan 0,4 cm sedangkan pada perlakuan L2 jumlah lapisan/bilah terdiri dari 2 lapis/bilah yang masing-masing ketebalannya 0,2 cm.

Berdasarkan hasil uji Tukey di atas dapat diketahui bahwa MOR uji *edgewise* kayu lamina semakin tinggi karena besarnya proporsi tebal lapisan batang kelapa bagian luar dengan jumlah lapisan yang sedikit dan *core* batang kelapa bagian dalam dengan bilah yang jumlahnya semakin sedikit pada proporsi ketebalan batang bagian dalam yang sama dengan jumlah lapisan yang berbeda. Nilai MOR uji *edgewise* tertinggi berada pada perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6. Hal ini berarti perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan-perlakuan lainnya dan juga jika ditinjau dari segi efisiensi pengerjaan dan konsumsi perekat yang digunakan sedikit sehingga mengurangi biaya produksi untuk pembelian perekat. Pengamatan yang dilakukan pada pengujian MOR uji *edgewise* menunjukkan bahwa pada pengujian ini, sampel uji mengalami patah pada bagian tengah dan kebanyakan tidak mengalami kerusakan pada garis rekat tidak terjadi. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan garis rekat yang mendapat tegangan kecil sehingga pada beban maksimum garis rekat contoh uji tidak rusak.

Hasil pengujian MOR kayu lamina secara *flatwise* dan *edgewise* dapat diketahui bahwa secara umum nilai MOR uji *edgewise* lebih tinggi dari pada nilai MOR uji *flatwise*. Hasil ini sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mustamin(2007), terhadap kayu lamina dari kelapa dengan batang bagian luar dan dalam dengan perekat epoxy menunjukkan bahwa keteguhan patah (MOR) pada kayu lamina tersebut pada uji *edgewise* lebih besar dibandingkan dengan uji *flatwise*.

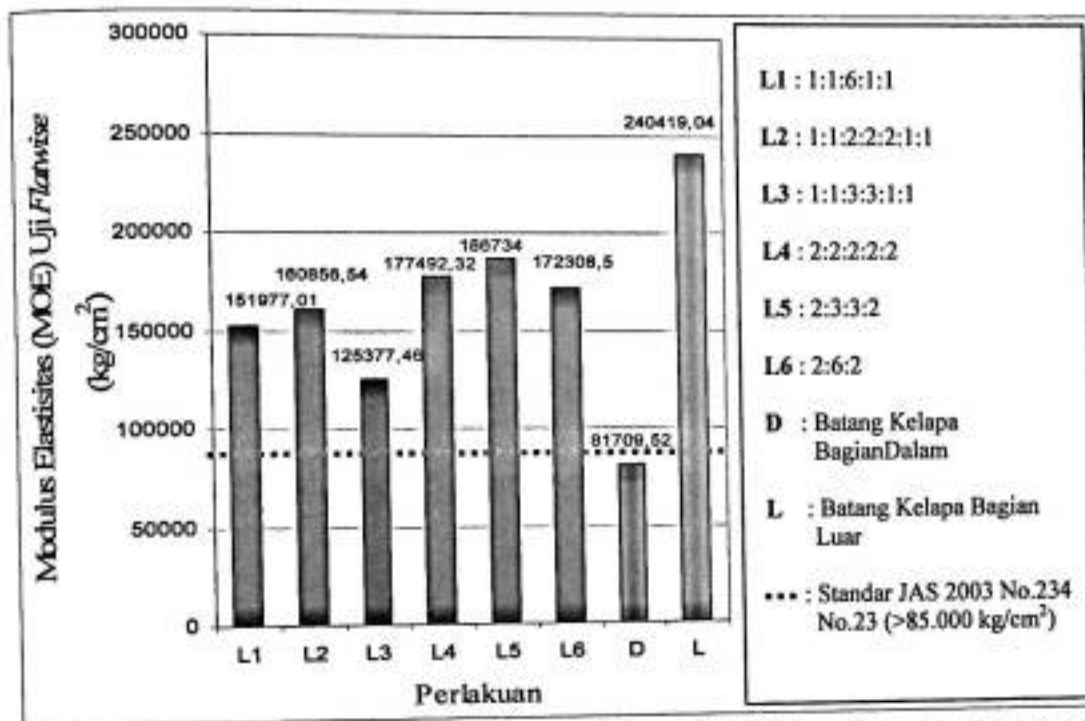
Kerusakan garis rekat pada kayu lamina *flatwise* lebih banyak jika dibandingkan dengan lamina *edgewise*. Nilai MOR pada sampel uji ini belum menggambarkan kekuatan kayu lamina yang sebenarnya. Nilai MOR *flatwise* lebih menggambarkan kekuatan garis rekat kayu lamina, karena bagian sample yang rusak kebanyakan pada garis rekatnya bukan pada kayu penyusun sampel uji, ini dikarenakan luasan perekat per bujur sangkar yang mendapat beban lebih besar, sehingga kekuatan yang dihasilkan lebih kecil. Untuk aplikasinya, sebaiknya menggunakan kayu lamina yang disusun secara *edgewise* karena pada kayu lamina yang disusun secara *edgewise*, luasan perekat per bujur sangkar yang mendapat beban lebih kecil, sehingga beban yang dapat dipikul lebih besar.

Dengan demikian penyusunan secara *edgewise* merupakan salah satu cara untuk memikul beban yang lebih besar. Secara umum kayu lamina dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 memiliki nilai keteguhan patah (MOR) yang tertinggi. Hal ini berarti kayu lamina yang dihasilkan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 lebih baik jika dibandingkan kayu lamina lainnya dengan perlakuan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda. Hal ini didasari oleh

faktor efisiensi pembuatan kayu lamina dan konsumsi perekat yang digunakan sedikit serta pemanfaatan batang kelapa bagian luar yang diperhitungkan untuk meningkatkan kekuatan batang kelapa bagian dalam.

c. Modulus Elastisitas (MOE)

Hasil pengujian modulus elastisitas (MOE) batang kelapa bagian dalam dan luar utuh dapat dilihat pada Lampiran 10 dengan kisaran nilai 42.648,58 – 103.849,50 kg/cm² dengan nilai rata-rata 81.709,52 kg/cm² untuk batang kelapa bagian dalam utuh dan 164.427,48 – 275.547,18 kg/cm² dengan nilai rata-rata 240.419,04 kg/cm² untuk batang kelapa bagian luar utuh sedangkan nilai MOE kayu lamina batang kelapa bagian dalam dan luar pada semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda dengan uji *flatwise* berkisar antara 107.365,90 – 236.259,10 kg/cm² dan dapat dilihat pada Lampiran 11. Besarnya nilai rata-rata MOE kayu lamina dengan uji *flatwise* pada semua perlakuan dengan ketebalan dan jumlah lapisan yang berbeda dilihat pada Gambar 12. Hasil analisis ragam pengaruh proporsi tebal lapisan dan jumlah lapisan terhadap MOR uji *flatwise* pada semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda dapat dilihat pada Lampiran 12.



Gambar 12. Nilai Rata-rata Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Kelapa dari Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan pada Uji *Flatwise*

Nilai rata-rata MOE uji *flatwise* seperti terlihat pada Gambar 10 menunjukkan nilai MOR rata-rata pada masing-masing perlakuan bervariasi dengan adanya proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda. Nilai rata-rata MOE tertinggi berada pada perlakuan atau kayu lamina L5 dan yang terendah berada pada perlakuan atau kayu lamina L6.

Berdasarkan hasil analisis ragam pada semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda menunjukkan bahwa pengaruh tebal dan jumlah lapisan yang berbeda berpengaruh tidak nyata pada taraf $\alpha = 0,05$ terhadap MOE uji *flatwise* kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam dan luar. Hal ini berarti bahwa semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda memiliki nilai MOE uji *flatwise* yang relatif sama. Nilai MOE tertinggi berada pada perlakuan L5 dan yang terendah pada perlakuan L3.

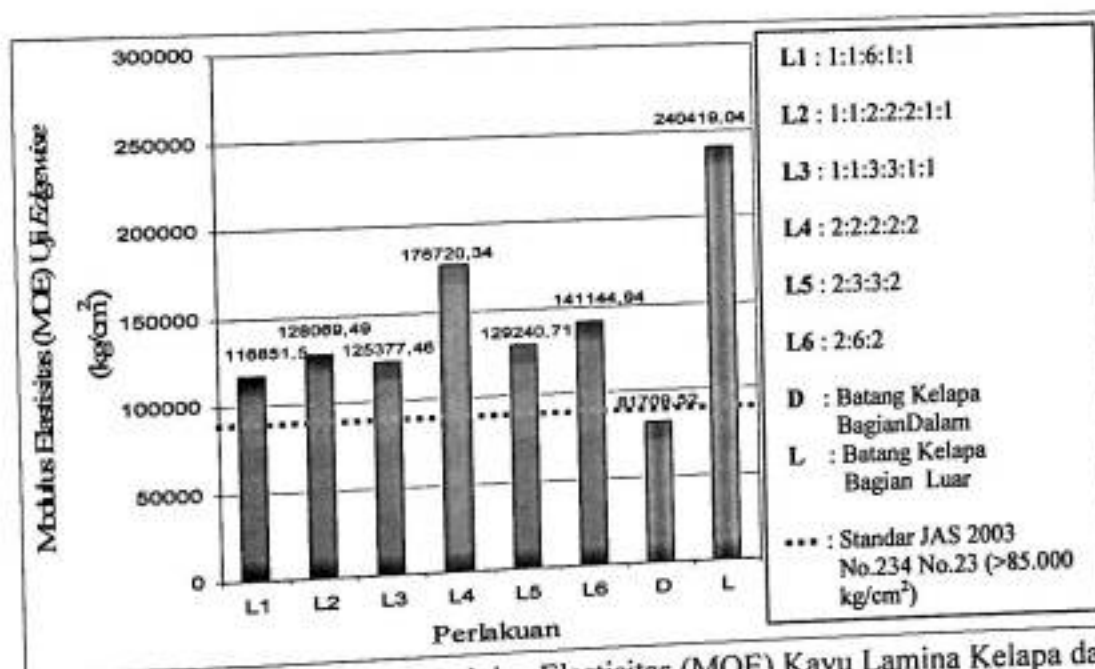
Berdasarkan Gambar 12 dapat diketahui bahwa perlakuan L4, L5, L6 memiliki nilai MOE uji *flatwise* yang relatif tinggi. Kayu lamina pada masing-masing perlakuan ini memiliki bilah/lapisan batang kelapa bagian luar yang terdiri dari satu bilah dengan tebal 0,4 cm sedangkan kayu lamina pada perlakuan L3 yang memiliki nilai MOE yang rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh bilah/lapisan batang kelapa bagian luar yang terdiri dari 2 lapis dengan tebal masing-masing bilah/lapisan 0,2 cm.

Dari pengamatan di atas dapat diketahui bahwa semakin besar proporsi tebal lapisan/bilah dan semakin sedikit jumlah lapisan/bilah batang kelapa bagian luar cenderung akan memiliki nilai MOE yang relatif tinggi serta *core* batang kelapa bagian dalam dengan proporsi tebal yang tinggi juga akan memberikan pengaruh nilai MOE uji *flatwise* yang tinggi. Nilai MOE menentukan tingkat kekakuan kayu lamina. Peningkatan proporsi tebal dan jumlah lapisan batang kelapa bagian luar yang diikuti dengan jumlah dan tebal lapisan batang kelapa bagian dalam yang berbeda-beda pada proporsi yang sama tidak berpengaruh terhadap MOE uji *flatwise* yang dihasilkan.

Berdasarkan Gambar 12 dapat juga diketahui bahwa nilai MOE uji *flatwise* kayu lamina batang kelapa bagian dalam-luar lebih besar jika dibandingkan dengan nilai MOE batang kelapa bagian dalam utuh. Hal ini disebabkan karena adanya fraksi kayu kuat yaitu batang kelapa bagian luar yang memiliki berat jenis lebih tinggi dari batang kelapa bagian dalam sehingga kekuatan mekanis kayu lamina lebih besar dari pada batang kelapa bagian dalam utuh pada dimensi yang sama. Dengan demikian tujuan pembuatan kayu lamina

telah tercapai, dimana sifat mekanis kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam-luar menjadi lebih baik atau lebih kuat jika dibandingkan dengan batang kelapa bagian dalam utuh.

Hasil Pengujian MOE untuk uji *edgewise* kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam dan luar pada semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda memiliki kisaran nilai 91.777,71 – 211.884,89 kg/cm² dan dapat dilihat pada Lampiran 13. Adapun hasil analisis ragam MOE uji *edgewise* pada semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda dapat dilihat pada Lampiran 14. Besarnya nilai rata-rata MOE uji *edgewise* kayu lamina pada semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Nilai Rata-rata Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Kelapa dari Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar untuk Semua Perlakuan pada Uji *Edgewise*.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda berpengaruh sangat nyata terhadap nilai modulus elastisitas (MOE) pada $\alpha = 0,01$. Untuk mengetahui

perbedaan di antara nilai rata-rata MOE uji *edgewise* akibat perlakuan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji *tukey*. Hasil uji *Tukey* untuk pengaruh tebal dan jumlah lapisan yang berbeda terhadap nilai MOE uji *Edgewise* untuk semua perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Tukey Pengaruh Proporsi Tebal Lapisan dan Jumlah Lapisan terhadap MOE *Edgewise*

Proporsi Tebal Lapisan	Nilai Rata-rata MOE Uji <i>Edgewise</i> (kg/cm ²)	<u>BNJ (0,01)</u> 40989,93
L4	176.720,3440	a
L6	141.144,9380	ab
L5	129.240,7120	b
L2	128.069,4860	b
L3	122.742,8360	b
L1	116.851,4940	b

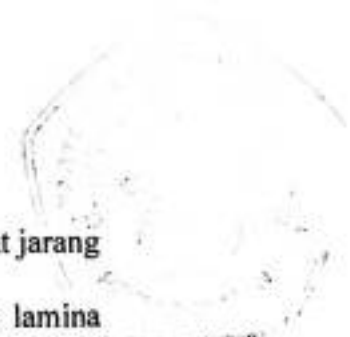
Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil uji *tukey* pada semua perlakuan dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda menunjukkan bahwa MOE uji *edgewise* pada proporsi tebal dan jumlah lapisan L4 tidak berbeda nyata dengan perlakuan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 akan tetapi berbeda nyata dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L1, L5, L2, dan L3. Hal ini berarti proporsi tebal dan jumlah lapisan L4, dan L6 memiliki nilai rata-rata MOE uji *edgewise* yang relatif sama. Proporsi tebal dan jumlah lapisan L1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan proporsi tebal dan jumlah lapisan L3, L2, L5 dan L6 tetapi berbeda nyata dengan perlakuan tebal dan jumlah lapisan L4. Hal ini berarti perlakuan tebal dan jumlah lapisan L1, L3, L2, L5 dan L6 memiliki kisaran nilai rata-rata MOE uji *edgewise* yang relatif sama. Kayu lamina pada perlakuan L4 menunjukkan bahwa nilai MOE *edgewise*

berbeda nyata dengan perlakuan L1. Nilai rata-rata MOE uji *edgewise* tertinggi dihasilkan oleh layu lamina dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L4 dan yang terendah pada proporsi tebal dan jumlah lapisan L1. Nilai MOE yang tinggi pada kayu lamina untuk perlakuan L4 mungkin disebabkan oleh proporsi batang kelapa bagian luar penyusun kayu lamina yang memiliki bilah/lapisan hanya 1 dengan ketebalan 0,4 cm sedangkan pada kayu lamina untuk perlakuan L1 terdiri dari 2 lapis/bilah batang kelapa bagian luar yang masing-masing ketebalannya 0,2 cm.

Hal ini berarti bahwa semakin sedikit jumlah lapisan/bilah batang kelapa bagian luar menunjukkan nilai MOE uji *edgewise* juga semakin tinggi pada proporsi ketebalan yang sama untuk batang kelapa bagian luar penyusun kayu lamina. Hasil uji *tukey* juga menunjukkan bahwa MOE uji *edgewise* kayu lamina akan menghasilkan nilai yang tinggi seiring dengan tingginya proporsi tebal lapisan/bilah batang kelapa bagian luar dengan ketebalan proporsi serta jumlah lapisan yang seragam. Nilai MOE juga akan meningkat seiring dengan tingginya proporsi tebal dari *core* batang kelapa bagian dalam.

Hasil perhitungan modulus elastisitas (MOE) uji *edgewise* menunjukkan bahwa tingginya proporsi tebal lapisan batang kelapa bagian luar memberikan MOE uji *edgewise* kayu lamina yang tinggi pula. Hal ini disebabkan besarnya proporsi kayu kuat yang menyusun kayu lamina. Pada saat pengujian MOE secara *edgewise*, sampel uji mengalami patah pada bagian tengah atau yang terkena beban dan kerusakan garis rekat relatif kecil terjadi. Kerusakan garis rekat ini yang terjadi mungkin disebabkan oleh pelaburan perekat yang kurang merata. Pada pengujian MOE secara *edgewise* luas permukaan garis rekat kecil akibat



pembebanan yang sejajar dengan garis rekat sehingga kerusakan garis rekat jarang terjadi atau tidak sama sekali. Nilai rata-rata MOE uji *edgewise* kayu lamina batang kelapa bagian dalam-luar lebih besar jika dibandingkan dengan nilai MOE batang kelapa bagian dalam utuh. Dengan demikian tujuan pembuatan kayu lamina telah tercapai, dimana sifat mekanis kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam-luar menjadi lebih baik atau lebih kuat jika dibandingkan dengan batang kelapa bagian dalam utuh.

Nilai modulus elastisitas (MOE) kayu lamina batang kelapa bagian luar-dalam yang diuji secara *flatwise* menunjukkan MOE yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kayu lamina yang diuji secara *edgewise*. Hasil ini hampir sama dengan hasil penelitian yang dilakukan Mustamin (2007), terhadap kayu lamina dari batang kelapa bagian luar dan dalam dengan perekat epoxy yang menunjukkan bahwa nilai MOE uji *flatwise* lebih tinggi dari pada MOE uji *edgewise*. Hal ini disebabkan oleh kayu lamina yang diuji secara *flatwise* tidak tahan terhadap perubahan bentuk karena pada saat diberi beban terjadi defleksi yang cukup besar pada bagian tengah bentangan sampel uji. Sebaliknya pada kayu lamina yang diuji secara *edgewise*, dengan pembebanan yang lebih besar terjadi defleksi yang lebih kecil. Defleksi yang lebih kecil ini menunjukkan ketahanan terhadap perubahan bentuk yang semakin besar pada kayu lamina *edgewise*. Hasil berbeda pada penelitian ini yang menunjukkan bahwa MOE uji *flatwise* lebih tinggi dari pada MOE uji *edgewise* juga disebabkan oleh perbedaan kualitas dan ukuran bahan yang dipakai. Selain itu, pelaksanaan pengujian yang salah, dimana pemutaran alat yang tidak konsisten.

Sesuai dengan tujuan penelitian serta tujuan dari pembuatan kayu lamina itu sendiri yaitu meningkatkan kekuatan mekanis batang kelapa bagian dalam, maka jika faktor efisiensi pemanfaatan kayu kuat dalam hal ini batang kelapa bagian luar yang diperhitungkan untuk meningkatkan kekuatan batang kelapa bagian dalam maka perlakuan/kayu lamina dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan/kayu lamina lainnya, karena menghasilkan nilai modulus elastisitas (MOE) yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan batang kelapa bagian dalam utuh. Proporsi tebal dan jumlah lapisan L6 juga lebih baik jika ditinjau dari faktor pengerjaan dan konsumsi perekat yang relatif sedikit.

d. Keteguhan Rekat dan Persentase Kerusakan

Hasil keteguhan rekat kayu lamina dari kelapa dengan perlakuan batang kelapa dalam – batang kelapa dalam, batang kelapa dalam – batang kelapa luar, batang kelapa luar – batang kelapa luar dapat dilihat pada Lampiran 15. Nilai Keteguhan rekat rata-rata dari semua perlakuan dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Nilai Keteguhan Rekat (kg/cm²) dan Persen Kerusakan Kayu pada Kayu Kelapa untuk Semua Perlakuan (%).

Berdasarkan Gambar 14 dapat diketahui nilai rata-rata keteguhan rekat tertinggi adalah pada kayu kelapa batang bagian luar – batang bagian luar sebesar $34,924 \text{ kg/cm}^2$ dengan persentase kerusakan 100 % kemudian kayu kelapa batang bagian luar – batang bagian dalam sebesar $30,217 \text{ kg/cm}^2$ dengan persentase kerusakan 97,4 % dan yang terendah pada kayu kelapa batang bagian dalam – batang bagian dalam sebesar $29,208 \text{ kg/cm}^2$ dengan persentase kerusakan 90,4 %.

Berdasarkan Lampiran 15 dapat diketahui bahwa nilai keteguhan rekat batang kelapa bagian luar-luar lebih besar jika dibandingkan dengan keteguhan rekat perlakuan lainnya, hal ini disebabkan batang kelapa bagian luar memiliki kekuatan yang lebih tinggi sehingga pada saat pengujian, pergeseran lapisan rekat cenderung membuat satu bagian yang lainnya bergeser terhadap bagian disebelahnya. Hal ini menyebabkan beban yang diberikan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan keteguhan rekat batang kelapa bagian dalam-dalam memiliki kekuatan yang rendah jika dibandingkan dengan keteguhan rekat batang kelapa bagian luar-luar. Hal ini disebabkan oleh batang kelapa bagian dalam memiliki kekuatan yang rendah, sehingga pada saat pengujian sampel kurang mendapat pembebanan dan lebih cepat mengalami kerusakan pada batang kelapa bagian dalam. Kelapa bagian dalam memiliki kerapatan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan batang kelapa bagian luar sehingga penetrasi perekat terjadi dengan baik pada batang kelapa bagian dalam.

Mudah tidaknya suatu kayu menyerap air dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah kerapatan, dimana makin rendah kerapatan kayu, maka penyerapan airnya atau nilai keterbasahannya tinggi, demikian sebaliknya. Hal ini

sesuai dengan pendapat Filler, *et.al.* (1993) dalam Wardani (1999) bahwa keteguhan rekat dipengaruhi oleh kerapatan kayu dan juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kandungan zat ekstraktif, struktur anatomi kayu, kondisi perekatan dan sebagainya. Selain itu, kandungan kimia kayu merupakan satu faktor yang mempengaruhi kualitas perekatan.

Hasil analisis ragam pada Lampiran 16 menunjukkan bahwa semua perlakuan kayu lamina dari batang kelapa berpengaruh tidak nyata terhadap nilai keteguhan rekat pada $\alpha = 0,05$. Hal ini berarti bahwa semua perlakuan pada kayu lamina dari batang kelapa memiliki nilai keteguhan rekat relatif sama.

Pengukuran persentase kerusakan kayu pada kayu lamina dilakukan untuk mengetahui hubungan keteguhan rekat dengan kerusakan kayu lamina. Hasil perhitungan persentase kerusakan kayu lamina dapat dilihat pada Lampiran 15. Berdasarkan hasil perhitungan persentase kerusakan kayu lamina terlihat bahwa kerusakan kayu lamina 100% terdapat pada kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam-dalam. Hal ini terjadi karena kerusakan terjadi pada papan lamina dan bukan pada garis perekatnya. Kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam-luar persentase kerusakannya 97,4 % sedangkan kayu lamina dari batang kelapa bagian luar-luar persentase kerusakannya 90,4 %. Hal ini terjadi karena kerusakan tidak hanya terjadi pada kayu lamina itu sendiri akan tetapi kerusakan juga terjadi pada garis perekatnya. Kayu lamina dari batang kelapa bagian luar-luar memiliki kerapatan yang tinggi sehingga penetrasi perekat ke dalam pori-pori kayu tidak baik jika dibandingkan kayu lamina dari batang kelapa bagian dalam-dalam atau batang kelapa bagian dalam-luar. Nilai persentase kerusakan kayu

dari 3 perlakuan kayu lamina dari batang kelapa memiliki nilai persen kerusakan yang relatif sama. Hal ini disebabkan oleh karena kayu lamina dari batang kelapa kebanyakan rusak pada kayu laminanya bukan pada garis rekatnya. Kayu lamina dari batang kelapa memiliki kerapatan cukup rendah sehingga penetrasi perekat kedalam pori kayu lamina menjadi baik sehingga ikatan antara perekat dengan kayu terjadi lebih bagus. Dari persentase kerusakan kayu lamina, maka dapat diketahui bahwa perekat yang digunakan cocok untuk jenis kayu tersebut karena perekat dapat berpenetrasi dengan baik ke dalam kayu. Hal ini sesuai dengan pendapat Kollman *et.al.* (1975) menyatakan bahwa adhesi mekanis memberi pengaruh yang kecil terhadap total kekuatan perekatan pada kayu. Adhesi spesifik yaitu kerja molekul-molekul atau atom-atom antara perekat dengan permukaan kayu berperan dibandingkan dengan adhesi mekanis. Selanjutnya Wardhani (1999) menjelaskan bahwa faktor utama yang mempengaruhi kerusakan kayu adalah kesesuaian perekat yang diaplikasikan dengan jenis kayunya, terutama kerapatan dan struktur anatomi. Menurut Tsoumis (1996), produk kayu lamina untuk aplikasi struktur bangunan eksterior kerusakan kayu lamina rata-rata sebaiknya tidak kurang dari 75%.

C. Karakteristik Kayu Lamina

Perbedaan nilai kekuatan mekanis kayu lamina dari batang kelapa bagian luar dengan batang kelapa bagian dalam dengan standar JAS 2003 No. 234 yang dipersyaratkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Kekuatan Mekanis Kayu Lamina, Kayu Kelapa Utuh dan Standar Tahun 2003 No. 23.

Sifat Mekanis	Kayu Lamina	Batang Kelapa bagian Dalam Utuh	Standar JAS
			<i>Shorea spp.</i>
Keteguhan Tekan Sejajar Serat (kg/cm ²)	300,10 – 517,16	20,41–408,67	-
MOR Uji <i>flatwise</i> (kg/cm ²)	639,57-1206,39	420,13-835,00	> 315
MOR Uji <i>edgewise</i> (kg/cm ²)	733,72-1.125,97		
MOE Uji <i>flatwise</i> (kg/cm ²)	117.105,88	42.648,58	> 85.000
	- 236.259,10		
MOE Uji <i>edgewise</i> (kg/cm ²)	91.777,71	103.849,50	
	- 200.400,68		

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa tujuan pembuatan kayu lamina yaitu memperbaiki sifat mekanis batang kelapa bagian dalam yang tergolong kayu kelas kuat rendah, maka kayu lamina dari batang kelapa bagian luar – dalam pada setiap proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda menghasilkan kayu lamina yang memiliki sifat mekanis lebih tinggi jika dibandingkan dengan batang kelapa bagian dalam utuh pada dimensi yang sama telah terpenuhi. Dengan kekuatan mekanis sebesar itu dan sesuai dengan klasifikasi kelas kuat kayu Indonesia ((Den Berger (1923) dalam Departemen Kehutanan (1981)), maka kayu lamina dari batang kelapa bagian luar – dalam yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat digolongkan dalam kelas kuat II – III, satu tingkat lebih kuat dari batang kelapa bagian dalam utuh. Dengan kelas kuat seperti itu maka kayu lamina dapat dimanfaatkan untuk bangunan perumahan sebagai rangka, balok, galar, kaso, pintu dan jendela, lantai, mebel, selain itu dapat juga dipakai sebagai kayu perkapalan dll.

Berdasarkan hasil penelitian sifat mekanis kayu lamina dari batang kelapa bagian luar – dalam menunjukkan bahwa nilai keteguhan patah (MOR), modulus elastisitas (MOE) baik *flatwise* maupun *edgewise* dan keteguhan rekat telah memenuhi standar JAS 2003 No. 234. Hasil ini hampir sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Mustamin (2007) akan tetapi pada nilai MOE uji *flatwise* tidak memenuhi standar JAS 2003 No. 234. Pada standar JAS 2003 No. 234 besarnya nilai MOE, MOR, keteguhan rekat ditentukan berdasarkan jenis kayu bahan penyusun kayu lamina. Untuk itu, kayu lamina pada penelitian ini dibandingkan dengan kayu lamina dari jenis kayu *Shorea* spp. Hal ini dilakukan karena pada standar tersebut tidak disebutkan kayu lamina dari batang kelapa dan juga *Shorea* spp memiliki berat jenis yang hampir sama dengan batang kelapa bagian dalam yaitu 0,51 atau berkisar antara 0,35 – 0,70.

Berdasarkan standar JAS 2003 No. 234 dipersyaratkan nilai MOR papan lamina tidak kurang dari 315 kg/cm², MOE tidak kurang dari 85.000 kg/cm², sedangkan nilai keteguhan rekat tidak kurang dari 20 kg/cm², dan persentase kerusakan papan lamina tidak kurang dari 65%.

Perbedaan proporsi tebal dan jumlah lapisan kayu lamina dari batang kelapa bagian luar – dalam menunjukkan keteguhan tekan sejajar serat, MOR dan MOE yang berbeda. Tingginya kekuatan mekanis kayu lamina tersebut seiring dengan meningkatnya proporsi tebal lapisan batang kelapa bagian luar dan jumlah lapisan/bilah batang kelapa bagian dalam yang sedikit. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa pengaruh jumlah lapisan yang banyak tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada kekuatan kayu lamina. Kayu lamina yang

dihasilkan dengan jumlah lapisan yang banyak, kebanyakan memiliki kekuatan mekanis lebih rendah jika dibandingkan dengan kayu lamina yang memiliki jumlah lapisan lebih sedikit pada dimensi yang sama. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kayu lamina dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan 0,4:1,2:0,4 lebih baik karena memiliki kekuatan mekanis yang lebih tinggi atau hampir sama dengan kekuatan mekanis kayu lamina dengan proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda lainnya. Hal ini didasari pada pertimbangan efisiensi pemanfaatan batang kelapa bagian luar, pengerjaan kayu lamina serta penggunaan perekat yang sedikit namun memiliki kekuatan mekanis yang tinggi untuk meningkatkan kekuatan mekanis serta pemanfaatan batang kelapa bagian dalam.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan mekanis kayu lamina pada berbagai proporsi lapisan dan ketebalannya dengan kombinasi bagian dalam dan luar batang kelapa adalah sebagai berikut :

1. Nilai keteguhan tekan sejajar serat kayu lamina berkisar antara 300,10 – 517,16 kg/cm² dengan nilai keteguhan tekan sejajar serat tertinggi berada pada perlakuan L4 (2:2:2:2:2) dan yang terendah pada perlakuan L1 (1:1:6:1:1).
2. Nilai keteguhan patah (MOR) kayu lamina untuk uji *flatwise* berkisar antara 639,57 – 1206,39 kg/cm² dengan nilai keteguhan patah (MOR) tertinggi berada pada perlakuan L6 (2:6:2) dan yang terendah pada perlakuan L2 (1:1:2:2:1:1). Nilai keteguhan patah (MOR) kayu lamina untuk uji *edgewise* berkisar antara 733,72 – 1125,97 kg/cm² dengan nilai keteguhan patah (MOR) tertinggi berada pada perlakuan L6 (2:6:2) dan terendah pada perlakuan L2 (1:1:2:2:1:1).
3. Nilai modulus elastisitas (MOE) kayu lamina untuk uji *flatwise* berkisar antara 107.365,90 – 236.259,10 kg/cm² dengan nilai modulus elastisitas (MOE) tertinggi berada pada perlakuan L5 (2;3:3:2) dan yang terendah pada perlakuan L3 (1:1:3:3:1:1). Nilai modulus elastisitas (MOE) kayu lamina untuk uji *edgewise* berkisar antara 91.777,71 – 211.884,89 kg/cm² dengan nilai modulus elastisitas (MOE) tertinggi berada pada perlakuan L4 (2:2:2:2:2) dan terendah pada perlakuan L1 (1:1:6:1:1).

4. Nilai rata-rata keteguhan rekat kayu lamina dari batang kelapa bagian luar-luar $34,924 \text{ kg/cm}^2$ dengan persen kerusakan 100 %, batang kelapa bagian luar-dalam $30,217 \text{ kg/cm}^2$ dengan persen kerusakan 97,4 % dan batang kelapa bagian dalam-dalam $29,208 \text{ kg/cm}^2$ dengan persen kerusakan 90,4 %.
5. Sifat mekanis batang kelapa bagian dalam meningkat melalui rekayasa laminasi dengan batang kelapa bagian luar pada setiap proporsi tebal dan jumlah lapisan yang berbeda.
6. Secara umum proporsi lapisan/bilah batang kelapa bagian luar yang tinggi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingginya kekuatan mekanis dari kayu lamina.
7. Jumlah lapisan/bilah yang banyak tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada tingginya nilai kekuatan mekanis dari kayu lamina yang dihasilkan
8. Proporsi tebal lapisan yang optimum adalah 2:6:2 untuk menghasilkan kayu lamina dengan keteguhan tekan sejajar serat, keteguhan patah (MOR) dan modulus elastisitas (MOE) yang relatif tinggi dari proporsi tebal dan jumlah lapisan lainnya.

B. Saran

Teknologi laminasi dapat meningkatkan kekuatan mekanis batang kelapa bagian dalam yang memiliki kelas kuat rendah III – IV. Sebaiknya pemanfaatan batang kelapa bagian dalam lebih diperluas dengan memanfaatkan batang kelapa bagian luar sebagai pelapis dengan porsi yang sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman dan Hadjib, N. 2005. *Kekuatan dan Kekakuan Balok Lamina dari Dua Jenis Kayu Kurang Dikenal*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 23. No. 11. Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan, Bogor.
- BAPPEDA, 2005. *Sulawesi Selatan dalam Angka 2005*. Kerjasama BAPPEDA dengan Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan
- Board, S. B. P. and Engineers. 1985. *Handbook of Adhesive*. Small Business Publication, Roop Nagar.
- Departemen Kehutanan. 1981. *Atlas kayu Indonesia Jilid 1 dan 2*. Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor
- Departemen Perindustrian. 1986. *Penentuan Proposional Batang Kelapa untuk Maksimal Penggunaannya sebagai Substitusi Bahan Kayu*. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. Banjar Baru
- Departemen Pertanian. 2007. *Kelapa (Cocos Nucifera Linn)*. <http://www.Litbang.Deptan.go.id/Special/Komoditas/Files/0103-Kelapa.pdf>, [diakses 10-07-2007]
- Dumanauw, J. F. 1990. *Mengenal Kayu*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Gaspersz, V., 1991. *Metode Perancangan Percobaan*. CV Amico. Bandung.
- Hamsah, H., 1991. *Sifat Mekanik Kayu Lamina Gabungan dari Kayu Meranti Putih (Shorea Sp) dan Kayu Palapi (Heritiera Sp)*. Skripsi Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Tidak Dipublikasikan.
- Hartomo, A.J., Rusdiharsono. A., dan Hardjanto, D., 1992. *Memahami Polimer dan Perekat*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta
- Haygreen, J. G. dan Bowyer, J. L. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu. Suatu Pengantar*. Diterjemahkan oleh S. A. Hadikusumo. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Japanese Agricultural Standard*. (JAS), 2003. Glue Laminated Timber. Japan Plywood Inspection Corporation, Japan.
- Koolmann, F.F.P., Kuenzi, W.K., Stamm, A.J., 1975. *Principles of Wood Science an Technology, Vol II. Wood Based Materials*. Springer-Verlag Berlin Hiedelberg. New York.

- Kusumedi, P. dan Misdarti, 2004. *Persen Kerusakan Papan Sambung Kayu Waru Gunung (Hibiscus similis B.L.)*. Proceeding Mapeki VII. Agustus 2004. Makassar. PP 114 – 118.
- Popov, E. P. 1991. *Mekanika Teknik*. Edisi Kedua Versi SI. Erlangga, Jakarta.
- Sudarna, N. S., 1990. *Anatomi Batang Kelapa (Cocos nucifera Linn)*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol &, NO.03 pp. 111-117. Bogor
- Sutigno. 1991. *Kayu Majemuk Perkembangan dan Masa Depan di Indonesia*. Orasi Penyuluhan Ahli Peneliti Utama. Badan Litbang Kehutanan Dephut, Jakarta.
- Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood : Structure, Properties and Utilization*. Van Nonstrand Reinhold, New York.
- Wardhani, I. Y., 1999. *Kualitas Perekatan Kayu Lamina dari Empat Jenis Kayu Kurang Dikenal*. <http://www.Unmul.ac.id>. [diakses 21 – 02 – 2007]
- Wardhani, I. Y., Surjokusumo, S., Hadi, Y.S., Nugroho, N., 2004. *Distribusi Kandungan Kimia Kayu Kelapa (Cocos nucifera Linn)*. Jurnal ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Vol.2 N).1, p. 1-7 Bogor [Http://biomaterial-lipi.org/mapeki/wp-content/uploads/2006/07/vol2_No1.pdf](http://biomaterial-lipi.org/mapeki/wp-content/uploads/2006/07/vol2_No1.pdf) [diakses 02-06-2007]
- Wardhani, I. Y., Surjokusumo, S., Hadi, Y.S., Nugroho, N., 2006. *Penampilan Kayu Kelapa (Cocos nucifera Linn) Bagian Dalam yang Dimampatkan*. Jurnal ilmu dan Teknologi Kayu Tropis Vol.2 N).1, p. 1-7 Bogor [Http://biomateriallipi.org/mapeki/wpcontent/uploads/2006/07/vol2_No1.pdf](http://biomateriallipi.org/mapeki/wpcontent/uploads/2006/07/vol2_No1.pdf) [diakses 02-06-2007]
- Wibisono, S., dan Prayitno, T.A., 2004. *Pengaruh Jumlah Perekat Terlatur, Jenis Perekat dan Macam Bidang Perekat Terhadap Sifat (Kualitas) Papan Laminasi Kayu Jati*. Proceeding MAPEKI VII, 5 – 6 Agustus Makassar. pp: 105 – 113

Lampiran 1. Kadar Air Kering Udara (%) dan Berat Jenis Kering Udara Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar Sebagai Bahan Pembuatan Kayu Lamina

Sampel	Ulangan	BKU 62 (g)	BKT (g)	Volume (cm ³)	KA (%)	BJ
Kelapa Bagian Dalam	1	6,46	5,62	10,77	14,95	0,52
	2	6,29	5,49	10,48	14,57	0,52
	3	6,33	5,51	10,55	14,88	0,52
	4	6,58	5,74	10,84	14,63	0,53
	5	6,29	5,45	11,01	15,41	0,49
Jumlah					74,45	2,59
Rata-rata					14,89	0,52
Kelapa Bagian Luar	1	12,93	11,43	11,07	13,12	1,03
	2	13,07	11,37	11,19	14,95	1,02
	3	12,88	11,31	11,10	13,88	1,01
	4	13,22	11,58	11,19	14,16	1,03
	5	13,28	11,74	10,60	13,12	1,11
Jumlah					69,24	5,20
Rata-rata					13,85	1,04

Lampiran 2. Nilai Keteguhan Tekan Sejajar Serat Sampel Utuh Batang Kelapa Bagian Dalam dan Luar (kg/cm²)

Sampel	Ulangan	Nilai Keteguhan Tekan Sejajar Serat (kg/cm ²)
Batang Kelapa Bagian Dalam	1	408,67
	2	244,90
	3	257,65
	4	228,94
	5	239,95
Jumlah		1380,11
Rata-rata		276,02
Batang Kelapa Bagian Luar	1	733,85
	2	597,74
	3	596,51
	4	688,78
	5	562,98
Jumlah		3179,86
Rata-rata		635,97

Lampiran 3. Nilai Keteguhan Tekan Sejajar Serat Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan (kg/cm^2)

Proporsi Tebal Lapisan	Ulangan	Nilai Keteguhan Tekan Sejajar Serat (kg/cm^2)
0,2:0,2:1,2:0,2:0,2 (L1)	1	371,02
	2	321,46
	3	331,63
	4	342,57
	5	325,35
Jumlah		1692,02
Rata-rata		338,40
0,2:0,2:0,4:0,4:0,4:0,2:0,2 (L2)	1	408,16
	2	438,31
	3	357,62
	4	364,10
	5	347,42
Jumlah		1915,62
Rata-rata		383,12
0,2:0,2:0,6:0,6:0,2:0,2 (L3)	1	517,16
	2	352,68
	3	408,03
	4	368,79
	5	309,07
Jumlah		1955,73
Rata-rata		391,15
0,4:0,4:0,4:0,4:0,4 (L4)	1	422,74
	2	472,41
	3	364,43
	4	358,65
	5	417,44
Jumlah		2035,67
Rata-rata		407,13
0,4:0,6:0,6:0,4 (L5)	1	341,84
	2	323,87
	3	369,90
	4	415,82
	5	469,39
Jumlah		1920,81
Rata-rata		384,16
0,4:1,2:0,4 (L6)	1	372,65
	2	340,14
	3	331,14
	4	375,15
	5	300,10
Jumlah		1719,18
Rata-rata		343,84

Lampiran 4. Analisis Ragam Keteguhan Tekan Sejajar Serat Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	18763,740	3752,748	1,526 ^m	2,62	3,90
Galat	24	59003,751	2458,490			
Total	29	77767,491				

^m berpengaruh tidak nyata pada α 0,05

Lampiran 5. Nilai Keteguhan Patah (MOR) Sampel Utuh Batang Kelapa Luar-Dalam (kg/cm²)

Sampel	Ulangan	Nilai Keteguhan Patah (MOR) (kg/cm ²)
Batang Kelapa Bagian Dalam	1	420,13
	2	586,35
	3	826,04
	4	835,00
	5	530,41
Jumlah		3197,94
Rata-rata		639,59
Batang Kelapa Bagian Luar	1	1275,51
	2	1163,35
	3	1754,13
	4	1833,66
	5	1572,72
Jumlah		7599,37
Rata-rata		1519,87

Lampiran 6. Nilai Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji *Flatwise* (kg/cm^2)

Proporsi Tebal Lapisan	Ulangan	Nilai Keteguhan Tekan Patah (MOR) Uji <i>Flatwise</i> (kg/cm^2)
0,2:0,2:1,2:0,2:0,2 (L1)	1	936,65
	2	863,20
	3	941,78
	4	739,21
	5	674,88
	Jumlah	
	Rata-rata	831,15
0,2:0,2:0,4:0,4:0,4:0,2:0,2 (L2)	1	976,68
	2	880,78
	3	872,20
	4	639,57
	5	673,02
	Jumlah	
	Rata-rata	808,45
0,2:0,2:0,6:0,6:0,2:0,2 (L3)	1	975,96
	2	803,26
	3	771,51
	4	777,83
	5	937,96
	Jumlah	
	Rata-rata	853,30
0,4:0,4:0,4:0,4:0,4 (L4)	1	1046,55
	2	978,13
	3	1042,51
	4	993,27
	5	901,12
	Jumlah	
	Rata-rata	992,32
0,4:0,6:0,6:0,4 (L5)	1	901,44
	2	1059,79
	3	1112,43
	4	1153,73
	5	941,35
	Jumlah	
	Rata-rata	1033,75
0,4:1,2:0,4 (L6)	1	857,95
	2	1114,73
	3	1206,39
	4	950,43
	5	1063,68
	Jumlah	
	Rata-rata	1038,64

Lampiran 7. Analisis Ragam Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji *Flatwise*

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	283971,290	56794,258	4,326**	2,62	3,90
Galat	24	315104,387	13129,349			
Total	29	599075,677				

**berpengaruh nyata pada α 0,05

Lampiran 8. Nilai Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji *Edgewise* (kg/cm^2)

Proporsi Tebal Lapisan	Ulangan	Nilai Keteguhan Patah (MOR) Uji <i>Edgewise</i> (kg/cm^2)
0,2:0,2:1,2:0,2:0,2 (L1)	1	1035,17
	2	858,91
	3	821,70
	4	851,00
	5	801,36
	Jumlah	
	Rata-rata	873,63
0,2:0,2:0,4:0,4:0,4:0,2:0,2 (L2)	1	733,72
	2	872,52
	3	815,89
	4	836,63
	5	838,10
	Jumlah	
	Rata-rata	819,37
0,2:0,2:0,6:0,6:0,2:0,2 (L3)	1	886,74
	2	1024,78
	3	903,01
	4	971,94
	5	941,64
	Jumlah	
	Rata-rata	945,62
0,4:0,4:0,4:0,4:0,4 (L4)	1	1125,97
	2	812,65
	3	873,63
	4	1042,48
	5	978,39
	Jumlah	
	Rata-rata	966,63
0,4:0,6:0,6:0,4 (L5)	1	962,74
	2	1107,93
	3	906,66
	4	908,57
	5	1032,53
	Jumlah	
	Rata-rata	983,69
0,4:1,2:0,4 (L6)	1	1059,19
	2	1112,28
	3	976,26
	4	926,74
	5	962,89
	Jumlah	
	Rata-rata	1007,47

Lampiran 9. Analisis Ragam Keteguhan Patah (MOR) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji *Edgewise*

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	129204,849	25840,970	3,555*	2,62	3,90
Galat	24	174437,600	7268,233			
Total	29	303642,450				

*berpengaruh nyata pada α 0,05

Lampiran 10. Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Sampel Utuh Batang Kelapa Luar-Dalam (kg/cm^2)

Sampel	Ulangan	Nilai Modulus Elastisitas (MOE) (kg/cm^2)
Batang Kelapa Bagian Dalam	1	42648,58
	2	74280,06
	3	103849,50
	4	84858,56
	5	102910,90
Jumlah		408547,60
Rata-rata		81709,52
Batang Kelapa Bagian Luar	1	275547,18
	2	164427,48
	3	249903,64
	4	255112,10
	5	257104,79
Jumlah		1202095,18
Rata-rata		240419,04

Lampiran 11. Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji *Flatwise* (kg/cm²)

Proporsi Tebal Lapisan	Ulangan	Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Uji <i>Flatwise</i> (kg/cm ²)
0,2:0,2:1,2:0,2:0,2 (L1)	1	135799,36
	2	146037,58
	3	230115,98
	4	136620,57
	5	111311,57
	Jumlah	
	Rata-rata	151977,01
0,2:0,2:0,4:0,4:0,4:0,2:0,2 (L2)	1	146641,17
	2	159847,81
	3	234435,04
	4	134886,52
	5	128472,18
	Jumlah	
	Rata-rata	160856,54
0,2:0,2:0,6:0,6:0,2:0,2 (L3)	1	132190,08
	2	117105,88
	3	138974,57
	4	107365,90
	5	131250,85
	Jumlah	
	Rata-rata	125377,46
0,4:0,4:0,4:0,4:0,4 (L4)	1	166607,18
	2	166991,96
	3	218030,86
	4	173757,24
	5	162074,37
	Jumlah	
	Rata-rata	177492,32
0,4:0,6:0,6:0,4 (L5)	1	163212,17
	2	179086,62
	3	236259,10
	4	201962,79
	5	153149,33
	Jumlah	
	Rata-rata	186734,00
0,4:1,2:0,4 (L6)	1	139817,73
	2	193567,55
	3	184910,57
	4	163647,07
	5	179599,58
	Jumlah	
	Rata-rata	172308,50

Lampiran 12. Analisis Ragam Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji *Flatwise*

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	11998849873,426	2399769974,685	2,338 ^m	2,62	3,90
Galat	24	24633605297,901	1026400220,746			
Total	29	36632455171,327				

^m berpengaruh tidak nyata pada α 0,05

Lampiran 13. Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina dari Batang Kelapa Bagian Luar – Dalam pada Berbagai Proporsi Tebal dan Jumlah Lapisan untuk Uji *Edgewise* (kg/cm²)

Proporsi Tebal Lapisan	Ulangan	Nilai Modulus Elastisitas (MOE) Uji <i>Edgewise</i> (kg/cm ²)
0,2:0,2:1,2:0,2:0,2 (L1)	1	131417,82
	2	108082,79
	3	122536,74
	4	113322,88
	5	108897,24
	Jumlah	584257,49
	Rata-rata	116851,50
0,2:0,2:0,4:0,4:0,4:0,2:0,2 (L2)	1	134566,42
	2	127629,47
	3	128081,48
	4	136394,17
	5	113675,89
	Jumlah	640347,43
	Rata-rata	128069,49
0,2:0,2:0,6:0,6:0,2:0,2 (L3)	1	91777,71
	2	132935,84
	3	124376,99
	4	142205,97
	5	122417,67
	Jumlah	613714,19
	Rata-rata	122742,84
0,4:0,4:0,4:0,4:0,4 (L4)	1	200400,68
	2	147459,53
	3	170666,24
	4	211884,89
	5	153190,38
	Jumlah	883601,71
	Rata-rata	176720,34
0,4:0,6:0,6:0,4 (L5)	1	132274,97
	2	135118,91
	3	119720,56
	4	111699,79
	5	147389,33
	Jumlah	646203,56
	Rata-rata	129240,71
0,4:1,2:0,4 (L6)	1	139715,53
	2	163451,62
	3	137212,45
	4	123797,54
	5	141547,55
	Jumlah	705724,69
	Rata-rata	141144,94

Lampiran 14. Analisis Ragam Modulus Elastisitas (MOE) Kayu Lamina Batang Kelapa Bagian Luar - Dalam untuk Uji *Edgewise*

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	11676816402,611	2335363280,522	8,016**	2,62	3,90
Galat	24	6991767111,018	291323629,626			
Total	29	18668583513,629				

** berpengaruh sangat nyata pada α 0,01

Lampiran 15. Nilai Keteguhan Rekat (kg/cm^2) dan Persen Kerusakan Kayu (%) pada Kayu Lamina dari Batang Kelapa Dalam dan Luar

Jenis Perlakuan	Ulangan	Nilai Keteguhan Rekat Kelapa (kg/cm^2)	Persen Kerusakan Kayu (%)
Batang Kelapa Dalam	1	21.208	100
	2	29.481	100
	3	33.658	100
	4	34.176	100
	5	27.508	100
Jumlah		146.031	100
Rata-rata		29.206	100
Batang Kelapa Luar	1	35.471	98
	2	17.128	96
	3	25.427	100
	4	28.230	93
	5	44.824	100
Jumlah		151.081	487
Rata-rata		30.216	97.4
Batang Kelapa Luar	1	40.087	91
	2	37.216	87
	3	31.275	92
	4	27.765	93
	5	38.277	89
Jumlah		174.619	452
Rata-rata		34.924	90.4

Lampiran 16. Analisis Ragam Nilai Keteguhan Rekat Kayu Lamina dari Batang Kelapa Dalam dan Luar

SK	db	JK	KT	Fhit	F Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	93.130	46.565	0,849 ⁱⁿ	3,38	6,93
Galat	12	658.350	54.863			
Total	14	751.480				

ⁱⁿ berpengaruh tidak nyata pada α 0,05