



STUDI ANALISIS KUAT LENTUR TERHADAP VARIASI JENIS KAYU

DI LABORATORIUM

PROYEK AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



Oleh:

SIDIK PAMUNGKAS

NIM 13510134014

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK**

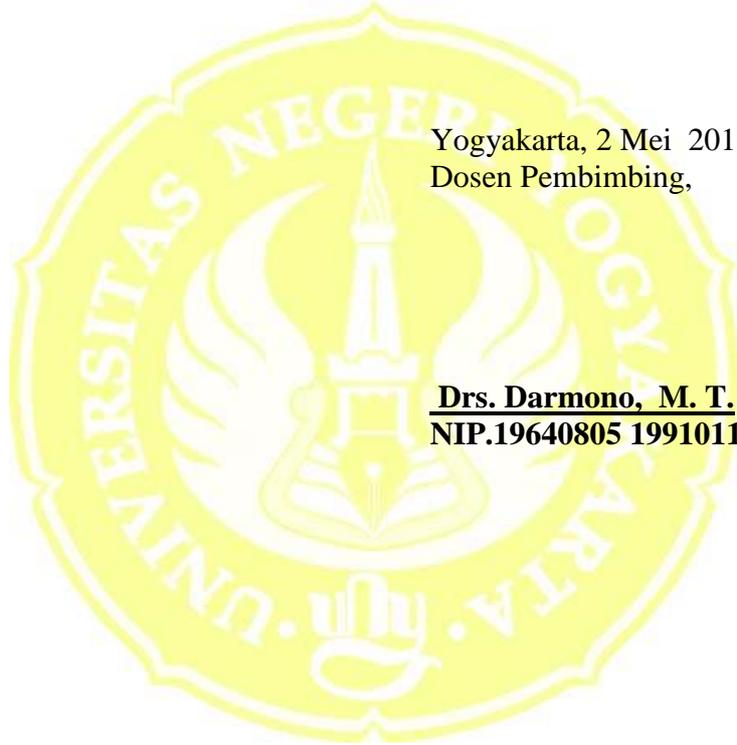
2016

PERSETUJUAN

Proyek Akhir yang berjudul “**Studi Analisis Kuat Lentur Terhadap Variasi Jenis Kayu di Laboratorium**” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Yogyakarta, 2 Mei 2016
Dosen Pembimbing,

Drs. Darmono, M. T.
NIP.19640805 1991011001



LEMBAR PENGESAHAN

PROYEK AKHIR

**STUDI ANALISIS KUAT LENTUR TERHADAP VARIASI JENIS KAYU
DI LABORATORIUM**

Dipersiapkan dan Disusun oleh:

NAMA : Sidik Pamungkas
NIM : 13510134014

Telah dipertahankan di depan Panitia Penguji Proyek Akhir

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

pada Tanggal 2 Mei 2016

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar

Ahli Madya

Susunan Panitia Penguji:

Jabatan	Nama Lengkap dan Gelar	Tanada Tangan
Ketua/Pembimbing	Drs. Darmono, M.T.
Penguji I	Drs. H.Sumarjo H, M.T.
Penguji II	Drs. Agus Santoso, M.Pd.

Yogyakarta, Mei 2016

Wakil Dekan I Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

Dr. Widarto, M.Pd.
NIP. 19631230 198812 1 001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Sidik Pamungkas

NIM : 13510134014

Program Studi : Teknik Sipil

Judul : Studi Analisis Kuat Lentur Terhadap Variasi Jenis Kayu
di Laboratorium

Menyatakan bahwa dalam proyek akhir ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya di sebuah Perguruan Tinggi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 2 Mei 2016

Yang menyatakan,

Sidik Pamungkas
NIM. 13510134014

Proyek akhir ini di bawah penelitian tema payung dosen atas nama Drs. Darmono, M.T., Dr. Slamet Widodo, M.T., Drs. Agus Santoso, M.Pd., Drs. H.Sumarjo H, M.T., dan Faqih Ma'arif, M.Eng. di Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

PERSEMBAHAN

*Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT,
Laporan Proyek Akhir ini khusus dipersembahkan
untuk:*

*Kedua orang tua saya yang turut memberi do'a, cinta
kasih yang tulus dan tiada henti-hentinya di berikan*

*Semua teman-teman jurusan PTSP FT UNY atas
semangat, dukungan, dan motivasinya*

MOTTO

“KETIKA TUHAN TELAH MEMBUKA JALAN LEWAT
TANAGAN-TANGAN MANUSIA, MAKA, TELUSURILAH,
NISCAYA JALAN ITU AKAN SEMAKIN LEBAR”.

(S.Pamungkas)

“JANGANKAN HANYA DIHINA, DIINJAK, DAN
DICAMPAKKAN. AKU TAK MENJADI DIRIKU SAJA TAK
MASALAH BAGIKU. AKU TAK HIDUP DI DUNIA INI PUN
JUGA BUKAN MASALAH. MASALAH JIKA TUHAN SAMPAI
PROTES KEPADAKU.”

(Emha Ainun Nadjib)

STUDI ANALISIS KUAT LENTUR TERHADAP VARIASI JENIS KAYU DI LABORATORIUM

Oleh:
Sidik Pamungkas
13510134014

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk menentukan nilai kuat lentur kayu (MOR) dan modulus elastisitas (MOE) dimana kuat lentur kayu merupakan salah satu sifat mekanik tertinggi bila dibandingkan dengan sifat mekanik yang lain.

Metode yang digunakan adalah pengujian kuat lentur dengan cara *One Point Loading* atau *Three Point Bending Test*, sedangkan pengujian berat jenis dan kadar air menggunakan metode bor. Pengujian penelitian ini menggunakan kayu Bangkirai, kayu Jati, kayu Kamper, kayu Sukun dan kayu Kelapa. Perbandingan yang dipakai adalah hasil pengujian berat jenis dan air pada berbagai jenis varian kayu.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar air dan berat jenis kayu Bangkirai (7,62%, 0,758), Jati (7,22%, 0,449), Kamper (6,67%, 0,437), Sukun (5,81%, 0,292) dan Kelapa (5,02%, 0,693). Sedangkan nilai MOR dan MOE kayu Bangkirai (115,22, 12.925,95), Jati (91,31, 9.316,47), Kamper (76,65, 5.865,52), Sukun (65,9, 3.039,94) dan Kelapa (32,89, 8.839,75). Dari data tersebut menunjukkan bahwa kadar air berbanding lurus dengan nilai MOR dan MOE, terkecuali pada MOE kayu Kelapa. Untuk berat jenis dengan MOR dan MOE nilainya berbanding lurus, terkecuali untuk MOR kayu Kelapa dan MOE kayu Jati.

Kata Kunci: Kuat Lentur (MOR), Modulus Elastisitas (MOE), Berat Jenis, Kadar Air.

STUDY ANALYSIS OF FLEXURAL STRENGTH TO VARIOUS WOODS IN LAB

By:
Sidik Pamungkas
13510134014

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the value of modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) which is one of the highest mechanical characteristics if compared with other mechanical characteristics.

The methods used in this research using Third Point Bending test, while the specific weight of water content testing using drill method. This research testing uses Bangkirai, Teak, Camphor, Breadfruit, and coconut wood. The ratio used is the result of specific weight testing and water in various types of wood.

The research result obtained is the value of water content and the specific weight of Bangkirai (7,62%, 0,758), Teak (7,22%, 0,449), Camphor (6,67%, 0,437), Breadfruit (5,81%, 0,292), and Coconut wood (5,02%, 0,693). While the value of MOR and MOE wood Bangkirai (115.22, 12925.95), Teak (91.31, 9316.47), Camphor (76.65, 5865.52), Breadfruit (65.9, 3039.94) and Coconut wood (32.89, 8839.75). From the data, it indicates that water content is proportional to the value of MOR and MOE, except the MOE of coconut wood. For the specific weight with MOR and MOE, the value is proportional, except the MOR of Coconut and Teak wood.

Keyword: *Modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), specific weight, water content.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul “Studi Analisis Kuat lentur Terhadap Variasi Jenis Kayu di Laboratorium”. Penelitian ini disusun sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya pada Prodi Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dari proses pengujian hingga terselesainya penulisan laporan proyek akhir ini. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih secara tulus kepada:

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan sarana prasarana penunjang kuliah dan doa yang senantiasa beliau panjatkan demi kemudahan.
2. Bapak Drs. Darmono, M.T. selaku dosen pembimbing Proyek Akhir dan Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan
3. Bapak Faqih Ma'arif, M. Eng. Selaku dosen yang telah berjasa dalam proyek akhir ini, dengan penuh kesabaran dan kebijaksanaannya telah memberikan bimbingan, arahan, dan dorongan di sela-sela kesibukannya.
4. Bapak Drs. H Sumarjo H, M. T. selaku dosen penguji.
5. Bapak Ir. Surahmad Mursidi selaku dosen Pembimbing Akademik.
6. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

7. Bapak Sudarman, S.Pd. selaku teknisi Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Terima kasih atas segala bantuan dan bimbingannya selama pembuatan dan pengujian benda uji.
8. Pramanthana Anggara Putra, Nuryana Oktavia, Hasbi Asman, Ridwan Ismu, Muchtar Agus Tri Windarta dan tim Marshal yang sudah ikut membantu. Terimakasih atas kerjasamanya selama ini.
9. Teman–teman kelas angkatan 2013 kelas Struktur maupun Hidro. Terima kasih atas bantuan doa, pikiran dan tenaga pada saat pembuatan benda uji hingga pengujian benda uji sehingga penelitian ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan Proyek Akhir.

Proyek akhir ini hanya sebagian kecil dari banyaknya tujuan pendidikan yang ingin dicapai. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis menyadari penelitian ini jauh dari sempurna, namun dengan ketidak sempurnaan ini semoga tetap dapat memberi manfaat bagi diri penulis sendiri dan bagi pengembangan jurusan Pendidikan Teknik Sipil FT..

Yogyakarta, 2 Mei 2016

Penyusun

Sidik Pamungkas
NIM. 13510134014

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
MOTTO.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN TEORI	8
A. Kayu	8

1. Sifat menguntungkan dari kayu	8
2. Sifat merugikan dari kayu.....	9
B. Sifat-Sifat Kayu	10
1. Sifat umum.....	10
2. Sifat anatomi.....	11
3. Sifat fisik.....	13
a. Kadar Air	13
b. Berat Jenis.....	15
4. Sifat Mekanik.....	17
a. Pentingnya Sifat Mekanik Kayu	17
b. Sifat Mekanik yang ditinjau.....	18
1) Metode <i>One Point Loading</i>	19
2) Metode <i>Two Point Loading</i>	19
3) Metode <i>Third Point Loading</i>	19
C. Struktur Kayu	22
1. Kegunaan Kayu	23
2. Kelebihan Kayu	24
3. Kekurangan Kayu	24
D. Jenis-jenis Kayu	25
1. Jenis Pohon Golongan Daun Lebar	25
2. Jenis Pohon Golongan Daun Jarum.....	26
E. Klasifikasi Kayu	26
1. Klasifikasi Kayu Berdasarkan Penggunaan.....	27

2. Kuat Acuan Berdasarkan Pemilahan Secara Mekanis.....	27
3. Sifat Keawetan Kayu.....	28
F. Reaksi pada Bahan Kayu.....	30
1. Tegangan Normal	30
2. Regangan Normal	31
3. Kurva Tegangan Regangan	32
G. Jenis Kayu yang diuji	34
1. Kayu Jati	34
2. Kayu Bangkirai	34
3. Kayu Kamper.....	34
4. Kayu Kelap	35
5. Kayu Sukun	35
H. Kajian Penelitian Relevan	36
BAB III METODE PENELITIAN	43
A. Metode.....	43
1. Tempat	43
2. Rancangan Percobaan	43
B. Variabel Penelitian	44
1. Variabel Bebas.....	44
2. Variabel Terikat	44
3. Variabel Kontrol	44
C. Material	45
1. Kayu Jati	45

2. Kayu Bangkirai	46
3. Kayu Kamper.....	46
4. Kayu Kelapa	46
5. Kayu Sukun	47
D. Alat	47
1. Jangka sorong	47
2. Mesin Ketam/ <i>Surfacer</i>	48
3. Mesin Gergaji Belah	48
4. Mesin Gergaji Potong	49
5. Mesin Bor	49
6. Timbangan	50
7. Oven.....	51
8. UTM (<i>Universal Testing Machine</i>)	52
9. <i>Dial Guage</i>	53
E. Prosedur Penelitian.....	54
1. Tahap Persiapan Benda Uji	56
2. Tahap Pembuatan Benda Uji	56
3. Pengujian Kadar Air Kayu.....	57
4. Pengujian Berat Jenis Kayu	58
5. Pengujian kuat lentur	60
F. Analisis Data	63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	64
A. Hasil Pengujian.....	64

1. Data Material	64
2. Pengujian Kadar Air	65
3. Pengujian Berat Jenis.....	66
4. Pengujian Kuat Lentur	66
B. Pembahasan	67
1. Pengujian Sifat Fisis Kayu	67
a. Pengujian kadar air kayu	67
b. Pengujian berat jenis kayu.....	74
2. Pengujian Mekanis.....	83
a. Tegangan Lentur Patah (MOR)	83
1) Tegangan Lentur Patah (MOR) Kayu Jati.....	83
2) Tegangan Lentur Patah (MOR) Kayu Bangkirai	85
3) Tegangan Lentur Patah (MOR) Kayu Kamper	86
4) Tegangan Lentur Patah (MOR) Kayu Kelapa.....	87
5) Tegangan Lentur Patah (MOR) Kayu Sukun.....	87
b. Modulus Elastisitas Lentur (MOE).....	91
1) Modulus Elastisitas Lentur (MOE) Kayu Jati.....	92
2) Modulus Elastisitas Lentur (MOE) Kayu Bangkirai.....	94
3) Modulus Elastisitas Lentur (MOE) Kayu Kamper.....	95
4) Modulus Elastisitas Lentur (MOE) Kayu Kelapa	96
5) Modulus Elastisitas Lentur (MOE) Kayu Sukun	97
c. Pengaruh Sifat Fisik Terhadap Tegangan Lentur Patah (MOR)	100
1) Pengaruh Kadar Air Terhadap Tegangan Lentur Patah (MOR) ...	101

2) Pengaruh Berat Jenis Terhadap Tegangan Lentur Patah (MOR)..	102
d. Pengaruh Sifat Fisik Terhadap Modulus Elastisitas (MOE)	104
1) Pengaruh Kadar Air Terhadap Modulus Elastisitas (MOE).....	105
2) Pengaruh Berat Jenis Terhadap Modulus Elastisitas (MOE).....	106
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	110
A. Simpulan	110
B. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Penamang melintang kayu	12
Gambar 2. <i>One point loading/thrid point bending test</i>	20
Gambar 3. <i>Two point loading/four point bending test</i>	20
Gambar 4. <i>Third point loading</i>	20
Gambar 5. Jenis pohon dari golongan pohon daun lebar	25
Gambar 6. Jenis pohon dari golongan pohon daun jarum.....	26
Gambar 7. Kurva tegangan regangan.....	32
Gambar 8. Diagram alir hubungan antar variabel.....	45
Gambar 9. Benda uji kayu Jati	45
Gambar 10. Benda uji kayu Bangkirai.....	46
Gambar 11. Benda uji kayu Kamper.....	46
Gambar 12. Benda uji kayu Kelapa	46
Gambar 13. Benda uji kayu Sukun	47
Gambar 14. Jangka sorong.....	47
Gambar 15. Mesin ketam	48
Gambar 16. Mesin gergaji belah	48
Gambar 17. Mesin gergaji potong.....	49
Gambar 18. Mesin bor duduk <i>Medding</i>	49
Gambar 19. Mesin bor tangan <i>Makita</i>	50
Gambar 20. Timbangan dengan kapasitas 310 gram	50
Gambar 21. Timbangan dengan kapasitas 10 kg	51

Gambar 22. Oven	51
Gambar 23. UTM (<i>Universal Testing Machine</i>).....	52
Gambar 24. <i>Dial guage</i>	53
Gambar 25. Diagram alur penelitian	55
Gambar 26. Pengujian lentur.....	63
Gambar 27. Prosentase kadar air kayu Jati	69
Gambar 28. Prosentase kadar air kayu Bangkirai	70
Gambar 29. Prosentase kadar air kayu Kamper	71
Gambar 30. Prosentase kadar air kayu Kelapa.....	72
Gambar 31. Prosentase kadar air kayu Sukun	73
Gambar 32. Nilai kadar air dari lima variasi jenis kayu	74
Gambar 33. Berat jenis kayu Jati	76
Gambar 34. Berat jenis kayu Bangkirai	77
Gambar 35. Berat jenis kayu Kamper	78
Gambar 36. Berat jenis kayu Kelapa	79
Gambar 37. Berat jenis kayu Sukun	80
Gambar 38. Nilai berat jenis dari lima variasi jenis kayu	81
Gambar 39. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Jati	85
Gambar 40. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Bnagkirai.....	86
Gambar 41. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Kamper.....	87
Gambar 42. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Kelapa	88
Gambar 43. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Sukun	89
Gambar 44. Grafik hubungan nilai MOR dengan variasi jenis kayu.....	90

Gambar 45. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Jati.....	93
Gambar 46. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Bangkirai	94
Gambar 47. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Kamper	95
Gambar 48. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Kelapa.....	96
Gambar 49. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Sukun.....	97
Gambar 50. Grafik hubungan nilai MOE dengan variasi jenis kayu	98
Gambar 51. Hubungan kadar air dengan MOR	101
Gambar 52. Hubungan berat jenis dengan nilai MOR	102
Gambar 53. Hubungan kadar air dengan nilai MOE.....	105
Gambar 53. Hubungan berat jenis dengan nilai MOE	107

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kelas kuat kayu berdasarkan berat jenis	16
Tabel 2. Klasifikasi jenis kayu berdasarkan berat jenis	16
Tabel 3. Nilai Kuat acuan (MPa) berdasarkan pemilihan secara mekanis ...	28
Tabel 4. Kelas awet kayu	29
Tabel 5. Klasifikasi kelas kayu berdasarkan kelas pemakaian	29
Tabel 6. Jumlah sampel benda uji tiap jenis kayu.....	54
Tabel 7. Data dimensi benda uji pengujian kuat lentur.....	65
Tabel 8. Hasil pengujian kadar air benda uji kayu.....	65
Tabel 9. Hasil pengujian berat jenis kayu	66
Tabel 10.1 Hasil pengujian kuat lentur kayu	66
Tabel 10.2 Hasil pengujian kuat lentur kayu	67
Tabel 11. Pengujian kadar air kayu Jati	68
Tabel 12. Pengujian kadar air kayu Bangkirai	69
Tabel 13. Pengujian kadar air kayu Kamper	70
Tabel 14. Pengujian kadar air kayu Kelapa	71
Tabel 15. Pengujian kadar air kayu Sukun.....	72
Tabel 16. Hasil pengujian kadar air lima variasi jenis kayu	73
Tabel 17. Berat jenis kayu Jati	76
Tabel 18. Berat jenis kayu Bangkirai	77
Tabel 19. Berat jenis kayu Kamper.....	77
Tabel 20. Berat jenis kayu Kelapa	78

Tabel 21. Berat jenis kayu Sukun	79
Tabel 22. Hasil berat jenis rerata kayu	80
Tabel 23. Nilai MOR kayu Jati	84
Tabel 24. Nilai MOR kayu Bangkirai	85
Tabel 25. Nilai MOR kayu Kamper	86
Tabel 26. Nilai MOR kayu Kelapa	87
Tabel 27. Nilai MOR kayu Sukun	88
Tabel 28. Rerata kuat tekan nilai MOR	89
Table 29. kelas kuat pada kelima jenis variasi kayu	91
Tabel 30. Nilai MOE kayu Jati	93
Tabel 31. Nilai MOE kayu Bangkirai	94
Tabel 32. Nilai MOE kayu Kamper	95
Tabel 33 Nilai MOE kayu Kelapa.....	96
Tabel 34. Nilai MOE kayu Sukun.....	97
Tabel 35. Rerata nilai MOE	98
Tabel 36. Variasi jenis kayu berdasarkan RSNI 2002	99
Tabel 37. Nilai MOE dan MOR hasil pengujian.....	100
Tabel 38. Nilai rerata sifat fisik dan tegangan lentur patah (MOR) pada kelima variasi jenis kayu	100
Tabel 38. Nilai rerata sifat fisik dan tegangan lentur patah (MOR) pada kelima variasi jenis kayu	104

DAFTAR LAMPIRAN

1. Laporan sementara pengujian kadar air kayu
2. Laporan sementara pengujian berat jenis kayu
3. Laporan sementara pengujian kuat lentur

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dimana kekayaan akan alam sangat melimpah, salah satunya hutan, menurut Ditjen Bina Usaha Kehutanan (2011) Indonesia memiliki hutan dengan luas kawasan hutan produksi di seluruh Indonesia 81.810.489,69 Ha (60 % dari total luas kawasan hutan), merupakan potensi besar yang dapat dimanfaatkan guna mendukung pembangunan nasional/lokal (Ekawati, *et all.*, 2013), dari data rekapitulasi produksi kayu bulat tahun 2010-2013 Indonesia memiliki lahan produksi kayu bulat sebesar 23.227.012,25 ha (Kementrian Kehutanan, 2014).

Dari luasan hutan produksi kayu bulat di Indonesia dapat diasumsikan bahwa hasil hutan berupa kayu bulat sangat melimpah, menghasilkan variasi jenis kayu yang beraneka ragam, diperkirakan terdapat sekitar 4.000 jenis kayu dengan diameter pohon 40 cm ke atas (Martawijaya, *et all.* 1981) dan menurut RSNI (2002) dari 3000-4000 jenis pohon yang ada di Indonesia baru sekitar 150 jenis yang telah diselidiki dan dianggap penting dalam perdagangan. Ada beberapa jenis kayu yang umum digunakan oleh masyarakat diantaranya kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai, dan lain sebagainya.

Penggunaan kayu pada dasarnya tidak lepas dari kegiatan konstruksi yang dilakukan masyarakat sebagai material bangun struktural maupun non struktur. Pemilihan kayu sebagai material konstruksi dinilai memiliki kelebihan dibandingkan dengan material lain diantaranya, harga yang murah, mudah

didapatkan, berat jenis yang ringan, mudahnya pengerjaan pada kayu, serta memiliki nilai estetik yang cukup tinggi, sehingga kayu dipilih masyarakat sebagai salah satu pilihan material bangunan yang digunakan. Pemanfaatan kayu di Indonesia terus meningkat seiring pembangunan dan kemajuan teknologi. Menurut Masyarakat Perhutanan Indonesia (MPI), kebutuhan bahan baku industri kayu mencapai 60.000.000 m³ dan 40% hingga 50% dipasok dari hutan alam.

Sangat disayangkan kawasan hutan produksi mempunyai rata-rata angka deforestasi tertinggi dibanding fungsi kawasan hutan yang lain, yaitu sebesar 180,4 ribu Ha/tahun pada periode tahun 2009–2011 (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2012). Dari tahun ke-tahun Deforestasi hutan menyebabkan penurunan jumlah pasokan kayu dari hutan produksi kayu.

Dalam upaya pelestarian kayu, pemenuhan kebutuhan kayu, rekayasa dan pengembangan teknologi dalam bidang perkayuan sangat diperlukan. Hal ini memberikan konsekuensi bahwa harus ada metode yang tepat untuk mengefisienkan dan mengoptimalkan penggunaan kayu, khususnya dalam aplikasi struktur bangunan, tanpa mengabaikan syarat-syarat konstruksi yang harus dipenuhi. Untuk itu sangat diperlukan data mengenai karakteristik kayu, terutama sifat mekaniknya sehingga dapat ditentukan dimana konstruksi kayu dapat diposisikan dan dalam bentuk apa. Oleh karena itu setiap batang kayu diperlukan pemilihan dalam rangka mengetahui kemampuan dalam menahan beban (Iswanto, 2008). Kayu yang berasal dari berbagai jenis pohon memiliki

sifat yang berbeda. Bahkan kayu yang berasal dari satu pohon pun memiliki sifat yang berbeda jika dibandingkan bagian ujung dengan pangkalnya. Dalam teknologi perkayuan diperlukan pengetahuan yang mendalam tentang kegunaan kayu sebagai komponen struktur. Maka dari itu penggunaan kayu harus benar-benar tepat guna dan optimal dengan efisiensi tinggi yaitu menggunakan kayu kualitas rendah yang di variasikan dengan kayu kualitas tinggi.

Menurut Persson (2000) kayu adalah bahan yang sangat berorientasi dengan properti yang berbeda dalam tiga arah utama. Dalam arah terkuat atau disebut sejajar serat kayu (arah longitudinal), kekakuan dan kekuatannya sangat besar. Dalam dua arah lain adalah arah radial dan tangensial (tegak lurus serat kayu), kayu relatif lunak dan lemah.

Dalam bidang struktur karakteristik mekanik kayu menentukan kekuatan kayu. Oleh karena itu perlu adanya pengujian yang dilakukan guna mengetahui karakteristik kekuatan kayu. Pengujian kekuatan kayu dapat dilakukan dengan metode destruktif atau non destruktif, metode yang sering digunakan adalah metode destruktif, walaupun metode ini kurang efisien dan fleksibel namun pengujian destruktif dapat memberikan hasil yang terbaik dalam menaksir kekuatan kayu (iswanto, 2008). Pengujian dengan metode destruktif kayu erat kaitanya dengan sifat fisik dan mekanik kayu. Sifat fisik kayu diantaranya, berat jenis, kadar air, arah serat, keawetan, warna dan bau, daya hantar panas, daya hantar listrik, cacat kayu. Sifat mekanik kayu diantaranya kuat tarik sejajar serat, kuat tekan sejajar serat, kuat geser sejajar serat, dan kuat tekan tegak lurus serat, kuat lentur.

Penelitian eksperimental tentang kinerja kuat lentur dilakukan karena pada konstruksi bangunan dan rumah kayu, kayu digunakan sebagai struktur utama bangunan yaitu balok, kolom dan rangka atap. Sebagai bahan yang akan digunakan sebagai struktur utama bangunan, kayu harus diketahui kekuatan lentur dan modulus elastisitasnya.

Kuat lentur kayu merupakan salah satu sifat mekanik tertinggi, bila dibandingkan dengan sifat mekanik yang lain seperti kuat tarik, kuat tekan, maupun kuat geser. Akibat kuat lentur yang tinggi dan berat jenis yang kecil menyebabkan kayu banyak dipakai untuk elemen lentur pada struktur misalnya balok dan gelagar (Mulyati, 2015).

Kayu dengan kualitas tinggi merupakan kayu yang memiliki nilai modulus elastisitas tinggi dalam artian kayu sebagai material memiliki kemampuan kayu menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai dengan batas proporsi. Menurut Iswanto (2008) semakin besar beban yang diberikan semakin tinggi tegangan timbul dan semakin besar perubahan bentuk yang terjadi sampai batas proporsi kayu.

Pada dasarnya kuat lentur dan modulus elastisitas tiap jenis kayu berbeda-beda. Dengan mempertimbangkan aspek fisik dan mekanik, maka perlu adanya penelitian eksperimental tentang kinerja kuat lentur pada kayu guna mendapatkan nilai kuat lentur dan modulus elastisitas tiap jenis kayu sehingga masyarakat dapat memilih variasi jenis kayu dengan lebih tepat dan efisien.

A. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas perlu dikaji identifikasi masalah tersebut diantaranya:

1. Belum diketahui nilai kadar air dan berat jenis pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
2. Belum diketahui nilai tegangan lentur patah (MOR) dan nilai modulus elastisitas lentur (MOE) pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
3. Belum diketahui pengaruh kadar air dan berat jenis kayu terhadap nilai tegangan lentur patah (MOE) dan nilai modulus elastisitas lentur (MOR) pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
4. Belum diketahui kualitas kayu yang digunakan sebagai bahan konstruksi dilapangan.

B. Batasan Masalah

Beberapa masalah yang telah diidentifikasi perlu adanya batasan masalah dengan tujuan agar lebih terfokus pada pembahasan penelitian ini. Berikut batasan masalah yang akan dikaji, yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian mekanik hanya pada sifat lentur kayu.
2. Pengujian fisik hanya pada berat jenis dan kadar air.
3. Kayu yang digunakan adalah kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
4. Metode yang digunakan pada pengujian menggunakan metode *third point bending test*.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang dapat dijadikan sebagai pokok permasalahan pada penelitian ini sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah nilai kadar air kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
2. Berapakah nilai berat jenis pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
3. Berapakah besarnya nilai tegangan lentur patah (MOR) kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
4. Berapakah besarnya nilai modulus elastisitas lentur (MOE) berdasarkan pengujian lentur kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
5. Bagaimana pengaruh kadar air dan berat jenis terhadap nilai tegangan lentur patah (MOR) pada kayu kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
6. Bagaimana pengaruh kadar air dan berat jenis terhadap nilai modulus elastisitas lentur (MOE) pada kayu kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai

D. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat tujuan yang akan dicapai. Adapun tujuan yang akan dicapai sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai kadar air pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
2. Mengetahui nilai berat jenis pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.

3. Mengetahui nilai tegangan lentur patah (MOR) pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
4. Mengetahui nilai modulus elastisitas lentur (MOE) pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
5. Mengetahui pengaruh berat jenis dan kadar air terhadap nilai tegangan lentur patah (MOR) pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.
6. Mengetahui pengaruh berat jenis dan kadar air terhadap nilai modulus elastisitas lentur (MOE) pada kayu Jati, Kelapa, Sukun, Kamper, Bangkirai.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian dilakukan guna mendapatkan mafaat. Manfaat dari penelitian sebagai berikut:

1. Teoritis

Memberikan wawasan ilmu dan sebagai acuan guna mengembangkan teknologi bahan/material berbahan dasar kayu.

2. Manfaat Praktis

Memperoleh parameter baru berdasarkan hasil pengujian laboratorium, sehingga dapat diperoleh perbandingan kinerja tiap varian kayu untuk digunakan sebagai pedoman dalam memilih varian kayu sesuai dengan fungsi yang dibutuhkan.

BAB II KAJIAN TEORI

A. Kayu

Kayu didefinisikan sebagai sesuatu bahan yang diperoleh dari pemungutan pohon-pohon di hutan, sebagai bagian dari suatu pohon. Dalam hal pengolahannya lebih lanjut, perlu diperhitungkan secara cermat bagian-bagian kayu manakah yang dapat lebih banyak dimanfaatkan untuk suatu tujuan tertentu. Ditilik dari tujuan penggunaannya, kayu dapat dibedakan atas kayu pertukangan, kayu industri dan kayu bakar.

Kayu adalah karakteristik yang dibutuhkan sebagai material struktur dan oleh karena itu telah digunakan sejak awal peradaban. Bahan struktural paling memiliki kekuatan yang baik ringan dan karakter bahan alam yang dapat diperbaharui adalah kualitas dan khas utama dari kayu untuk digunakan sebagai struktural. Kayu salah satu elemen bangunan tertua dan yang banyak digunakan oleh manusia untuk pembangunan rumah dan bangunan lainnya. Tetapi untuk mencapai hasil yang sangat baik dalam pekerjaan mereka harus ingat aspek-aspek tertentu yang terkait dengan arah serat, berat jenis dan kadar air.

Menurut Benny Puspantoro (1992), kayu sebagai bahan bangunan mempunyai sifat yang menguntungkan dan merugikan.

1. Sifat menguntungkan dari kayu

Sifat yang menguntungkan dari kayu antara lain:

- a. Mudah didapat dan relatif murah harganya dibandingkan bahan bangunan lain seperti beton dan baja.

- b. Mudah dikerjakan tanpa alat-alat berat khusus, misal mudah dipotong, dihaluskan, diukir ataupun disambung sebagai suatu konstruksi.
- c. Bentuknya indah alami sehingga sering *diexpose* serat-seratnya sebagai hiasan ruang.
- d. Isolasi panas, sehingga rumah yang banyak menggunakan bahan kayu akan terasa sejuk dan nyaman.
- e. Ringan sehingga mengurangi berat sendiri dari bangunan dan dapat menghemat ukuran fondasinya.
- f. Serba guna, artinya dapat dipakai sebagai konstruksi bangunan, seperti kuda-kuda atap, langit-langit, pintu jendela, tiang atau dinding, selain itu dapat juga untuk alat bantu kerja sementara seperti bekesting untuk cor beton, *bouwplank*, tangga kerja dan lain sebagainya.
- g. Mudah diganti dalam waktu singkat, relatif mempunyai kekuatan yang tinggi, dan berat sendiri yang rendah.

2. Sifat yang merugikan dari kayu

Sedangkan sifat yang merugikan dari kayu antara lain:

- a. Mudah terbakar dan menimbulkan api.
- b. Kekuatan dan keawetan kayu sangat tergantung dari jenis dan umur pohonnya, sedangkan kayu yang ada di pasaran sulit ditaksir umurnya.
- c. Cepat rusak oleh pengaruh alam, hujan/air menyebabkan kayu cepat lapuk, panas matahari menyebabkan kayu retak-retak.
- d. Dapat dimakan serangga-serangga kecil seperti rayap, bubuk dan kumbang.

- e. Dapat berubah bentuknya, menyusut atau memuai, tergantung kadar air yang dikandungnya. Bila kandungan airnya banyak kayu akan memuai, sebaliknya kalau kering kayu akan menyusut.
- f. Pada pembebanan jangka panjang, lendutan cukup besar.

Ketahanan alami kayu yang bervariasi menunjukkan adanya faktor-faktor bawaan yang mempengaruhinya. Faktor-faktor ini perlu diketahui sebagai bahan referensi dalam memperkirakan atau menentukan kelas ketahanan kayu, baik kekuatan maupun keawetannya.

Menurut RSNI Revisi Peraturan Konstruksi Kayu NI-5-2002, dari 3000-4000 jenis pohon yang ada di Indonesia baru sekitar 150 jenis yang telah diselidiki dan dianggap penting dalam perdagangan. Dari jumlah tersebut sebagian merupakan jenis kayu yang penting sebagai bahan struktur.

B. Sifat-sifat Kayu

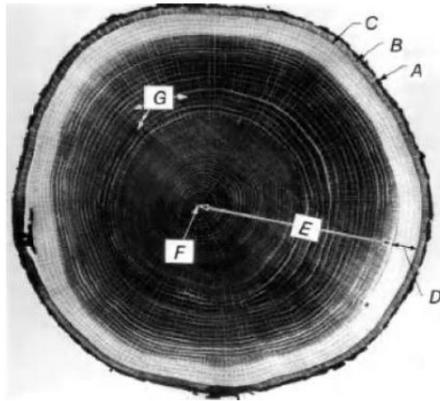
Menurut Dumanauw (2007) kayu yang berasal dari berbagai jenis pohon memiliki sifat yang berbeda-beda. Bahkan kayu yang berasal dari satu pohon dapat memiliki sifat yang berbeda, jika dibandingkan bagian ujung dengan pangkalnya. Untuk itu, ada baiknya jika sifat-sifat kayu tersebut diketahui lebih dahulu sebelum kayu dipergunakan sebagai bahan bangunan, industri kayu maupun untuk pembuatan perabot. Sifat umum, anatomi kayu, fisik, mekanik dan kimia kayu dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sifat umum

Ada beberapa sifat umum yang terdapat pada kayu. Sifat-sifat umum tersebut antara lain:

- a. Semua batang pohon mempunyai pengaturan vertikal dan sifat *simetri radial*.
 - b. Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki bermacam-macam tipe, dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa-senyawa kimia berupa *selulosa* dan *hemiselulosa* (unsur karbohidrat) serta berupa *lignin* (non-karbohidrat).
 - c. Semua kayu bersifat *anisotropik*, yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (*longitudinal*, *tangensial* dan *radial*). Hal ini disebabkan oleh struktur dan orientasi *selulosa* dalam dinding sel, bentuk memanjang sel-sel kayu, dan pengaturan sel terhadap sumbu *vertikal* dan *horizontal* pada batang pohon.
 - d. Kayu merupakan suatu bahan yang bersifat *higroskopik*, yaitu dapat kehilangan atau bertambah kelembapannya akibat perubahan kelembapan dan suhu udara di sekitarnya.
 - e. Kayu dapat diserang makhluk hidup perusak kayu, dapat terbakar, terutama jika dalam keadaan kering.
2. Sifat anatomi kayu

Struktur anatomi dapat ditetapkan berdasarkan pengamatan dan pengukuran secara mikroskopis yang meliputi pori, jari-jari, parenkim, dimensi serat dan kadang-kadang saluran interselular (Martawijaya dkk, 1981). Bagian-bagian penampang melintang dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Penampang melintang kayu
(Sumber: Regis, 1999)

Dari Gambar 1 tentang penampang melintang, dapat dijelaskan bagian-bagian dari pohon antara lain:

- a. Bagian A merupakan kulit luar (*outer bark*), yaitu bagian yang telah mati yang tugasnya melindungi bagian-bagian di dalamnya.
- b. Bagian B merupakan kulit dalam (*inner bark*), yaitu bagian yang masih hidup, yang gunanya untuk mengangkut atau menghantarkan makanan yang dibuat di daun ke bagian-bagian bawah lainnya.
- c. Bagian C merupakan kambium, yaitu sebuah lapisan yang sangat tipis (tebalnya hanya berukuran mikron saja). Proses pertumbuhan terjadi pada lapisan kambium ini, dimana sel memecah, bertumbuh dan memecah lagi untuk membentuk sel-sel kulit baru atau zat kayu baru.
- d. Bagian D merupakan kayu gubal (*sapwood*), yaitu bagian kayu yang lunak, berwarna keputih-putihan dan tebalnya berlainan untuk macam-macam kayu, mulai dari 1 cm sampai 20 cm atau lebih tergantung dari jenisnya pohon.

- e. Bagian E merupakan kayu inti (*heart wood*), yaitu bagian inti yang kuat dan kokoh. Warnanya sedikit lebih tua dari pada kayu gubal. Bagian ini lebih awet dari pada kayu gubal karena tidak terdapat bahan-bahan makanan di dalamnya.
- f. Bagian F merupakan hati kayu (*pitch*), yaitu bagian yang terdalam yang sangat berguna untuk menentukan suatu jenis pohon. Jenis pohon sendiri dapat digolongkan menjadi 2 golongan besar, yaitu kayu lunak (*soft wood*) dan kayu keras (*hard wood*).

Sementara itu bidang orientasi kayu dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

- a. Bidang *tangensial*, yaitu bidang yang diperoleh dengan memotong kayu tegak lurus salah satu jari-jari kayu, searah serat, dan tidak melalui sumbu kayu.
- b. Bidang *radial*, yaitu bidang yang diperoleh dengan memotong kayu searah serat melalui sumbu kayu.
- c. Bidang *aksial*/kepala kayu, yaitu bidang yang diperoleh dengan memotong kayu tegak lurus dengan sumbu kayu.

3. Sifat fisik kayu

Haygreen dan Bowyer (1989) menyatakan sifat fisik kayu yang terpenting adalah kadar air, dan berat jenis. Berikut sifat fisik kayu:

a. Kadar air

Haygreen dan Bowyer (1989) mendefinisikan kadar air sebagai berat air yang dinyatakan sebagai persen berat kayu bebas air atau kering tanur (BKT). Sedangkan menurut Brown *et all.* (1952) kadar air kayu

adalah banyaknya air yang terdapat dalam kayu yang dinyatakan dalam persen terhadap berat kering tanurnya. Dengan demikian standar kekeringan kayu adalah pada saat kering tanurnya.

Kadar air suatu kayu sangat dipengaruhi oleh sifat higroskopis kayu, yaitu sifat kayu untuk mengikat dan melepaskan air ke udara sampai tercapai keadaan setimbang dengan kadar air lingkungan sekitarnya. Dijelaskan lebih lanjut bahwa dalam bagian xylem, air umumnya lebih dari separuh berat total, sehingga berat air dalam kayu umumnya sama atau lebih besar dari berat kering kayu Haygreen dan Bovyver (1989).

Air berada dalam kayu dapat berwujud gas (uap) maupun cairan yang menempati rongga sel dan air terikat secara kimiawi didalam dinding sel. Kayu segar sering didefinisikan sebagai kayu yang dinding sel serta rongga selnya jenuh dengan air. Kandungan air ketika dinding sel jenuh air sedangkan rongga selnya tidak berisi air dinamakan kadar air titik jenuh serat (TJS). TJS kayu rata-rata adalah 30%, tapi untuk spesies dan potongan kayu tertentu TJS ini bervariasi (Anonymous, 1974).

Brown *et al.* (1952) menyatakan apabila kayu cenderung untuk tidak melepaskan maupun menyerap air dan udara di sekitarnya maka kayu tersebut berada dalam kandungan air kesetimbangan. Kandungan air kesetimbangan berada di bawah TJS dan dipengaruhi oleh keadaan lingkungan dimana kayu itu digunakan terutama oleh suhu dan kelembatan relatif. Selanjutnya Seng (1990) menegaskan bahwa besarnya kadar air kering udara tergantung dari keadaan iklim setempat, di Indonesia berkisar

antara 12% sampai 20% dan di Bogor sekitar 15%. Dengan demikian nilai kadar air kayu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut dinyatakan dalam persen:

$$KA = \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

KA = Kadar air (%)

BA = Berat awal (gr)

BKO = Berat kering oven (gr)

b. Berat jenis

Menurut Haygreen dan Bowyer (1989) semakin tinggi berat jenis kayu maka semakin banyak zat kayu pada dinding sel yang berarti semakin tebal dinding sel tersebut. Karena kekuatan kayu terletak pada dinding sel, maka semakin tebal dinding sel semakin kuat kayu tersebut. Namun menurut Panshin dan Zeeuw (1970), kekuatan kayu yang mempunyai berat jenis yang lebih besar, tidak mutlak mempunyai kekuatan yang lebih besar pula, karena kekuatan kayu juga ditentukan oleh komponen kimia kayu yang ada di dalam dinding sel.

Brown *et al.*, (1952) menyatakan bahwa berat jenis kayu bervariasi diantara berbagai jenis pohon dan diantara pohon dari satu jenis yang sama. Variasi ini juga terjadi pada posisi yang berbeda dari satu pohon. Adanya variasi berat jenis kayu tersebut disebabkan oleh perbedaan dalam jumlah zat penyusun dinding sel dan kandungan zat ekstraktif per unit volume. Oleh karena itu berat jenis dari sepotong kayu bervariasi tergantung dari kadar air yang dikandungnya. Untuk mendapat

keseragaman, maka pada umumnya dalam penentuan berat jenis kayu, berat ditentukan dalam keadaan kering tanur. Dengan demikian nilai berat jenis kayu dapat dihitung dengan persamaan menurut SNI 03-6848-2002 sebagai berikut:

$$BJ = K \times \frac{BKO}{V} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- BJ = Berat jenis
- BKO = Berat kering oven
- K = Konstanta, 1000 (berat dalam gram dan dimensi dalam mm)
- V = Volume berdasarkan diameter tusukan dan dalamnya lubang

Indonesia dibagi ke dalam lima kelas yang ditetapkan menurut berat jenisnya dengan metode klasifikasi seperti yang tercantum dalam Tabel 1. yang menunjukkan hubungan berat jenis dengan keteguhan lentur dan kekuatan tekan (Martawijaya, *et all.*, 1989).

Tabel 1. Kelas kuat kayu berdasarkan berat jenis

Kelas Kuat	Berat Jenis Kering Udara	Kukuh Lentur Mutlak (Mpa)	Kukuh Tekan Mutlak (Mpa)
I	≥ 0,90	≥ 110	≥ 65
II	0,90-0,60	110-72,5	65-42,5
III	0,60-0,40	72,5-50	30-42,5
IV	0,40-0,30	50-36	30-21,5
V	≤ 0,30	≤ 36	≤ 21,5

(Sumber: PKKI NI-6,1961)

Tabel 2. Klasifikasi jenis kayu berdasarkan berat jenis

No.	Nama Perdagangan	Nama Botanik	Berat jenis
1	Jati	Tectona Grandis	0.67 (0.62-0.75)
2	Bangkirai	Shorea spp	0.91 (0.91-1.1)
3	Kamper	-	-
4	Kelapa	-	-
5	Sukun	Artocarpus Altilis	0.33 (0.24-0.54)

(Sumber: SNI 7973, 2013)

4. Sifat mekanik

Kekuatan dan ketahanan terhadap perubahan bentuk suatu bahan disebut sebagai sifat mekaniknya. Kekuatan adalah kemampuan suatu bahan untuk memikul beban/gaya yang mengenainya. Ketahanan terhadap perubahan bentuk menentukan banyaknya bahan yang dimampatkan, terpuntir atau terlengkung akan oleh suatu beban yang mengenainya. Sifat-sifat mekanik merupakan ciri-ciri penting produk-produk kayu yang akan digunakan untuk bahan bangunan (Haygreen, 1982).

a. Pentingnya sifat fisik

Berikut betapa pentingnya sifat mekanik kayu sesuai dengan pemaparan *US. Forest Product Laboratory (1997)*:

1) Kekuatan lentur

Menentukan beban yang dipikul gelagar dan balok.

2) Kekuatan tekan sejajar serat

Menentukan beban yang dipikul tiang atau pancang yang pendek.

3) Kekuatan tekan tegak lurus serat

Penting dalam rancangan sambungan suku-suku dalam suatu bangunan dan penyangga pada gelagar.

4) Kekuatan tarik sejajar serat

Penting untuk sambungan suku bawah (busur) dalam suatu bangunan dan sambungan antar suku-suku pada bangunan.

5) Kekuatan geser sejajar serat

Menentukan kapasitas beban yang dipikul gelagar pendek.

b. Sifat mekanik yang ditinjau

Sifat mekanik kayu menentukan kekuatan dan keteguhan suatu material kayu, dalam hal sifat mekanis kayu yang ditinjau adalah kuat lentur. Kuat lentur merupakan salah satu sifat mekanik kayu. Kuat lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya untuk melengkungkan kayu atau menahan beban-beban hidup ataupun mati selain beban pukulan yang harus dipikul kayu tersebut (Dumanauw, 1990). Keteguhan lengkung (lentur) juga dapat diartikan sebagai kekuatan atau daya tahan kayu terhadap gaya-gaya yang akan berusaha melengkungkan kayu tersebut. Dalam hal ini dibedakan atas keteguhan lengkung statik dan keteguhan lengkung pukul. Keteguhan lengkung statik menunjukkan kekuatan kayu dalam menahan gaya yang mengenainya perlahan-lahan, sedangkan keteguhan lengkung pukul adalah kekuatan kayu dalam menahan gaya yang mengenainya secara mendadak. Balok kayu yang terletak pada dua tumpuan atau lebih, bila menerima beban berlebihan akan melengkung/melentur.

Destruktif test merupakan pengkajian kekuatan suatu material melalui serangkaian tes dengan menggunakan cara konvensional (bersifat merusak) dapat menyebabkan banyak kayu yang tebuang untuk pengujian (Mardikanto dan Praggondo, 1991). Pengujian material dengan metode destruktif umumnya lebih mudah di laksanakan, dan memberikan hasil yang terbaik dalam menaksir kekuatan suatu material.

Pengujian destruktif sangat erat kaitanya dengan sifat mekanis karena menduga sifat mekanis kayu dengan mesin uji khusus yang membebani. Pada pengujian ini menggunakan metode *One Point Loading (OPL)* atau sering disebut dengan *Third Point Bending Test*, sesuai dengan ketentuan ASTM D 198-05, berikut penjelasan mengenai beberapa metode pengujian destruktif antara lain:

1) Metode *One Point Loading (OPL)*

Metode OPL merupakan pengujian dengan memberikan beban tunggal terpusat khusus pada tengah bentang benda uji atau sering juga disebut dengan *third point bending test*.

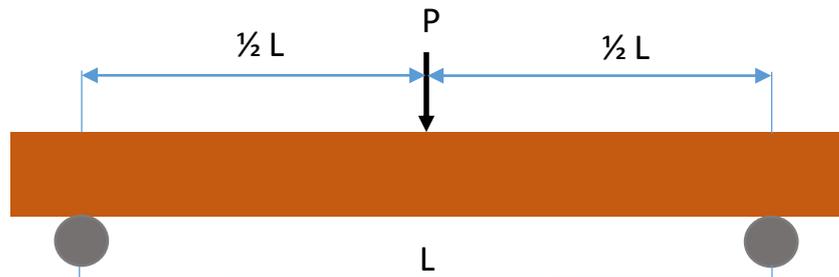
2) Metode *Two Point Loading (TPL)*

Metode ini merupakan pengujian dengan memberikan dua beban khusus dimana beban diberikan pada dua titik dengan jarak yang sama jauh dari titik reaksi tumpuan metode ini juga biasa dikenal dengan *four point bending test*, sebab ada dua beban dan titik tumpuan yang bekerja pada benda uji.

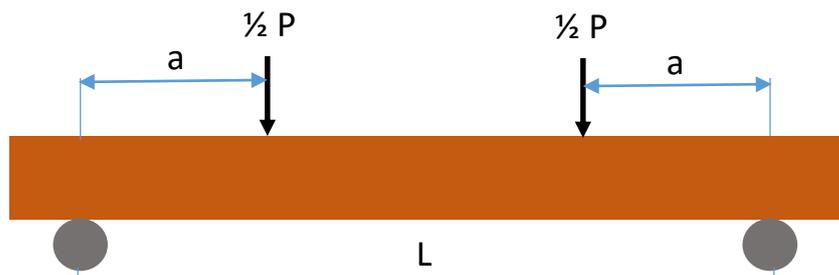
3) Metode *Third Point Loading (TPL)*

Metode *third point loading* yaitu kasus *two point loading* dengan penempatan beban pada $\frac{1}{3}$ bentang benda uji diukur dari tumpuan.

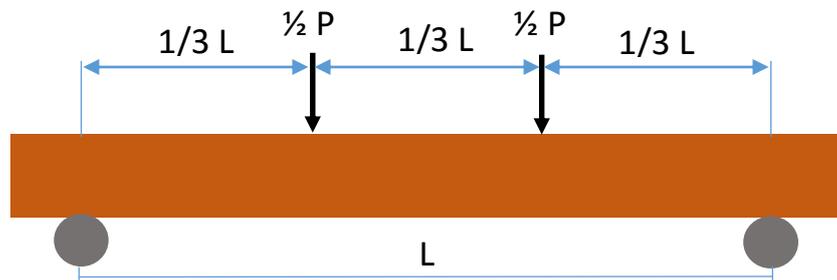
Berikut dijelaskan pada gambar 2, 3 dan 4:



Gambar 2. *One point loading/third point bending test*



Gambar 3. *Two point loading/four point bending test*



Gambar 4. *Third point loading*

Tegangan yang dihitung dari beban maksimum (beban pada saat patah) diebut tegangan patah. Tegangan lentur patah (MOR) merupakan sifat mekanis kayu yang berhubungan dengan kekuatan kayu yaitu kekuatan untuk menahan beban atau gaya luar yang bekerja padanya sampai maksimal dan cenderung merubah bentuk dan ukuran kayu tersebut (Kollman dan Cote 1968). Dengan kata lain kekuatan lentur patah merupakan sifat kekuatan kayu dalam menentukan beban yang dapat dipikul oleh gelgar dan balok (Iswanto,

2008) dinyatakan dalam N/mm². Berikut persamaan yang digunakan untuk menghitung fb/MOR :

$$fb / MOR = \frac{3PL}{2bh^2} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

fb/MOR = *Modulus of rupture* (tegangan lentur patah) (N/mm²)

P = Beban (N)

L = Panjang bentang pengujian (mm)

b = Lebar (mm)

h = Tinggi (mm)

Hukum Hooke's menyatakan bahwa kekakuan adalah perbandingan antara tegangan dengan regangan dalam batas elastis yang bernilai konstan. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas, Haygreen dan Bowyer (2003). Rasio ini biasa disebut juga dengan modulus elastisitas atau modulus Young yang disingkat 'MOE' atau secara sederhana 'E' (Hoadley, 2000). Sedangkan menurut SNI 03-3972-1995 modulus elastisitas adalah perbandingan antara besarnya beban dan lendutan yang terjadi sedangkan modulus elastisitas lentur adalah modulus elastisitas yang dihitung dengan nilai lentur dinyatakan dengan N/mm².

Modulus elastisitas merupakan kemampuan kayu menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai dengan batas proporsi. Semakin besar beban yang diberikan semakin tinggi tegangan timbul dan semakin besar perubahan bentuk yang terjadi sampai batas proporsi (Iswanto, 2008). Hubungan tegangan yang terjadi membentuk garis lurus (linear). Batas proporsi itu adalah ketika beban dilepaskan maka benda akan kembali ke bentuk semula.

Haygreen dan Bowyer (2003) menyatakan bahwa E berhubungan dengan regangan, defleksi dan perubahan bentuk yang terjadi. Besarnya defleksi dipengaruhi oleh besar dan lokasi beban, panjang dan ukuran balok serta E dengan defleksi yaitu apabila semakin tinggi E suatu balok, semakin berkurang defleksinya dan semakin tahan terhadap perubahan bentuk. Kekakuan kayu adalah suatu ukuran kekuatan untuk mampu menahan perubahan bentuk atau lengkungan. Kekakuan tersebut dinyatakan dengan istilah modulus elastisitas. Modulus elastisitas merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan. Tegangan didefinisikan sebagai distribusi gaya per unit luas, sedangkan regangan adalah perubahan panjang per unit panjang bahan. Semakin besar modulus elastisitas kayu, maka kayu tersebut semakin kaku dinyatakan dalam N/mm². Untuk mengetahui MOE lentur menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MOE = \frac{PL^3}{4\Delta bh^3} \dots\dots\dots(4)$$

- Dimana:
P = Beban (N)
L = Panjang bentang pengujian (mm)
 Δ = Defleksi akibat beban (mm)
b = Lebar (mm),
h = tinggi (mm)

C. Struktur Kayu

Struktur kayu merupakan suatu struktur yang elemen susunannya adalah kayu. Dalam perkembangannya, struktur kayu banyak digunakan sebagai alternatif dalam perencanaan pekerjaan-pekerjaan sipil, diantaranya adalah rangka kuda-kuda, rangka dan gelagar jembatan, struktur perancah, kolom, dan

balok lantai bangunan. Pada dasarnya kayu merupakan bahan alam yang banyak memiliki kelemahan struktural, sehingga penggunaan kayu sebagai bahan struktur perlu memperhatikan sifat-sifat tersebut. Oleh sebab itu, maka struktur kayu kurang populer dibandingkan dengan beton dan baja. Pemilihan kayu sebagai bahan konstruksi tidak lepas dari berbagai hal sebagai kekurangan dan kelebihan kayu. Berikut kegunaan, kelebihan dan kekurangan kayu sebagai komponen struktur dan non struktur:

1. Kegunaan kayu sebagai bahan struktur kayu mempunyai berbagai kekuatan berdasarkan gaya yang bekerja, yaitu sebagai berikut:

a. Menahan lenturan

Besarnya daya tahan kayu terhadap lenturan tergantung pada jenis kayu, besarnya penampang kayu, berat badan, lebar bentangan, sehingga dengan dapatnya kayu menahan lenturan maka dapat menahan beban tetap maupun beban kejut/pukulan.

b. Menahan tarikan

Kekuatan terbesar yang dapat ditahan oleh kayu adalah sejajar arah serat, sedangkan kekuatan tarikan tegak lurus arah serat lebih kecil dari pada sejajar serat.

c. Menahan tekanan (desak)

Kayu juga dapat menahan beban desak, baik tekanan sejajar serat maupun tegak lurus serat, misalnya sebagai bantalan kereta api. Daya tahan desak tegak lurus serat lebih kecil bila dibandingkan dengan sejajar serat.

d. Menahan geser

Kayu lebih kuat mendukung gaya geser tegak lurus arah serat daripada menurut arah serat, jarang terjadi kayu patah karena gaya geser. Umumnya akan timbul retak- retak akibat gaya desak lebih dahulu.

2. Kelebihan kayu:

- a. Berkekuatan tinggi dengan berat jenis rendah
- b. Tahan terhadap pengaruh kimia dan listrik
- c. Relatif mudah dikerjakan dan diganti
- d. Mudah didapatkan, relatif murah
- e. Pengaruh temperatur terhadap perubahan bentuk dapat diabaikan
- f. Pada kayu kering memiliki daya hantar panas dan listrik yang rendah, sehingga baik untuk partisi
- g. Memiliki sisi keindahan yang khas.

3. Kekurangan kayu:

- a. Adanya sifat-sifat kayu yang kurang homogen, cacat kayu (mata kayu, retak, dll.)
- b. Beberapa jenis kayu kurang awet
- c. Kekuatannya sangat dipengaruhi oleh jenis kayu, mutu, kelembaban dan pengaruh waktu pembebanan
- d. Keterbatasan ukuran khususnya untuk memenuhi kebutuhan struktur bangunan yang makin beskala besar dan tinggi
- e. Untuk beberapa jenis kayu tertentu harganya relatif mahal dan ketersediaan terbatas (langka).

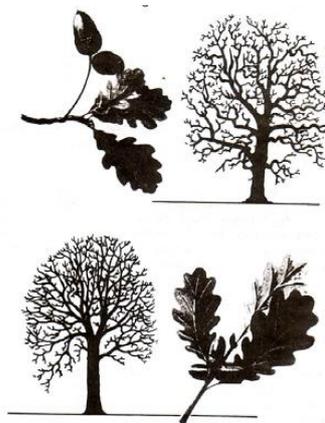
D. Jenis-jenis Kayu

Kayu adalah suatu bahan yang dihasilkan dari sumber kekayaan alam, merupakan bahan mentah yang mudah diproses untuk dijadikan barang sesuai dengan keinginan dan kemajuan teknologi. Kayu berasal dari tumbuh-tumbuhan hidup di alam yang jenis pohonnya mempunyai batang berupa kayu. Ada berbagai jenis kayu yang dihasilkan dari pohon yang secara umum dapat dibedakan atas dua golongan besar, yaitu:

1. Jenis pohon golongan daun lebar

Ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Umumnya bentuk daun lebar
- b. Tajuk besar dan membundar
- c. Terjadi guguran daun
- d. Pertumbuhan lambat/lama
- e. Umumnya batang tidak lurus dan berbonggol
- f. Umumnya memiliki kayu yang lebih keras

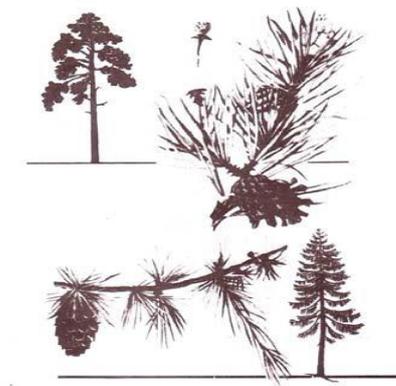


Gambar 5. Jenis pohon dari golongan pohon daun lebar
(Sumber: Ningsi, 2014)

2. Jenis pohon golongan daun jarum

Ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Bentuk daun seperti jarum
- b. Tajuk berbentuk kerucut
- c. Umumnya tidak menggugurkan daun, kecuali beberapa pohon saja
- d. Pertumbuhan cepat dan lurus keatas.
- e. Umumnya memiliki kayu lunak dan ringan.



Gambar 6. Jenis pohon dari golongan pohon daun jarum
(Sumber: Ningsi, 2014)

E. Klasifikasi Kayu

Penggolongan kayu dapat ditinjau dari aspek fisik, mekanik dan keawetan. Secara fisik terdapat klasifikasi kayu lunak dan kayu keras. Kayu keras biasanya memiliki berat satuan (berat jenis) lebih tinggi dari kayu lunak. Klasifikasi fisik lain adalah terkait dengan kelurusan dan mutu muka kayu. Berikut klasifikasi kayu berdasarkan pemilihan secara mekanis dan keawetan kayu:

1. Klasifikasi kayu berdasarkan penggunaan

Banyak sedikitnya penggunaan suatu jenis kayu oleh konsumen kayu dilihat dari kelas kekuatan jenis kayu yang bersangkutan. Berikut penggolongan kayu berdasarkan tingkat pemakaiannya, sebagai berikut:

- a. Tingkat I dan II: Untuk Keperluan konstruksi-konstruksi berat, tidak terlindung dan terkena tanah lembab (Tingkat I: kayu jati, merbau, bengkirai, belian), (Tingkat II: kayu rasamala, merawan).
- b. Tingkat III: Untuk Keperluan konstruksi-konstruksi berat terlindung (kayu puspa, kamper, kruing)
- c. Tingkat IV: Untuk keperluan Konstruksi ringan yang terlindung (meranti, suren, jeungjing)
- d. Tingkat V: Untuk keperluan pekerjaan sementara.

2. Kuat acuan berdasarkan pemilahan secara mekanis

Pemilihan secara mekanis untuk mendapatkan modulus elastisitas lentur harus dilakukan dengan mengikuti standar pemilahan mekanis yang baku. Berdasarkan modulus elastis lentur yang diperoleh secara mekanis, kuat acuan lainnya dapat diambil mengikuti Tabel 3. Kuat acuan yang berbeda dengan Tabel 3. dapat digunakan apabila ada pembuktian secara eksperimental yang mengikuti standar-standar eksperimen yang baku.

Berikut disajikan tabel pemilihan secara mekanis untuk mendapatkan modulus elastisitas di bawah ini:

Tabel 3. Nilai kuat acuan (MPa) berdasarkan pemilahan secara mekanis pada kadar air 15%

Kode Mutu	Ew (MPa)	Fb/MOR (MPa)	Ft// (MPa)	Fc// (MPa)	Fv (MPa)	Fc \perp (MPa)
E26	25000	66	60	46	6.6	24
E25	24000	62	58	45	6.5	23
E24	23000	59	56	45	6.4	22
E23	22000	56	53	43	6.2	21
E22	21000	54	50	41	6.1	20
E21	20000	56	47	40	5.9	19
E20	19000	47	44	39	5.8	18
E19	18000	44	42	37	5.6	17
E18	17000	42	39	35	5.4	16
E17	16000	38	36	34	5.4	15
E16	15000	35	33	33	5.2	14
E15	14000	32	31	31	5.1	13
E14	13000	30	28	30	4.9	12
E13	12000	27	25	28	4.8	11
E12	11000	23	22	27	4.6	11
E11	10000	20	19	25	4.5	10
E10	9000	18	17	24	4.3	9

(Sumber, SK SNI 2002)

Dimana :

Ew = Modulus elastis lentur (MPa)

Fb/MOR= Kuat lentur (MPa)

Ft// = Kuat tarik sejajar serat (MPa)

Fc// = Kuat tekan sejajar serat (MPa)

Fv = Kuat Geser (MPa)

Fc \perp = Kuat tekan tegak lurus (MPa)

3. Sifat keawetan kayu

Daya tahan terhadap pengaruh perusakan rayap, serangga dan binatang lainnya, serta daya tahan terhadap pengaruh cuaca. Berikut disajikan kelas awet kayu pada Tabel 4. dibawah ini:

Tabel 4. Kelas awet kayu

No.	Kelas Awet	I	II	III	IV	V
1	Selalu berhubungan dengan tanah lembab	8 Tahun	5 Tahun	3 Tahun	Sangat pendek	Sangat pendek
2	Hanya terbuka terhadap iklim dan angin	20 Tahun	15 Tahun	10 Tahun	Beberapa tahun	Sangat Pendek
3	Dibawah atap dan terlindung	Tak terbatas	Tak terbatas	Sangat lama	Beberapa tahun	Sangat pendek
4	Dibawah atap dan terlindung terhadap kelembasan, dirawat serta di cat	Tak terbatas	Tak terbatas	Tak terbatas	20 Tahun	20 Tahun
5	Serangan oleh rayap	Tidak Terbatas	Jarang	Agak cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
6	Serangan oleh bubuk kayu kering	Tidak terbatas	Tidak terbatas	Hampir tidak	Tak seberapa	Sangat cepat

(Sumber: PKKI NI-5-2002)

4. Berdasarkan kelas pemakaian kayu

Banyak sedikitnya penggunaan suatu jenis kayu oleh konsumen kayu dilihat dari kelas keawetan dan kelas kekuatan jenis kayu yang bersangkutan.

Berikut penggolongan kayu berdasarkan kelas pemakaiannya dijelaskan pada Tabel 5. sebagai berikut:

Tabel 5. Klasifikasi kelas kayu berdasarkan kelas pemakaian

Kelas Pemakaian	Kelas Keawetan	Kelas Kekuatan	Keterangan
I	I	I	Konstruksi berat, selalu terkena pengaruh-pengaruh buruk, seperti: terus menerus berada dalam tanah, atau terkena panas matahari, hujan dan angin.
II	I	II	
	II	II	
III	III	III	Konstruksi berat yang terlindung berada di bawah atap dan tidak berhubungan dengan tanah basah.
IV	IV	IV	Konstruksi ringan yang terlindung berada di bawah atap.
V	V	V	Konstruksi yang bersifat tidak permanen

(Sumber: PKKI, 1961)

F. Reaksi pada Bahan Kayu

Reaksi yang timbul akibat gaya yang bekerja pada lentur suatu material dijelaskan sebagai berikut:

1. Tegangan normal

Istilah kekuatan atau tegangan pada bahan seperti kayu adalah kemampuan bahan untuk mendukung beban luar atau beban yang berusaha merubah bentuk dan ukuran bahan tersebut. Akibat beban luar yang bekerja ini menyebabkan timbulnya gaya-gaya dalam pada bahan yang berusaha menahan perubahan ukuran dan bentuk bahan. Gaya dalam ini disebut dengan *tegangan* yang dinyatakan dalam N/mm² (Nash, 1977). Jika tegangan yang bekerja kecil maka regangan atau deformasi yang terjadi juga kecil dan jika tegangan yang bekerja besar maka deformasi yang terjadi juga besar. Jika kemudian tegangan dihilangkan maka bahan akan kembali ke bentuk semula. Kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk semula tergantung pada besar sifat elastisitasnya.

Kayu memiliki beberapa tegangan, pada satu jenis tegangan nilainya besar dan untuk jenis tegangan yang lain nilainya kecil. Kemampuan untuk melentur bebas dan kembali ke bentuk semula tergantung kepada elastisitas, dan kemampuan untuk menahan terjadinya perubahan bentuk disebut dengan kekakuan.

Nilai tegangan diperoleh dari besarnya beban per luas penampang yang dibebani, dinyatakan dalam N/mm², atau:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

σ = Tegangan normal

P = Beban

A = Luas penampang

2. Regangan normal

Nash (1977) mengungkapkan bahwa batang yang kedua ujungnya ditarik, maka perpanjangan yang terjadi dapat diukur. Regangan normal, diberi simbol dengan ε , dapat diperoleh dengan membagi total pertambahan panjang ΔL dengan panjang batang mula-mula (L), regangan biasanya dinyatakan millimeter per millimeter sehingga secara efektif tidak berdimensi. Regangan merupakan defleksi yang yaitu perubahan dimensi.

Regangan didefinisikan sebagai deformasi per ukuran semula yaitu:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

ε = Regangan Normal

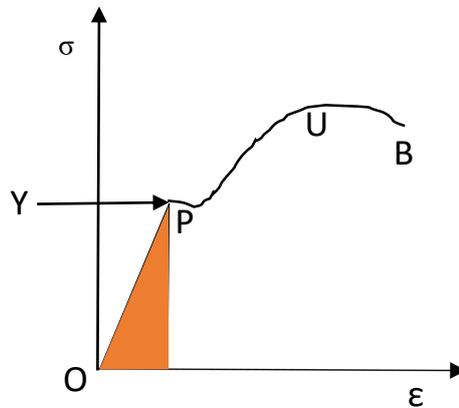
ΔL = Pertambahan panjang

3. Kurva tegangan-regangan

Kurva tegangan-regangan Nash (1977) mengungkapkan bahwa pertambahan panjang pada penampang harus diukur untuk setiap pertambahan beban dan dilakukan sampai terjadi kerusakan (*fracture*) pada penampang. Dengan mengetahui luas penampang awal spesimen, maka tegangan normal, yang dinyatakan dengan σ .

Newton menyatakan luas penampang awal (m^2). Dengan memasang pasangan nilai tegangan normal σ dan regangan normal ε , data percobaan dapat digambarkan dengan memperlakukan kuantitas-kuantitas ini

sebagai absis dan ordinat. Gambar yang diperoleh adalah diagram atau kurva tegangan-regangan, seperti Gambar 7 dibawah ini:



Gambar 7. Kurva tegangan-regangan.

Keterangan:

B = Tegangan putus

P = Batas plastis

U = Batas tegangan maksimum

Y = Kemiringan (*slope*)

σ = Tegangan normal

ϵ = Regangan normal

Nash (1977) menyatakan bahwa specimen yang mempunyai kurva teganganregangan seperti Gambar 7 di atas, dapat dibuktikan bahwa hubungan tegangan-regangan untuk nilai regangan yang cukup kecil adalah linier. Hubungan linier antara pertambahan panjang dan gaya aksial adalah penyebabnya. Hal ini pertama sekali dinyatakan oleh Robert Hooke pada 1678 yang kemudian disebut Hukum Hooke.

Hukum ini menyatakan $\sigma = E\epsilon$ dimana E menyatakan kemiringan (*slope*) garis lurus OP pada kurva-kurva Gambar 4 diatas. Kurva tegangan-regangan yang ditunjukkan pada Gambar 7 diatas dapat digunakan untuk mencirikan beberapa karakteristik bahan, diantaranya:

a. Batas proporsi (*proportional limit*)

Ordinat titik P disebut sebagai batas proporsi, yaitu tegangan maksimum yang terjadi selama uji tarik ketika tegangan masih merupakan fungsi linier dari regangan.

b. Batas elastis (*elastic limit*)

Titik P pada kurva tegangan-regangan diatas merupakan batas elastis, yaitu tegangan maksimum yang terjadi selama uji tarik sampai batas proporsi sehingga tidak terjadi perubahan bentuk atau deformasi maupun residu permanen ketika gaya pembebanan dilepaskan. Nilai batas elastis dan batas proporsi hampir sama dan sering digunakan sebagai istilah yang saling menggantikan.

c. Selang elastis dan plastis (*elastic and plastic ranges*)

Daerah pada kurva tegangan-regangan diatas, sampai batas proporsi disebut selang elastis; sedang rentang kurva tegangan- regangan batas proporsi sampai titik runtuh (*point of rupture*) disebut selang pastis. Nash (1977) menyatakan bahwa bahan mempunyai dua karakteristik, yaitu: Homogen, yaitu mempunyai sifat elastis (E , μ) yang sama pada keseluruhan titik pada bahan. Isotropis, yaitu mempunyai sifat elastis yang sama pada semua arah pada setiap titik dalam bahan. Tidak semua bahan mempunyai sifat isotropis. Apabila suatu bahan tidak memiliki suatu sifat simetri elastik maka bahan tersebut disebut anisotropis, atau 6 kadang-kadang areolotropis. Bahan komposit yang diperkuat dengan filamen didalamnya merupakan contoh dari bahan anisotropis

G. Jenis Kayu yang diuji

1. Kayu Jati

Kayu jati (*Tectona grandis* L.f) termasuk kelas kuat I-II dan kelas awet I-II dengan berat jenis berkisar 0,62 gr/cm³ hingga 0,75 gr/cm³. Tanaman jati merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak berkembang di daerah dengan musim kering agak panjang yaitu berkisar 3-6 bulan pertahun. Ciri fisiknya, dapat amati seperti warna kayu cokelat kuning hingga cokelat kemerahan, memiliki lingkaran tahunan. Selain itu, kayu jati memiliki ciri khusus yang unik yaitu permukaan kayu jati memiliki zat serupa minyak sehingga membuat kayu tampak indah.

2. Kayu Bangkirai

Kayu bangkirai (*Shorea laevifolia endert*) merupakan kayu yang memiliki kadar zat ekstraktif yang cukup tinggi sehingga memiliki sifat keawetan yang tinggi. Kayu bangkirai yang dikenal dalam masyarakat Indonesia memiliki nama antara lain Kalimantan, benua, benuas, enggelam, bangkirai (Balikpapan). Kayu ini memiliki kekuatan kelas I-II dan termasuk kelas awet I-II dengan berat jenis 0,62 gr/cm³ sampai 0,91 gr/cm³ tergantung jenisnya (RPKKI NI-5-2002). Ciri fisiknya, dapat amati seperti warna kayu yang agak kemerah-merahan, serat kecil-kecil agak retak, keras, tidak ada lingkaran tahun, secara umum bobot lebih besar dan tidak punya inti.

3. Kayu Kamper

Kayu kamper termasuk jenis kayu dengan kelas kuat I-II dan kelas awet II-III. Ciri fisiknya, dapat diamati seperti warna kayu yang agak kemerah-

merahan, serat kayu halus, dan tidak mempunyai lingkaran tahun.

4. Kayu Kelapa

Kayu kelapa merupakan salah satu anggota *monocotyledone*, dan masuk *family palamae*. Tanaman kelapa berasal dari daerah tropis dan banyak berkembang di daerah pesisir pantai. Menurut RPKKI NI-5-2002, Penempatan kelas kuat kayu kelapa tergantung dari berat jenis yang dimiliki yaitu berat jenis 0,37 gr/cm³ hingga 0,51 gr/cm³ termasuk kelas kuat IV, berat jenis 0,51 gr/cm³ hingga 0,62 gr/cm³ termasuk kelas kuat III, berat jenis 0,62 gr/cm³ hingga 0,70 gr/cm³ termasuk kelas kuat II, dan berat jenis 0,70 gr/cm³ hingga 1,20 gr/cm³ termasuk kelas kuat I.

Hal tersebut didasarkan pada parameter kekuatan tarik sejajar seratnya, dimana kelas kuatnya bisa berada pada kelas kuat I hingga IV. Untuk tingkat keawetan kayu kelapa berada pada kelas awet III-IV. Ciri fisiknya, dapat amati seperti warna kayu pada bagian pusat batang kelapa berwarna kekuningan, diantara kulit dan pusat berwarna coklat, sedangkan pada bagian tepi berwarna colat kemerahan.

5. Kayu Sukun

Kayu sukun (*Artocarpus indicus L.f*) merupakan jenis kayu dengan tingkat kadar air yang cukup tinggi. Kadar air segar kayu sukun dengan penyusutan bidang tangensial berkisar antara 76,61 % – 99,68 % dengan rata – rata sebesar 86,72 %, sedangkan pada kondisi kering udara berkisar antara 16,25 % - 19,65 % dengan rata–rata sebesar 18,02 %. Kadar air segar kayu sukun dengan penyusutan bidang radial berkisar antara 76,65 % - 97,46 %

dengan rata-rata sebesar 88,65 %, sedangkan kadar air kering udara berkisar antara 16,52 % - 19,18 % dengan rata – rata sebesar 17,76 %.

Penempatan kelas kuat kayu sukun tergantung dari berat jenis yang dimiliki yaitu berat jenis kayu sukun kondisi segar adalah 0,39, kering udara sebesar 0,41, sedangkan pada kondisi kering oven adalah 0,44. Berdasarkan klasifikasi berat jenis kayu menurut Soenardi (1976), maka kayu sukun tergolong kayu dengan berat jenis sedang (BJ 0,30 – 0,40) dan termasuk kelas kuat III, IV, dan V. Untuk tingkat keawetan kayu sukun berada pada kelas awet IV-V. Ciri fisiknya dapat kita amati seperti warna kayu yang cerah, bertekstur agak kasar, serta berserat lurus berpadu.

H. Kajian Penelitian Relevan

Kusnindar (2005), meneliti tentang karakteristik mekanik kayu kamper dengan melakukan uji mekanik mengacu pada ISO 1975. Meneliti karakteristik mekanik kayu sebagai dasar dari aplikasi struktural. Dari hasil pengujian diperoleh fakta bahwa kadar air aktual kayu kamper (*Dryobalanops* sp) adalah 22,076%. Kondisi ini menggambarkan bahwa kayu masih berada dalam kondisi basah, sekaligus memberikan prasyarat bahwa kayu yang ada di pasaran umum masih harus diberi perlakuan berupa pengeringan terlebih dahulu sebelum digunakan. Dalam hubungannya dengan penelitian ini, maka bahan kayu perlu dikondisikan pada kadar air 12%, agar diperoleh harga yang optimal. Kerapatan kayu kamper (ρ_{12}) = 0,599 g/cm³. Kondisi ini masih memberi kemungkinan adanya peningkatan kerapatan melalui proses pengempaan, karena secara umum kerapatan kayu bisa mencapai 0,8 g/cm³ . Dalam hal ini lentur dengan kapasitas

kekuatan (MOR) adalah 89,989 MPa dan lentur elastisitas (MOE) adalah 13,260 MPa. ketegangan paralel kekuatan ($\sigma_{//}$), kekuatan kompresi paralel ($\sigma_{tk //}$), dan kekuatan geser adalah 126,913 MPa, 0.4 $\sigma_{//}$ dan 10,913 MPa. Jenis keruntuhan adalah linier elastis, runtuhnya rapuh akan terjadi diketegangan di elastis sisi lain dan non linier runtuhnya akan terjadi di lentur. Rata-rata intensitas mekanik dari Kamper akan meningkat jika kadar air mengalami penurunan. meningkatkan pada kapasitas kompresi paralel, yaitu 50,5% jika dibandingkan dengan kondisi kering. Dari segi tipe keruntuhan, material kayu kamper termasuk dalam bahan konstruksi yang daktail dengan tipe keruntuhan elastis nonlinier. Hal ini ditunjukkan dengan bentuk kurva tegangan regangan yang non-linier seperti disajikan pada Gambar 3. Nonlinieritas lentur kayu kamper adalah akibat dari sifat kayu yang anisotropis dan strukturnya yang terdiri dari formasi serat-serat yang bersifat daktail dan liat.

Yoresta (2015), Modulus Elastisitas (MOE) menggambarkan ketahanan terhadap lentur balok kayu laminasi mendapatkan nilai MOE rata-rata balok tipe A, B, dan C untuk kedua tipe paku ($\phi 3,4$ mm dan $\phi 4,2$ mm) yang digunakan, nilai MOE tertinggi terdapat pada balok tipe C (49864,7 kg/cm² dan 47784,3 kg/cm²), kemudian diikuti oleh balok tipe B (20444,7 kg/cm² dan 19966,5 kg/cm²), sedangkan nilai terendah terdapat pada balok Tipe A (8800,9 kg/cm² dan 12541,8 kg/cm²). Nilai MOE yang tinggi pada balok tipe C diduga disebabkan oleh adanya pengaruh ketahanan geser yang kuat pada balok ini sehingga mampu memperkecil deformasi geser yang terjadi. Rendahnya kekakuan lentur suatu balok sangat disebabkan oleh deformasi geser yang besar

(Gotou et al. 2014). Pada penelitian ini, diameter paku tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai MOE ($p > 0,05$). Namun sebaliknya, penggunaan dan posisi penempatan paku dan perekat (tipe balok) berpengaruh signifikan terhadap nilai MOE ($p < 0,05$). Kekuatan lentur atau sering dikenal dengan istilah Modulus of Rupture (MOR) menentukan kapasitas beban eksternal yang mampu dipikul oleh sebuah balok. Nilai MOR rata-rata untuk balok tipe A, B, dan C menggunakan paku berdiameter $\phi 3,4$ mm (paku 3") untuk tipe A, B, dan C berturut-turut adalah $288,5 \text{ kg/cm}^2$, $301,4 \text{ kg/cm}^2$, dan $368,2 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan untuk balok yang menggunakan paku berdiameter $\phi 4,2$ mm (paku 4") adalah $298,9 \text{ kg/cm}^2$, $356,9 \text{ kg/cm}^2$, dan $350,8 \text{ kg/cm}^2$. Kekuatan lentur maksimum balok laminasi akan semakin kecil apabila terjadi kerusakan slip antar lapisan penyusunnya (Sulistyawati et al. 2008). Kerusakan ini sangat mungkin terjadi di area yang menggunakan perekat sebagai penghubung karena kekuatan geser perekat lebih kecil dari paku. Hal ini terjadi apabila rekatan antar lapisan kayu kurang sempurna sehingga balok tidak berperilaku sebagai satu kesatuan.

Fauzan *et all* (2009) meneliti tentang kayu kelapa sebagai alternatif bahan konstruksi untuk mengetahui kelas dan kekuatannya secara pasti. Penggunaan kayu kelapa untuk berbagai kondisi yang dipengaruhi cuaca dan kelembaban lingkungan perlu diketahui kekuatannya untuk kadar air yang berbeda-beda dan perkiraan besar pengurangan kekuatan yang terjadi untuk perencanaan. Selain itu bisa mengetahui klasifikasi kayu kelapa berdasarkan PKKI 1961. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu kelapa dengan umur sekitar 20 tahun dan umur 70 tahun. Penelitian ini dilakukan

dengan membedakan kadar air dan berat jenis. Dari pengujian yang dilakukan penambahan kadar air menyebabkan pengurangan kekuatan lentur kayu. Untuk kekuatan lentur berdasarkan PKKI 1961, kayu kelapa memiliki nilai kuat lentur yang lebih kecil, berarti kayu kelapa memiliki nilai kuat lentur rendah dibanding dengan kayu pada umumnya. Kuat lentur sangat erat hubungannya dengan serat yang dimiliki oleh kayu. Berdasarkan hal tersebut, kecilnya kuat lentur kayu kelapa disebabkan karena serat yang dimilikinya putus-putus dan tidak menyatu seperti serat kayu konvensional yang tidak terputus dari pangkal sampai ke ujung. Berdasarkan hasil di atas maka kayu kelapa kurang cocok digunakan untuk konstruksi yang menahan lentur, jadi kayu kelapa baik untuk konstruksi kuda-kuda. Sifat mekanis yang dilihat adalah kuat geser sejajar serat, kuat tekan sejajar serat dan tegak lurus serat, kuat lentur sejajar serat dan kuat tarik sejajar serat. Benda uji diambil pada bagian bawah batang pohon kelapa sekitar 1-2 m. Sebelum dilakukan pengujian sifat mekanis dilakukan pengaturan kadar air benda uji. Berdasarkan penelitian, diketahui bahwa peningkatan kadar air kayu kelapa berbanding terbalik dengan kuat tekan dan kuat tariknya, namun berbanding lurus dengan kuat gesernya. Terjadi peningkatan kekuatan yang besar pada kayu kelapa dari kadar air 20% menuju 0% kecuali untuk kekuatan gesernya. Berdasarkan berat jenis rata-rata yang diperoleh sebesar 0,83, maka kayu kelapa berumur 70 tahun termasuk kategori kayu kelas kuat II dan kayu kelapa berumur 20 tahun dengan berat jenis rata-rata 0,58 termasuk kategori kayu kelas kuat III. Perbedaan kekuatan kayu kelapa pada kondisi kadar air 20% untuk umur 20 tahun dan 70 tahun terbesar terjadi pada kekuatan tekan. Faktor

koreksi layan basah kayu kelapa lebih rendah dibandingkan faktor koreksi layan basah berdasarkan SNI konstruksi kayu 2002.

Harijadi (2009) meneliti tentang kadar air titik jenuh serat beberapa jenis kayu perdagangan di Indonesia. Bahan penelitian utama adalah lima jenis kayu yaitu: sengon, gmelina, nangka, mani, dan mangium yang masing-masingnya dalam keadaan basah. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa nilai KA kondisi basah (KA-B) yang diperoleh untuk kelima jenis kayu yang diteliti berkisar antara 38,34% (mangium) sampai 112,78% (mani), sedangkan untuk kondisi kering udara (KA-KU) berkisar antara 13,65% (mani) sampai 15,32% (sengon). Keragaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai BJ kayu dari lima jenis kayu yang diteliti berkisar antara 0,36 (mangium) sampai 0,54 (nangka). Variasi atau keragaman nilai tersebut juga dipengaruhi oleh perbedaan jenis khususnya dalam hal tebal dinding sel dan kandungan zat ekstraktif. Jika dibandingkan dengan pustaka yang ada, rata-rata BJ kayu mangium yang diteliti tergolong rendah. Hal ini dimungkinkan akibat adanya perbedaan umur dan asal tegakan yang digunakan. Nilai penyusutan volume kayu baik dari basah ke kering udara (B-KU) maupun dari basah ke kering tanur (B-KT) relatif seragam untuk kelima jenis kayu yang diteliti. Nilai tertinggi terdapat pada kayu sengon, masing-masing sebesar 3,52% (B-KU) dan 8,90% (B-KT), sedangkan nilai terendah pada kayu mani sebesar 2,58% (B-KU) dan 7,32 (B-KT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai KA-TJS untuk kayu sengon, gmelina, nangka, mani, dan mangium berturut-turut adalah sebesar 22,86%, 18,36%, 15,23%, 19,06%, dan 22,92%.

Prasetyo (2011) meneliti tentang signifikansi nilai modulus elastisitas kayu meranti, Mahoni, bangkirai yang ada di pasaran dengan SNI 2002. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar air kayu meranti 14,20 %, kayu mahoni 16,21 %, kayu bangkirai 16,81 %. Kerapatan kayu meranti 539,68 kg/m³, kayu mahoni 648,32 kg/m³, kayu bangkirai 979,52 kg/m³. Kuat tekan kayu meranti secara teoritis sebesar 24 N/mm² dan uji langsung sebesar 51,61 N/mm², kuat tekan kayu mahoni secara teoritis sebesar 27 N/mm² dan uji langsung sebesar 87,99 N/mm², kuat tekan kayu bangkirai secara teoritis sebesar 31 N/mm² dan uji langsung sebesar 135,59 N/mm². Kuat tarik kayu meranti secara teoritis sebesar 17 N/mm² dan uji langsung sebesar 36,71 N/mm², kuat tarik kayu mahoni secara teoritis sebesar 22 N/mm² dan uji langsung sebesar 41 N/mm², kuat tarik kayu bangkirai secara teoritis sebesar 31 N/mm² dan uji langsung sebesar 60,94 N/mm². Kuat lentur kayu meranti secara teoritis sebesar 18 N/mm² dan uji langsung sebesar 138,05 N/mm², kuat lentur kayu mahoni secara teoritis sebesar 23 N/mm² dan uji langsung sebesar 160,05 N/mm², kuat lentur kayu bangkirai secara teoritis sebesar 32 N/mm² dan uji langsung sebesar 225,32 N/mm². Kuat geser kayu meranti secara teoritis sebesar 4,3 N/mm² dan uji langsung sebesar 5,15 N/mm². Kuat geser kayu mahoni secara teoritis sebesar 4,6 N/mm² dan uji langsung sebesar 5,97 N/mm², kuat geser kayu bangkirai secara teoritis sebesar 5,1 N/mm² dan uji langsung sebesar 8,40 N/mm². Nilai modulus elastisitas rata-rata kayu meranti secara teoritis sebesar 9280,24 N/mm² dan nilai modulus elastisitas rata-rata uji langsung sebesar 16000 N/mm², nilai modulus elastisitas rata-rata kayu mahoni secara teoritis sebesar 10619,34 N/mm² dan

nilai modulus elastisitas rata-rata uji langsung sebesar 18000 N/mm², nilai modulus elastisitas rata-rata kayu bangkirai secara teoritis sebesar 14259,89 N/mm² dan nilai modulus elastisitas rata-rata uji langsung sebesar 25000 N/mm². Signifikansi nilai modulus elastisitas kayu meranti: 72,40 %, signifikansi nilai modulus elastisitas kayu mahoni: 69,50 %, signifikansi nilai modulus elastisitas kayu bangkirai: 75,31 %.

Pranata dan Palapessy (2014) meneliti tentang kuat lentur, MOE dan MOR kayu Ulin, penelitian dalam tulisan ilmiah ini adalah kekuatan lentur kayu Ulin (Fb) sebesar 52,45 MPa, Modulus elastisitas lentur (MoE) sebesar 5573,79 MPa, dan kekuatan lentur pada beban batas ultimit (MoR) sebesar 85,92 MPa. Mengingat bank data properti sifat mekanika kayu Indonesia khususnya untuk kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*) sangatlah terbatas, maka hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang positif, khususnya untuk perencanaan komponen struktur lentur balok kayu dengan menggunakan kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*).

Laheba *et all*, (2013) meneliti tentang pengaruh kecepatan pembebanan dan dimesi benda uji terhadap kuat tekan beton, Pengaruh kecepatan pembebanan terhadap kuat tekan beton untuk beberapa ukuran benda uji diteliti dalam penelitian ini. Kecepatan pembebanan divariasikan dari 10-100 MPa/menit. Pengujian dilakukan menggunakan mesin uji tekan hidrolik dengan kecepatan pembebanan manual. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan tinggi, semakin besar kecepatan pembebanan maka semakin besar pula kuat tekannya.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Metode

Sesuai dengan tujuannya maka metode ini dilakukan dengan metode eksperimental, data-data yang diperoleh untuk analisis, berupa data primer yang diperoleh dari hasil pengukuran dalam eksperimen yang sudah dilakukan.

Desain eksperimen pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tempat

Penelitian ini dilakukan pada beberapa tempat sebagai berikut:

- a. Pembuatan benda uji dilakukan di Bengkel Kayu Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- b. Pengujian fisik kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- c. Pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Rancangan percobaan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik kayu melalui pengujian lentur kayu. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian berat jenis dan kadar air kayu.
- b. Pengujian lentur kayu.
- c. Analisis data dan pembahasan.

B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah suatu atribut, sifat, atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulan (Sugiono, 2010:61). Variabel-variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya dependen (terikat). Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi jenis kayu.

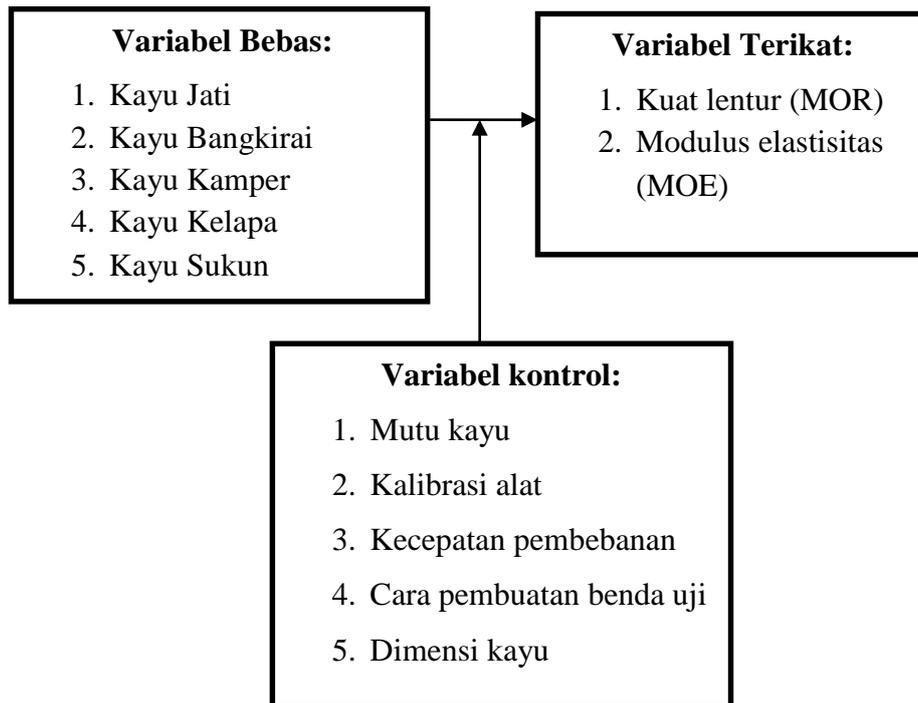
2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat dari variabel *independent* (bebas). Variabel terikat pada penelitian ini adalah kuat lentur kayu, kadar air dan berat jenis.

3. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas dengan variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Faktor-faktor tersebut adalah faktor mutu kayu, dimensi benda uji, kecepatan pembebanan.

Berikut disajikan *flowchart* diagram alir hubungan antar variabel pada Gambar 8. dibawah ini:



Gambar 8. Diagram alir hubungan antar variabel

C. Material

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kayu yang dipilih secara acak, sebagai berikut:

1. Kayu Jati

Kayu Jati sebagai benda uji memiliki dimensi (50 x 50 x 760) dengan ketelitian $\pm 0,3$ %. Berikut gambar benda uji kayu Jati:



Gambar 9. Benda uji kayu Jati

2. Kayu Bangkirai

Kayu Bangkirai sebagai benda uji memiliki dimensi (50 x 50 x 760) dengan ketelitian $\pm 0,3$ %. Berikut gambar benda uji kayu Bangkirai:



Gambar 10. Benda uji kayu Bangkirai

3. Kayu Kamper

Kayu Kamper sebagai benda uji memiliki dimensi (50 x 50 x 760) dengan ketelitian $\pm 0,3$ %. Berikut gambar benda uji kayu Kamper:



Gambar 11. Benda uji kayu Kamper

4. Kayu Kelapa

Kayu Kamper sebagai benda uji memiliki dimensi (50 x 50 x 760) dengan ketelitian $\pm 0,3$ %. Berikut gambar benda uji kayu Kamper:



Gambar 12. Benda uji kayu Kelapa

5. Kayu Sukun

Kayu Kamper sebagai benda uji memiliki dimensi (50 x 50 x 760) dengan ketelitian $\pm 0,3 \%$. Berikut gambar benda uji kayu Sukun:



Gambar 13. Benda uji kayu Sukun

D. Alat

1. Jangka sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur suatu benda baik sisi luar, sisi dalam, celah maupun kedalaman lubang. Menurut SNI 03-2823-1992, jangka sorong berfungsi sebagai alat mengetahui ukuran dari suatu benda dengan ketelitian yang lebih akurat. Pada penelitian ini jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm ini digunakan untuk mengukur tebal dan tinggi kayu.



Gambar 14. Jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm

2. Mesin ketam/*surfacer*

Mesin ketam adalah sebuah mesin kayu yang digunakan untuk mengetam benda uji yaitu kayu dalam dua sisi yang berdekatan sehingga menjadi lurus, rata, dan siku. Mesin ketam yang digunakan dalam pengujian ini dengan merek dagang *Luren*.



Gambar 15. Mesin ketam/*Surfacer*

3. Mesin gergaji belah

Mesin gergaji belah adalah mesin gergaji potong adalah alat yang digunakan untuk membelah benda uji yaitu kayu pada ukuran yang cukup presisi sesuai dengan kebutuhan. Mesin gergaji belah yang digunakan dalam pengujian ini dengan merek dagang *Luren*.



Gambar 16. Mesin gergaji belah

4. Mesin gergaji potong

Mesin gergaji potong adalah alat yang digunakan untuk memotong benda uji yaitu kayu sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Mesin gergaji potong yang digunakan dalam pengujian ini dengan merek dagang *Luren*.



Gambar 17. Mesin gergaji potong

5. Mesin bor

Mesin bor adalah jenis mesin dengan gerakan memutar alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pekerjaan pelubangan). Pada pengujian ini mesin bor digunakan untuk mengambil sampel kayu untuk diuji berat jenis ada dua jenis bor yaitu bor duduk dan bor tangan dengan merek dagang *Medding* dan *Makita*.



Gambar 18. Mesin bor *Medding*



Gambar 19. Mesin bor *Makita*

6. Timbangan

Timbangan adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran massa suatu benda. Berdasarkan SNI 1973-2008, Timbangan adalah salah satu alat yang digunakan dalam pengukuran fisik kayu. Timbangan yang digunakan adalah timbangan kapasitas 310 gram, 10 kg. Fungsi dari masing-masing kapasitas timbangan ini adalah untuk menimbang berat benda uji kayu dan berat benda uji sifat fisik kayu.



Gambar 20. Timbangan dengan kapasitas 310 gr



Gambar 21. Timbangan dengan kapasitas 10 kg

7. Oven

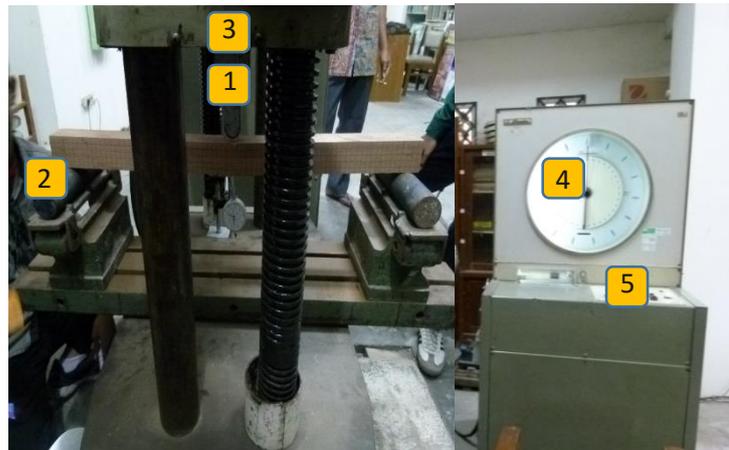
Menurut SNI 03-6848-2002 tentang pengujian berat jenis kayu, oven berfungsi sebagai alat untuk mengeringkan kayu hingga kondisi kering oven, suatu kondisi dimana bila kayu benda telah tidak mengandung air sama sekali setelah dikeringkan dengan menggunakan oven yang dapat ditunjukkan dengan tercapainya berat konstan kayu setelah dikeringkan pada suhu $(103 \pm 2)^\circ \text{C}$. Oven yang digunakan dalam pengujian ini dengan merek dagang *Memmert* dengan kapasitas 200°.



Gambar 22. Oven

8. *Universal Testing Machine (UTM)*

Universal testing machine (UTM) adalah alat yang dipergunakan untuk menguji kekuatan satu bahan material, dengan jenis pengujian *statik* yang dapat berupa uji kelenturan (*flexure/bend test*), uji tarik (*tensile test*), uji tekan (*compress test*) maupun pengujian dinamik. Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan metode kuat lentur.



Gambar 23. *Universal Testing Machine (UTM)*

Keterangan :

a. Bantalan penekan

Bantalan penekan digunakan untuk pemberian beban, terbuat dari bahan baja, mempunyai bentuk dan ukuran sesuai ketentuan SNI 03-3959-1995.

b. Tumpuan

Kedua tumpuan rol yang terbuat dari baja harus mempunyai bentuk dan ukuran memungkinkan benda uji bisa bergerak horizontal.

c. *Loading frame*

Merupakan rangka dari pembebana.

d. *Analog display*

Alat baca yang digunakan untuk membaca beban berupa *analog*.

e. *Manual control valve*,

Tombol manual yang digunakan menggerakkan beban.

9. *Dial gauge*

Dial gauge atau dial indicator adalah sebuah alat ukur yang dipergunakan untuk memeriksa penyimpangan yang sangat kecil dari bidang datar, bidang silinder, bidang silinder dan kesejajaran. Pada penelitian kali ini digunakan untuk mengukur kerenggangan ketika kayu diberi beban.



Gambar 24. *Dial gauge* ketelitian 0,001 mm

E. Prosedur Penelitian

Setiap penelitian mempunyai prosedur penelitian, prosedur penelitian dalam hal ini adalah serangkaian kegiatan penelitian yang dilaksanakan secara teratur dan sistematis. Eksperimen yang dilakukan yaitu menggunakan kayu secara acak sebagai benda uji, yaitu kayu Jati, , kayu Kelapa, kayu Sukun, kayu Bangkirai, kayu Kamper. Dari kelima jenis kayu masing-masing kayu diambil 3 sampel benda uji, dengan dimensi panjang 760 mm, lebar 50 mm dan tinggi 50

mm. Berikut disajikan jumlah sampel tiap jenis kayu pada Tabel 6 dibawah ini:

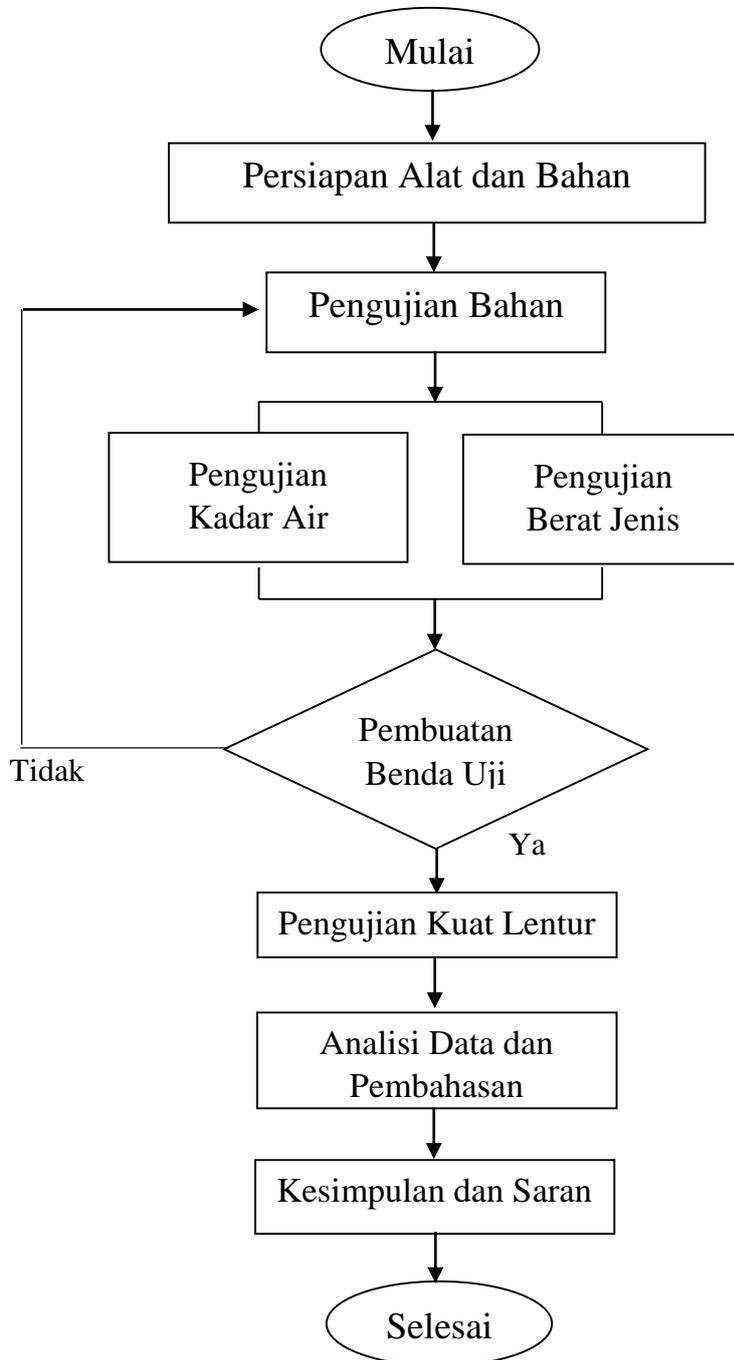
Tabel 6. Jumlah sampel/benda uji tiap jenis kayu

No.	Jenis	Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji (buah)
1	Jati	JT	3
2	Kelapa	KL	3
3	Sukun	SK	3
4	Kamper	KM	3
5	Bangkirai	BK	3
Jumlah Total			15

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan, tahapan tersebut mengikuti urutan langkah di bawah ini:

- a. Persiapan alat dan bahan.
- b. Pengujian awal material, berat jenis dan kadar air kayu.
- c. Pembuatan benda uji.
- d. Pengujian kuat lentur.
- e. Analisis dan kesimpulan data hasil penelitian.

Berikut disajikan skema bagan alir penelitian pada Gambar 26. dibawah ini:



Gambar 26. Diagram alur penelitian

Prosedur penelitian secara rinci dapat diuraikan menjadi tahap-tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Tahap persiapan benda uji

Pelaksanaan sebuah penelitian akan lebih baik terlebih dahulu menyusun sebuah persiapan/rancangan, dimana dari hal tersebut diharapkan pelaksanaan penelitian berjalan lancar serta menghasilkan suatu kebenaran yang dapat dipercaya. Persiapan tersebut digunakan sebagai dasar/patokan dalam melaksanakan penelitian. Pada penelitian ini tahap persiapan benda uji berisi berbagai hal sebagai berikut:

- a. Penentuan rancangan benda uji
- b. Persiapan alat yang digunakan
- c. Persiapan bahan yang digunakan
- d. Teknis pelaksanaan.

2. Tahap pembuatan benda uji

Benda uji pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-3959-1995 yaitu kayu dengan dimensi panjang 760 mm, lebar 50 mm dan tinggi 50 mm dengan ketelitian $\pm 0,25$ mm. Pada penelitian ini terdapat 5 jenis kayu yang diujikan yaitu kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa, dan Sukun. Setiap jenis kayu dibuat 3 sampel benda uji, sehingga total sampel benda uji yang diujikan sebanyak 15 buah dengan ukuran dimensi yang sama.

Pengujian lainnya yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian kadar air kayu dan pengujian berat jenis kayu. Sebelum melaksanakan pembuatan

benda uji, kayu tersebut diuji terlebih dahulu kadar air yang terkandung pada kayu serta berat jenis kayu.

3. Pengujian kadar air kayu

Menurut SNI 03-6848-2002 tentang pengujian berat jenis. Kadar air adalah banyaknya air yang ada di dalam kayu, yang umumnya dinyatakan sebagai persen terhadap berat kering oven kayu.

a. Kondisi basah

Kondisi dimana pada saat kayu memiliki kadar air di atas titik jenuh serat.

b. Kondisi kering oven

Kondisi dimana bila kayu benda telah tidak mengandung air sama sekali setelah dikeringkan dengan menggunakan oven yang dapat ditunjukkan dengan tercapainya berat konstan kayu setelah dikeringkan pada suhu $(103 \pm 2)^\circ \text{C}$

c. Kondisi kering udara

Kondisi dimana kayu telah mencapai kadar air yang sesuai dengan kondisi suhu dan kelembaban udara rata-rata sekitarnya yaitu sekitar 15°C .

d. Kondisi titik jenuh serat

Kondisi dimana dinding sel kayu telah jenuh air namun di dalam rongga sel tidak terdapat air oleh gaya kapiler, pada umumnya pada kadar air 25-30 % yang ditentukan berdasarkan berat kering oven.

Kadar air kayu dapat diperoleh dengan membandingkan antara berat awal-berat kering oven dengan berat kering oven dari hasil tersebut dikalikan 100. Sampel kayu masing-masing mewakili benda uji.

Dengan demikian nilai kadar air kayu dapat dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut :

$$KA = \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100$$

Keterangan:

KA : Kadar air (%)

BA : Berat awal (gr)

BKO : Berat kering oven (gr)

4. Pengujian Berat Jenis Kayu

Menurut SNI 03-6848-2002 tentang metode pengujian berat jenis batang kayu dan kayu struktur bangunan, berat jenis adalah berat pervolume benda tertentu dari suatu bahan dibagi dengan berat air pada volume yang sama. Syarat teknis pengujian berat jenis batang kayu dan kayu struktur bangunan sebagai berikut:

a. Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah berat jenis sebagai berikut:

- 1) Bor *Forstner* (tanpa ulir)
- 2) Tusukan untuk mengukur penambahan inti (*increment core*).

b. Pengeboran

Pengeboran untuk memperoleh benda/bagian uji harus dilakukan:

- 1) Sedemikian rupa sehingga tidak merusak infrastruktur
- 2) Diameter maupun dalamnya lubang harus cukup namun tidak boleh terlalu besar dapat mempengaruhi kekuatan struktur
- 3) Secara hati-hati agar tidak ada serpih yang terbang

4) Ditutup rapat agar tidak menyerap kelembaban atau kehilangan kelembabannya.

c. Benda uji

Benda uji berat jenis harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Mewakili bahan yang diuji.
- 2) Berbentuk serbuk hasil pengeboran bila menggunakan bor *porstner*.

d. Pengukuran

Pengukuran harus dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Dimensi ukur dengan ketelitian $\pm 0,3 \%$
- 2) Berat diukur dengan ketelitian $\pm 0,2 \%$
- 3) Diameter penusuk dan dalamnya lubang harus diukur secara akurat.

e. Pengeringan benda uji

Pengeringan benda uji harus dilakukan pada oven yang suhunya dapat dijaga sebesar $(103 \pm 2)^\circ \text{C}$.

Prosedur pengujian kadar air dan berat jenis benda uji kayu sebagai berikut:

- 1) Bor batang atau bagian kayu struktur dengan alat yang memenuhi ketentuan syarat teknis, pada tempat-tempat tertentu dengan tetap memenuhi ketentuan syarat teknis sehingga dapat memenuhi ketentuan benda uji sesuai syarat teknis pengujian dan kemudian tutup kembali bekas pengeboran.

- 2) Ukur diameter dan dalamnya lubang untuk menentukan volume contoh uji bor “*porstner*” atau ukur diameter dan panjang “*core*” untuk menentukan volume untuk uji bor “*increment*”.
 - 3) Kumpulkan serbuk tangan tetap mengikuti ketentuan syarat teknis dan kemudian timbang untuk memperoleh berat awal (BA).
 - 4) Keringkan serpih (bahan uji) dalam oven yang memenuhi ketentuan syarat teknis sampai beratnya konstan atau diperoleh berat kering oven (BKO).
- f. Nilai berat jenis dapat diketahui dengan persamaan (2) berikut:

$$BJ = K \times \frac{BKO}{V}$$

Keterangan:

BJ = Berat jenis

BKO = Berat kering oven

K = Konstanta, 1000 (berat dalam gram dan dimensi dalam mm)

V = Volume berdasarkan diameter tusukan dan dalamnya lubang

5. Pengujian Kuat Lentur

Pada pengujian kuat lentur menggunakan metode destruktif atau yang berisfat merusak material kayu, namun metode ini sering digunakan guna mengetahui sifat mekanis kayu. Sesuai dengan ketentuan ASTM-D 198-05 pengujian dilakukan dengan metode *One Point Loading (OPL)*, *One Point Loading* merupakan pengujian dengan beban tunggal yaitu khusus pembebanan terpusat (*mind-span*).

Berikut ketentuan teknis pengujian lentur kayu sesuai SNI 03-3959-1995:

a. Benda uji

Benda uji harus memiliki persyaratan sebagai berikut:

- 1) Kelompok benda uji sama jenisnya.
- 2) Benda uji bebas cacat.
- 3) Setiap benda uji mempunyai identitas dengan nomor dan huruf, sehingga mencerminkan nomor urut dan jenis kayu.
- 4) Jumlah benda uji disyaratkan tidak boleh kurang dari 5 buah untuk satu jenis kayu.

b. Peralatan

Peralatan yang dipakai harus dengan kalibrasi yang berlaku. Untuk pengujian kuat tekan kayu diperlukan peralatan sebagai berikut:

- 1) Mesin uji lentur
- 2) Alat pengukur waktu
- 3) Alat ukur
- 4) Roll meter
- 5) Jangka sorong
- 6) Alat pengukur lendutan
- 7) Alat pengukur kadar air.

c. Benda uji

Benda uji harus memenuhi ketentuan:

- 1) Bentuk dan ukuran harus (50 x 50 x 710)
- 2) Ketelitian ukuran penampang benda ± 0.25 mm.
- 3) Kadar air kayu maksimum 20 %.

Cara pengujian lentur adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan benda uji dengan ukuran benda uji untuk pengujian kuat lentur adalah (50 x 50 x 710) mm
- b. Beri nomor kode atau untuk setiap jenis kayu dalam setiap pengujian, sebelum dipasang pada alat uji, ukur lebar dan tinggi benda uji, kemudian catat pada lembar data
- c. Atur jarak tumpuan, benda uji diletakkan diatas kedua tumpuan, dengan jarak tumpuan 710 mm. Seperti pada Gambar 3 berikut:
- d. Pasang benda uji pada alat uji
- e. Pasang *dial guage* di bawah benda uji
- f. Letakan bantalan penekan diatas benda uji
- g. Jalankan mesin uji dengan kecepatan pembebanan 25 kgf, dengan diperbolehkan ada penyimpangan $\pm 25\%$, kemudian catat beban maksimumnya.
- h. Tentukan bentuk keretakan yang terjadi pada benda uji.
- i. Hitung kuat lentur dari benda uji dari rumus berikut:

Tegangan lentur patah (MOR) dari benda uji dihitung dengan persamaan (3) SNI 03-3959-1995 sebagai berikut:

$$f_b(MOR) = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Keterangan:

f_b/MOR = Modulus of rapture (tegangan lentur patah) (N/mm²)

P = Beban (N)

L = Panjang bentang pengujian (mm)

b = Lebar (mm)

h = Tinggi (mm)

- j. Cantumkan semua nilai hasil perhitungan kedalam formulir pada Lampiran.



Gambar 27. Pengujian lentur

6. Analisis data

Data yang dapat diperoleh dalam penelitian ini meliputi:

- d. Dimensi material
- e. Berat benda uji
- f. Pengujian kadar air dan berat jenis kayu
- g. Tegangan
- h. Regangan

Kemudian data tersebut dianalisis dan disajikan secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk grafik dan tabel untuk mengetahui nilai MOR dan MOE pada kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Pengujian kuat lentur merupakan tahap akhir dalam penelitian ini. Dari pengujian yang telah dilakukan maka akan diperoleh nilai MOR dan MOE. Hasil pengujian tersebut menunjukkan sifat karakteristik kayu yang telah diuji. Sebelum masuk pada pengujian tersebut, langkah pertama yang dilakukan adalah pemeriksaan sifat fisik benda uji. Pada penelitian ini, pengujian sifat fisik yang harus dilakukan adalah pengujian kadar air benda uji kemudian dilanjutkan dengan pengujian berat jenis benda uji kayu.

Langkah-langkah setiap pengujian yang dilakukan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku baik pengujian kadar air maupun berat jenis.

Adapun hasil pengujian benda uji kayu adalah sebagai berikut:

1. Data material

Data material berupa data benda uji kayu yang meliputi kode benda uji, dimensi, serta berat dari benda uji. Berikut ini data dimensi benda uji pengujian kuat tekan sejajar arah serat dan tegak lurus arah serat tercantum pada tabel 7 sebagai berikut:

Tabel 7. Data dimensi benda uji pengujian lentur

No.	Jenis Kayu	Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	A (mm ²)
1	Jati	JT1	759,33	51,43	50,58	1975267,45
		JT2	761,33	50,33	49,07	1880251,45
		JT3	760,17	48,98	50,33	1873943,26
2	Bangkirai	BK1	760,60	49,58	50,60	1908153,73
		BK2	757,37	50,65	51,63	1980567,61
		BK3	761,50	50,50	51,45	1978548,34
2	Kamper	KM1	760,60	49,58	50,60	1908153,73
		KM2	757,37	50,65	51,63	1980567,61
		KM3	761,50	50,50	51,45	1978548,34
4	Kelapa	KI1	757,67	48,37	50,47	1849649,69
		KI2	761,00	50,47	50,50	1939587,34
		KI3	757,67	51,17	51,20	1985022,66
5	Sukun	SK1	760,33	50,93	50,70	1963286,87
		SK2	760,00	50,37	51,43	1968802,12
		SK3	759,33	51,20	51,20	1990538,04

2. Data kadar air

Berikut disajikan hasil pengujian kadar air kayu pada tabel 8 berikut ini:

Tabel 8. Hasil pengujian kadar air

No.	Jenis Kayu	Kode Benda Uji	Berat Awal (gr)	Berat Kering Oven (gr)
1	Jati	JT1	7,17	6,66
		JT2	6,96	6,43
		JT3	9,17	8,67
2	Bangkirai	BK1	12,06	10,95
		BK2	13,94	13,00
		BK3	14,02	13,29
3	Kamper	KM1	6,63	5,91
		KM2	5,21	5,14
		KM3	10,22	9,6
4	Kelapa	KI1	9,56	9,23
		KI2	12,41	11,62
		KI3	13,62	13,01
5	Sukun	SK1	4,98	4,89
		SK2	5,26	4,73
		SK3	5,24	5,02

3. Data hasil pengujian berat jenis

Data hasil pengujian berat jenis kayu dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil pengujian berat jenis kayu

Jenis Kayu	Kode Benda Uji	h (mm)	Ø (mm)	Berat Awal (gr)	Berat Kering Oven (gr)
Jati	JT1	51,65	20	7,17	6,66
	JT2	51,9	20	6,96	6,43
	JT3	50,85	20	9,17	8,67
Bangkirai	BK1	49,35	20	12,06	10,95
	BK2	53,55	20	13,94	13,00
	BK3	53,10	20	14,02	13,29
Kamper	KM1	49,90	20	6,63	5,91
	KM2	49,10	20	5,21	5,14
	KM3	50,85	20	10,22	9,6
Kelapa	KL1	51,35	20	9,56	9,23
	KL2	51,90	20	12,41	11,62
	KL3	52,05	20	13,62	13,01
Sukun	SK1	50,35	20	4,98	4,89
	SK2	54,15	20	5,26	4,73
	SK3	55,15	20	5,24	5,02

4. Data pengujian kuat lentur

Hasil penelitian ini menggunakan lima jenis kayu yaitu kayu jati, bangkirai, berikut pengujian mekanis yang dapat disajikan:

Tabel 10.1 Hasil pengujian kuat lentur kayu

No.	Jenis Kayu	Kode Benda Uji	P (N)	ΔL	A (mm ²)
1	Jati	JT1	15435,00	19,27	1975267,45
2		JT2	8722,00	13,20	1880251,45
3		JT3	860,00	16,70	1873943,26
4	Kelapa	KL1	4312,00	17,69	1849649,69
5		KL2	3650,50	10,31	1939587,34
6		KL3	4336,50	17,75	1985022,66
7	Sukun	SK1	7271,60	17,15	1963286,87
8		SK2	8085,00	15,97	1968802,12
9		SK3	8550,50	20,61	1990538,04

Tabel 10.2 Hasil pengujian kuat lentur kayu

No.	Jenis Kayu	Kode Benda Uji	P (N)	ΔL	A (mm ²)
10	Kamper	KM1	11191,60	19,13	1963018,70
11		KM2	8305,50	17,43	1887615,47
12		KM3	8089,90	19,45	1922958,38
13	Bangkirai	BK1	16366,00	18,73	1908153,73
14		BK2	16660,00	15,35	1980567,61
15		BK3	9653,00	9,92	1978548,34

B. Pembahasan

1. Pengujian sifat fisik kayu

a. Pengujian kadar air kayu

Menurut SNI 03-6848-2002 kadar air adalah banyaknya air yang ada di dalam kayu, yang umumnya dinyatakan sebagai persen terhadap berat kering oven kayu. Untuk mencari kadar air kayu dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KA = \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100\%$$

Keterangan:

KA = Kadar air (%)

BA = Berat awal (gr)

BKO = Berat kering oven (gr)

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan kadar air kayu Jati rerata sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air kayu Jati 1} &= \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100\% \\ &= \frac{7,17 - 6,66}{6,6} \times 100\% \\ &= 7,66\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air kayu Jati 2} &= \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100\% \\ &= \frac{6,96 - 6,43}{6,43} \times 100\% \\ &= 8,24\% \end{aligned}$$

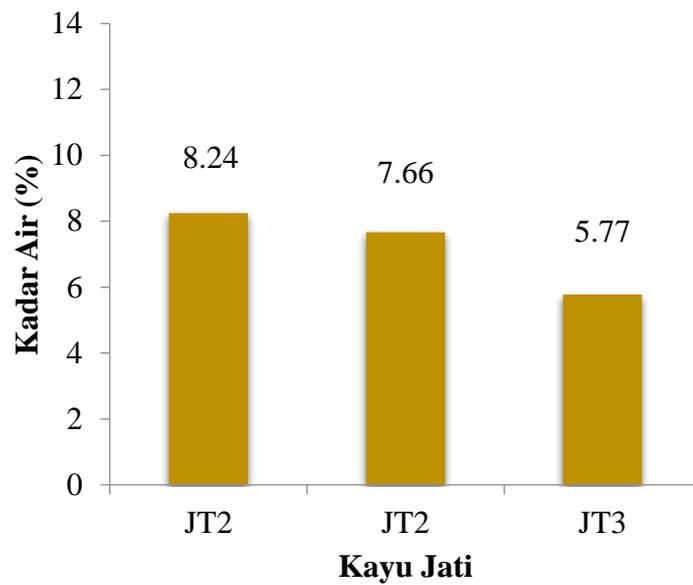
$$\begin{aligned} \text{Kadar air kayu Jati 3} &= \frac{BA - BKO}{BKO} \times 100\% \\ &= \frac{9,17 - 8,43}{8,43} \times 100\% \\ &= 5,77\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air kayu Jati rata-rata} &= \frac{Jati1 + Jati2 + Jati3}{3} \\ &= \frac{7,66\% + 8,24\% + 5,77\%}{3} \\ &= 7,22\% \end{aligned}$$

Berikut disajikan data pengujian kadar air kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun pada Tabel 11 sampai Tabel 15 sebagai berikut:

Tabel 11. Pengujian kadar air kayu Jati

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Berat awal (gr)	7,17	6,96	9,17
Berat kering oven (gr)	6,66	6,43	8,43
Kadar air (%)	7,66	8,24	5,77



Gambar 27. Prosentase kadar air kayu Jati

Keterangan:

JT1 = Benda uji kayu Jati 1

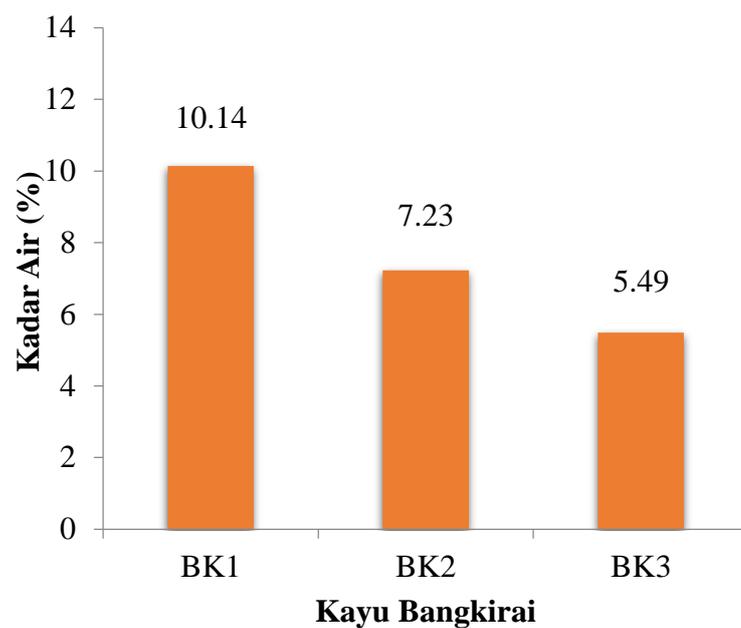
JT2 = Benda uji kayu Jati 2

JT3 = Benda uji kayu Jati 3

Dari Gambar 27 didapatkan kadar air kayu Jati specimen JT1, JT2 dan JT3 berturut-turut sebesar 7,66%, 8,24% dan 5,77%. Kadar air tertinggi terdapat pada specimen JT2 dengan nilai sebesar 8,24%. Besarnya selisih antara specimen JT2 dengan specimen JT1 dan JT3 adalah 7,04% dan 30%.

Tabel 12. Pengujian kadar air kayu Bangkirai

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Berat awal (gr)	12,06	13,94	14,02
Berat kering oven (gr)	10,95	13,00	13,29
Kadar air (%)	10,14	7,23	5,49



Gambar 28. Prosentase kadar air kayu Bangkirai

Keterangan:

BK1 = Benda uji kayu Bangkirai 1

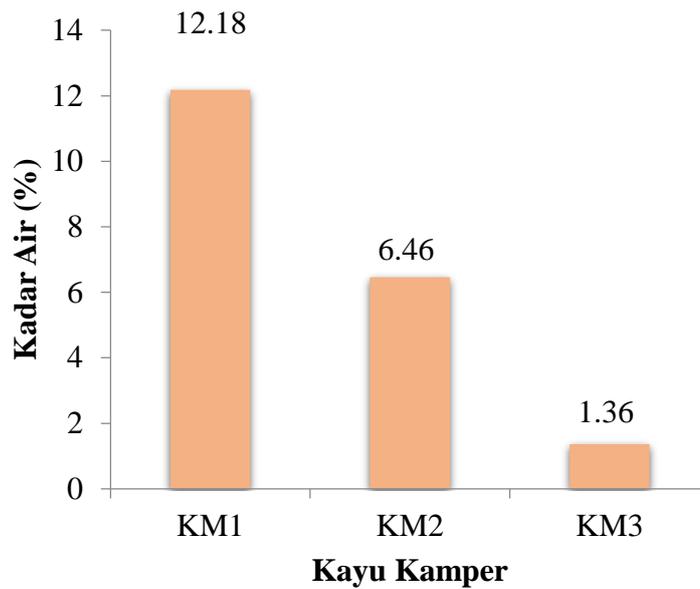
BK2 = Benda uji kayu Bangkirai 2

BK3 = Benda uji kayu Bangkirai 3

Dari Gambar 28 didapatkan kadar air kayu Bangkirai specimen BK1, BK2 dan BK3 berturut-turut sebesar 10,14%, 7,23% dan 5,49%. Kadar air tertinggi terdapat pada specimen BK1 dengan nilai sebesar 10,14%. besarnya selisih antara specimen BK1 dengan specimen BK2 dan BK3 adalah 28,7% dan 45,9%.

Tabel 13. Pengujian kadar air kayu Kamper

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Berat awal (gr)	6,63	5,21	10,22
Berat kering oven (gr)	5,91	5,14	9,60
Kadar air (%)	12,18	1,36	6,46



Gambar 29. Prosentase kadar air kayu Kamper

Keterangan:

KM1 = Benda uji kayu Kamper 1

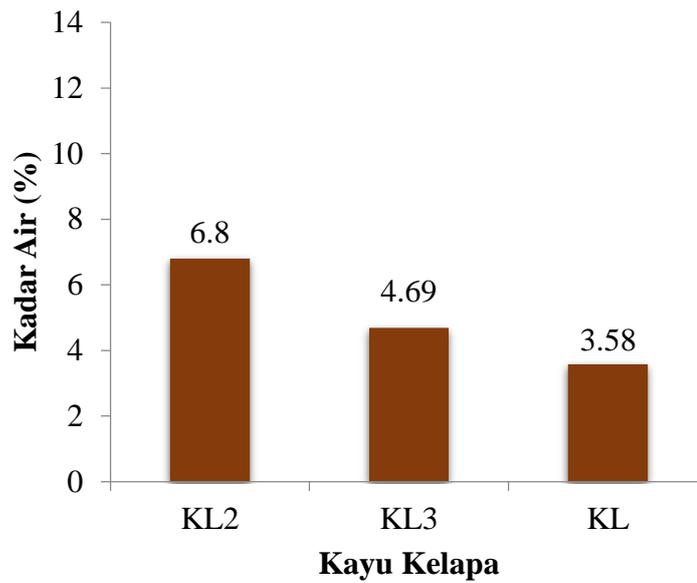
KM2 = Benda uji kayu Kamper 2

KM3 = Benda uji kayu Kamper 3

Dari Gambar 29 didapatkan kadar air kayu Kamper specimen KM1, KM2 dan KM3 berturut-turut sebesar 12,18%, 1,32% dan 6,46%. Kadar air tertinggi terdapat pada specimen KM1 dengan nilai sebesar 12,18%. Besarnya selisih antara specimen KM1 dengan specimen KM2 dan KM3 adalah 88,8% dan 47%.

Tabel 14. Pengujian kadar air kayu Kelapa

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Berat awal (gr)	9,56	12,41	13,62
Berat kering oven (gr)	9,23	11,62	13,01
Kadar air (%)	3,58	6,80	4,69



Gambar 30. Prosentase kadar air kayu Kelapa

Keterangan:

KL1 = Benda uji kayu Kelapa 1

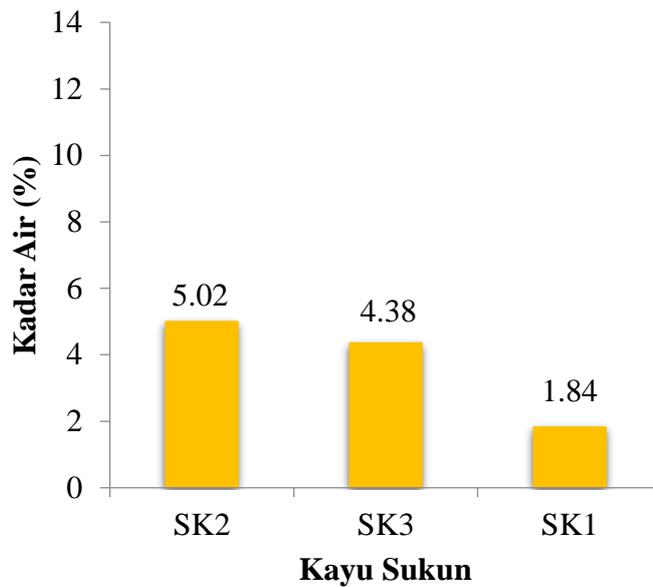
KL2 = Benda uji kayu Kelapa 2

KL3 = Benda uji kayu Kelapa 3

Dari Gambar 30 didapatkan kadar air kayu Kelapa specimen KL1, KL2 dan KL3 berturut-turut sebesar 3,58%, 6,8 % dan 4,69%. Kadar air tertinggi terdapat pada specimen KL2 dengan nilai sebesar 6,8%. Besarnya selisih antara specimen KL2 dengan specimen KL1 dan KL3 adalah 47,4% dan 31%.

Tabel 15. Pengujian kadar air kayu Sukun

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Berat awal (gr)	4,98	5,26	5,24
Berat kering oven (gr)	4,89	4,73	5,02
Kadar air (%)	1,84	5,02	4,38



Gambar 31. Prosentase kadar air kayu Sukun

Keterangan:

SK1 = Benda uji kayu sukun 1

SK2 = Benda uji kayu sukun 2

SK3 = Benda uji kayu sukun 3

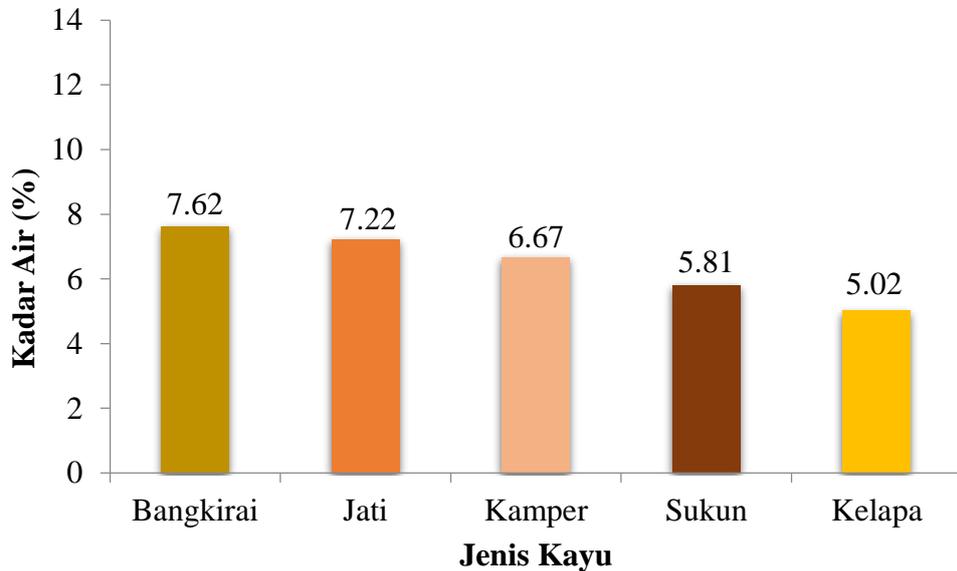
Dari Gambar 31 didapatkan kadar air kayu Sukun 1, 2 dan 3 berturut-turut sebesar 1,84%, 5,02% dan 4,38%. Kadar air tertinggi terdapat pada specimen SK2 dengan nilai sebesar 5,02%. besarnya selisih antara specimen SK2 dengan specimen SK1 dan SK3 adalah 63,4% dan 12,8%.

Kadar air rerata untuk masing-masing jenis kayu dapat dilihat pada Tabel 16 sebagai berikut.

Tabel 16. Hasil pengujian kadar air lima variasi jenis kayu

No.	Jenis Kayu	Kadar Air (%)
1	Jati	7,22
2	Bangkirai	7,62
3	Kamper	6,67
4	Kelapa	5,02
5	Sukun	5,81

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti pada Gambar 32 dibawah ini:



Gambar 32. Nilai kadar air dari lima jenis variasi kayu

Menurut SNI 03-3958-1995 kadar air kayu maksimum 20%. Dari Gambar 32 kadar air kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun memenuhi syarat SNI 03-3958-1995 yaitu dibawah 20%. Besarnya nilai kadar air untuk kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa, dan Sukun berturut-turut sebesar 7,22%, 7,62%, 6,67%, 5,02 %, dan 5,81 %. Nilai kadar air kayu tertinggi terdapat pada kayu Bangkirai dengan nilai 7,62 %. Besarnya selisih kadar air antara kayu Bangkirai dengan Jati, Kamper kelapa dan sukun berturut-turut adalah 5,74%, 12,9%, 34,5% dan 24,15%.

b. Pengujian berat jenis kayu

Menurut SNI 03-6848-2002 berat jenis adalah berat per volume benda tertentu dari suatu bahan dibagi dengan berat air pada volume yang sama.

Untuk mencari berat jenis kayu dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$BJ = K \times \frac{BKO}{V}$$

Keterangan:

BJ = Berat jenis

BKO = Berat kering oven

K = Konstanta, 1000 (berat dalam gram dan dimensi dalam mm)

V = Volume berdasarkan diameter tusukan dan dalamnya lubang

Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan berat jenis kayu Jati rerata sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kayu Jati 1} &= K \times \frac{BKO}{V} \\ &= 1000 \times \frac{6,66}{16232,86} \\ &= 0,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kayu Jati 2} &= K \times \frac{BKO}{V} \\ &= 1000 \times \frac{6,3}{16311,3} \\ &= 0,39 \end{aligned}$$

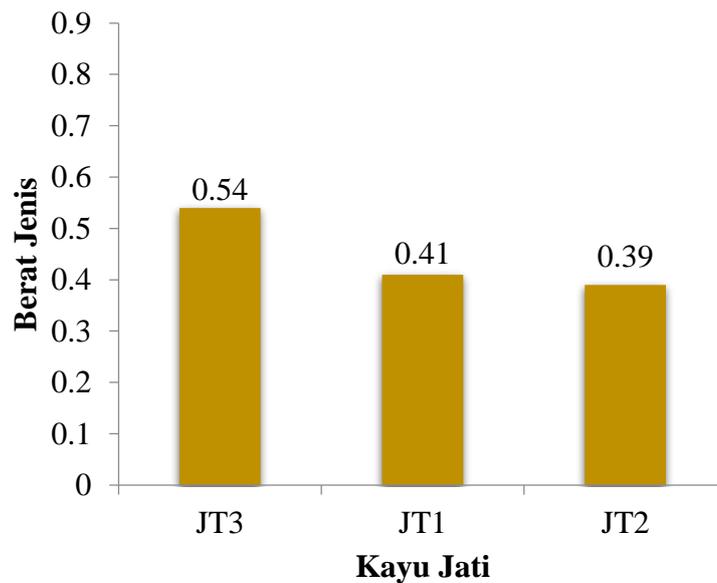
$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kayu Jati 3} &= K \times \frac{BKO}{V} \\ &= 1000 \times \frac{9,17}{15981,43} \\ &= 0,54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis kayu Jati rata-rata} &= \frac{Jati1 + Jati2 + Jati3}{3} \\ &= \frac{0,41 + 0,39 + 0,54}{3} \\ &= 0,45 \end{aligned}$$

Data pengujian berat jenis kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun dapat dilihat pada Tabel 17 sampai Tabel 21 sebagai berikut:

Tabel 17. Berat jenis kayu Jati

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Konstanta	1000	1000	1000
Berat kering oven (gr)	6,66	6,43	9,17
Volume (mm ³)	16232,86	16311,43	15981,43
Berat jenis	0,41	0,39	0,54



Gambar 33. Berat jenis kayu Jati

Keterangan:

JT1 = Benda uji kayu Jati 1

JT2 = Benda uji kayu Jati 2

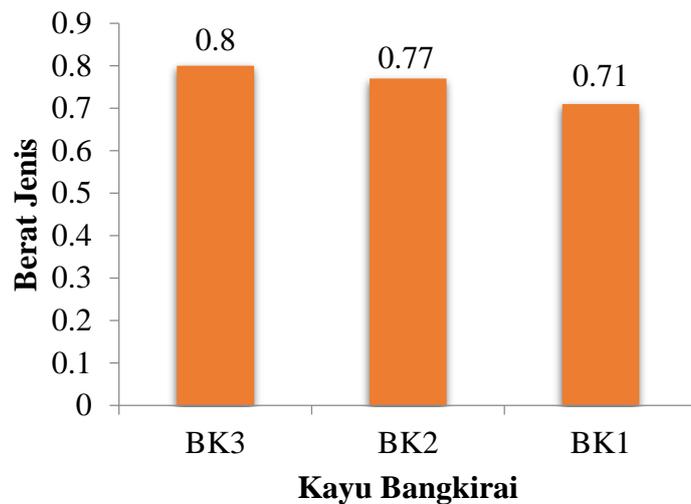
JT3 = Benda uji kayu Jati 3

Dari Gambar 33 didapatkan berat jenis kayu Jati specimen JT1, JT2 dan JT3 berturut-turut sebesar 0,41, 0,39 dan 0,54. Berat jenis terbesar terdapat

pada Specimen JT3 dengan nilai 0,54. besarnya selisih specimen JT3 dengan Specimen JT1 dan JT2 adalah 24,1% dan 27,8%.

Tabel 18. Berat jenis kayu Bangkirai

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Konstanta	1000	1000	1000
Berat kering oven (gr)	10,95	13,00	13,29
Volume (mm ³)	15510	16830	16688,57
Berat jenis	0,71	0,77	0,80



Gambar 34. Berat jenis kayu Bangkirai

Keterangan:

BK1 = Benda uji kayu Bangkirai 1

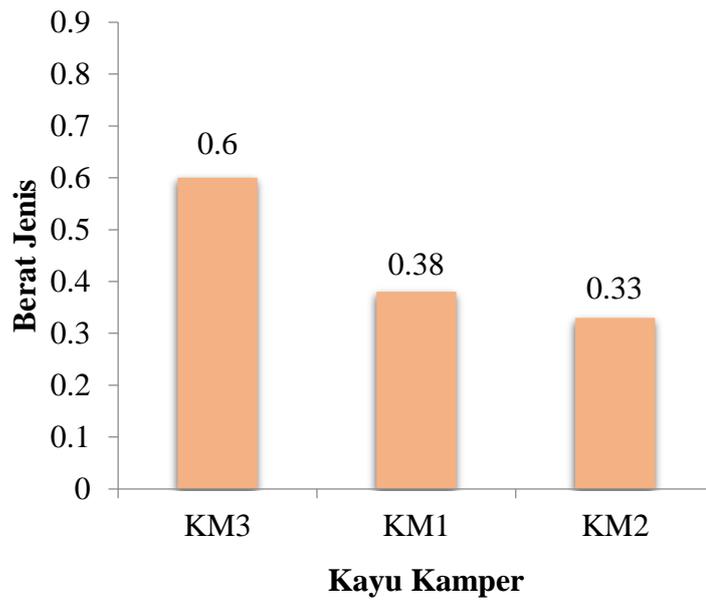
BK2 = Benda uji kayu Bangkirai 2

BK3 = Benda uji kayu Bangkirai 3

Dari Gambar 34 didapatkan berat jenis kayu Bangkirai specimen BK1, BK2 dan BK3 berturut-turut sebesar 0,71, 0,77 dan 0,8. Berat jenis terbesar terdapat pada specimen BK3 dengan nilai 0,8. Besarnya selisih antara specimen BK3 dengan specimen BK1 dan BK2 adalah 11,25% dan 3,75%.

Tabel 19. Berat jenis kayu Kamper

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Konstanta	1000	1000	1000
Berat kering oven (gr)	5,91	5,14	10,22
Volume (mm ³)	15682,86	15431,43	15981,43
Berat jenis	0,38	0,33	0,60



Gambar 35. Berat jenis kayu Kamper

Keterangan:

KM1 = Benda uji kayu Kamper 1

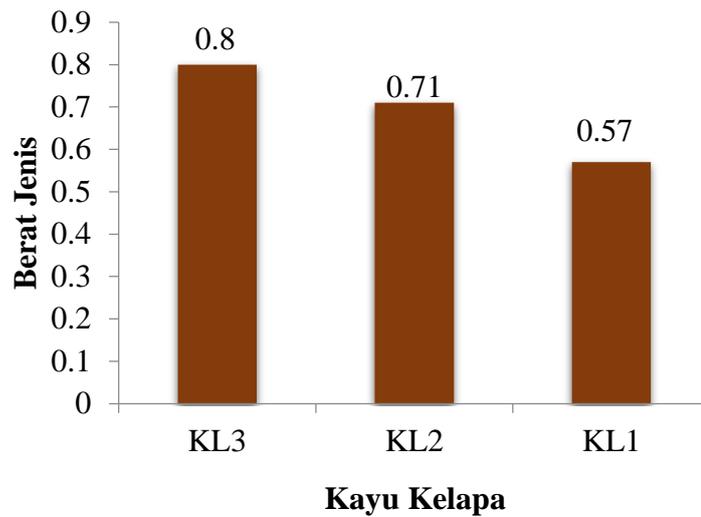
KM2 = Benda uji kayu Kamper 2

KM3 = Benda uji kayu Kamper 3

Dari Gambar 35 didapatkan berat jenis kayu Kamper specimen KM1, KM2 dan KM3 berturut-turut sebesar 0,38, 0,33 dan 0,6. Berat jenis terbesar terdapat pada specimen 3 dengan nilai 0,6. besarnya selisih antara specimen KM3 dengan specimen KM1 dan KM2 adalah 36,7% dan 45%.

Tabel 20. Berat jenis kayu Kelapa

Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 3
Konstanta	1000	1000	1000
Berat kering oven (gr)	9,23	11,62	13,01
Volume (mm ³)	16138,57	16311,43	16358,57
Berat jenis	0,57	0,71	0,80



Gambar 36. Berat jenis kayu Kelapa

Keterangan:

KL1 = Benda uji kayu Kelapa 1

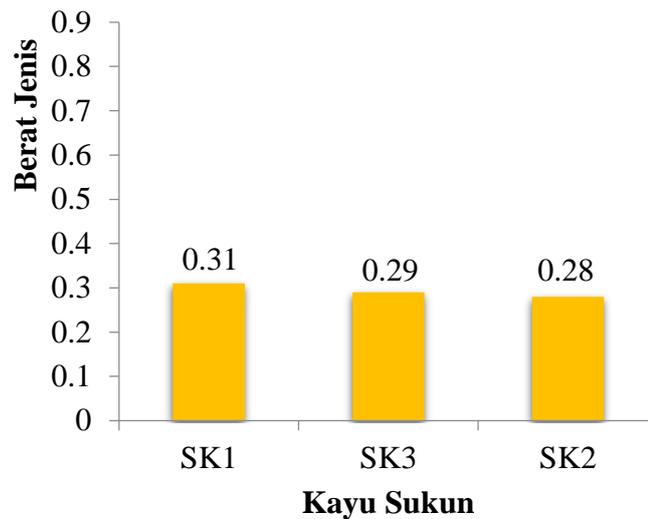
KL2 = Benda uji kayu Kelapa 2

KL3 = Benda uji kayu Kelapa 3

Dari Gambar 36 didapatkan berat jenis kayu Kelapa specimen KL1, KL2 dan KL3 berturut-turut sebesar 0,57, 0,71 dan 0,8. Berat jenis terbesar terdapat pada specimen KL3 dengan nilai 0,8. besarnya selisih antara specimen KL3 dengan specimen KL1 dan KL2 adalah 28,75% dan 11,25%

Tabel 21. Berat jenis kayu Sukun

keterangan	Benda uji 1	Benda uji 2	Benda uji 3
Konstanta	1000	1000	1000
Berat kering oven (gr)	4,89	4,73	5,02
Volume (mm ³)	15824,29	17018,57	17332,85
Berat jenis	0,31	0,28	0,29



Gambar 37. Berat jenis kayu Sukun

Keterangan:

SK1 = Benda uji kayu Sukun 1

SK2 = Benda uji kayu Sukun 2

SK3 = Benda uji kayu Sukun 3

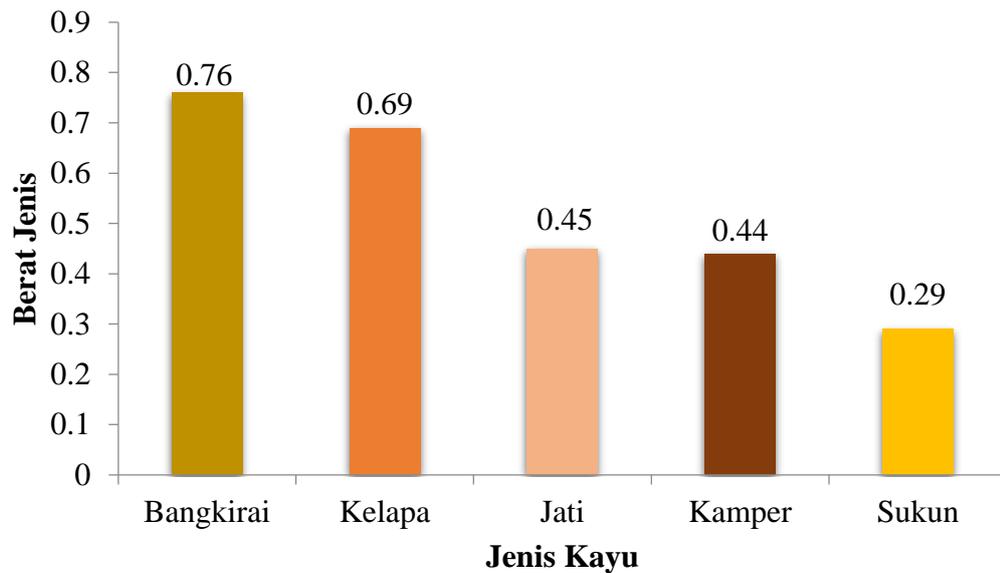
Dari Gambar 37 didapatkan berat jenis kayu Sukun specimen SK1, SK2 dan SK3 berturut-turut sebesar 0,31, 0,28 dan 0,29. Berat jenis terbesar terdapat pada specimen SK1 dengan nilai sebesar 0,31. besarnya selisih antara specimen SK1 dengan specimen SK2 dan SK3 adalah 9,7% dan 6,5%.

Data berat jenis rerata dapat dilihat pada Tabel 22 sebagai berikut:

Tabel 22. Hasil Berat jenis rerata kayu

No.	Jenis Kayu	Berat Jenis
1	Jati	0,45
2	Bangkirai	0,76
3	Kamper	0,44
4	Kelapa	0,69
5	Sukun	0,20

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti pada Gambar 38.



Gambar 38. Nilai berat jenis dari lima variasi jenis kayu

Berdasarkan Gambar 38 dapat diketahui besarnya nilai berat jenis untuk kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa, dan Sukun, berturut-turut sebesar 0,45, 0,75, 0,44, 0,69, dan 0,29. Nilai berat jenis kayu tertinggi untuk pengujian ini adalah kayu Bangkirai sebesar 0,76. Selisih antara berat jenis kayu Bangkirai dengan Jati, Kamper, Kelapa dan Sukun berturut-turut adalah 40%, 41,3%, 8% dan 61,3%.

Menurut PKKI NI 5-1961 tentang kelas kuat kayu ditinjau dari berat jenis, kayu Bangkirai masuk kelas kuat II dengan nilai berat jenis 0,75. Kayu Jati, Kamper dan Kelapa masuk dalam kelas kuat III karena memiliki berat jenis berturut-turut 0,45, 0,44 dan 0,69. Kayu Sukun masuk kelas kuat V dengan nilai berat jenis 0,29.

Menurut PKKI NI 5-1961, kayu Bangkirai masuk pada kelas pemakaian II karena kayu Bangkirai mempunyai kelas kekuatan II, kayu tersebut cocok untuk konstruksi berat, selalu terkena pengaruh-pengaruh

buruk, seperti: terus menerus berada dalam tanah, atau terkena panas matahari, hujan dan angin. Kayu Jati, Kamper dan Kelapa dengan kelas kekuatan III masuk pada kelas pemakaian III, kayu tersebut cocok untuk konstruksi berat yang terlindung berada di bawah atap dan tidak berhubungan dengan tanah basah. Kayu Sukun dengan kelas kuat V masuk pada kelas pemakaian V, kayu ini cocok untuk konstruksi yang bersifat tidak permanen.

Menurut SNI 7973-2013 kayu Jati mempunyai nilai berat jenis diantara 0,67-0,75, hasil pengujian mendapatkan nilai berat jenis rata-rata kayu jati adalah 0,45, kayu Bangkirai mempunyai nilai berat jenis diantara 0,91 (0,91-1,1), hasil pengujian mendapatkan nilai berat jenis rata-rata kayu jati adalah 0,75, untuk kayu Kamper dan Kelapa tidak tercantum dalam SNI, hasil pengujian mendapatkan rata-rata nilai berat jenis kayu Kamper 0,44, Kelapa 0,69, dan Kayu sukun memiliki nilai bert jenis daintara 0,24-0,54, hasil pengujian mendapatkan nilai berat jenis 0,29. Dari hasil yang didapat kayu Jati, Bangkiria, tidak sesuai SNI. Untuk kayu Kamper dan Kelapa dapat menjadi pertimbangan dan acuan pada nilai berat jenis. Kayu sukun sesuai dengan table SNI. Dapat dilihat bahawa nilai berat jenis tidak semua masuk kedalam table SNI 7973-2013, sesuai dengan teori yang didaptakan oleh Brown *et all.*, (1952) bahwa nilai berat jenis bervariasi diantara berbagai jenis pohon dan diantara pohon dari satu jenis yang sam dan juga sempel benda uji di ambil secara acak.

2. Pengujian mekanis

Pengujian mekanis akan didapatkan nilai MOR dan MOE sebagai berikut:

a. Tegangan lentur patah (MOR)

Nilai MOR dinyatakan dalam N/mm^2 dari benda uji dihitung dengan persamaan menurut SNI 03-3959-1995 sebagai berikut:

$$fb / MOR = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Keterangan:

fb/MOR	= Modulus of rupture (tegangan lentur patah) (N/mm^2)
P	= Beban (N)
L	= Panjang bentang pengujian (mm)
b	= Lebar (mm)
h	= Tinggi (mm)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tegangan lentur patah (MOR) dihitung sebagai berikut:

1) Tegangan lentur patah (MOR) kayu Jati

$$\begin{aligned}fb / MOR_{\text{Jati 1}} &= \frac{3PL}{2bh^2} \\ &= \frac{3 \times 15435 \times 710,07}{2 \times 51,43 \times 50,58^2} \\ &= \frac{32879791,35}{263150,48} \\ &= 124.91 N / mm^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}fb / MOR_{\text{Jati 2}} &= \frac{3PL}{2bh^2} \\ &= \frac{3 \times 8722 \times 710,07}{2 \times 51,43 \times 50,8^2}\end{aligned}$$

$$= \frac{18579691.62}{242375.68}$$

$$= 76.66 N / mm^2$$

$$fb / MOR \text{ Jati 3} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$= \frac{3 \times 8428 \times 710,13}{2 \times 48,98 \times 50,33^2}$$

$$= \frac{17954926,92}{248143,34}$$

$$= 72,34 N / mm^2$$

$$fb / MOR \text{ Jati rerata} = \frac{Jati1 + Jati2 + Jati3}{3}$$

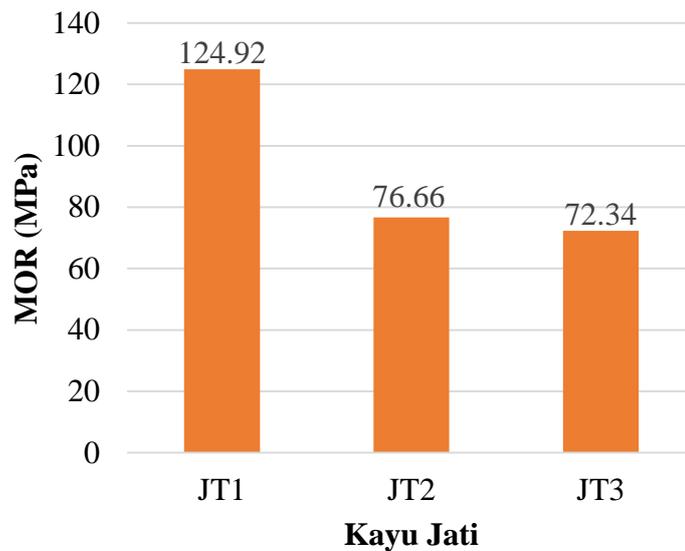
$$= \frac{124,912 + 76,66 + 72,34}{3}$$

$$= 72,34 N / mm^2$$

Tabel 23. Nilai MOR kayu Jati

No.	Kode Benda Uji	P (N)	MOR (N/mm ²)
1	JT1	15435	124,92
2	JT2	8722	76,66
3	JT3	8428	72,34

Berikut disajikan Grafik 39. yang berisi perbandingan antara ketiga benda uji kayu jati yaitu JT1, JT2, dan JT3:



Gambar 39. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Jati

Keterangan:

JT1= Benda uji kayu Jati 1

JT2= Benda uji kayu Jati 2

JT3= Benda uji kayu Jati 3

Berdasarkan Gambar 39 diperoleh nilai MOR kayu Jati pada specimen JT1, JT2 dan JT3 berturut-turut sebesar 124,92 N/mm², 76,66 N/mm² dan 72,34 N/mm². nilai MOR terbesar terdapat pada specimen JT1 dengan nilai 124,92 N/mm².

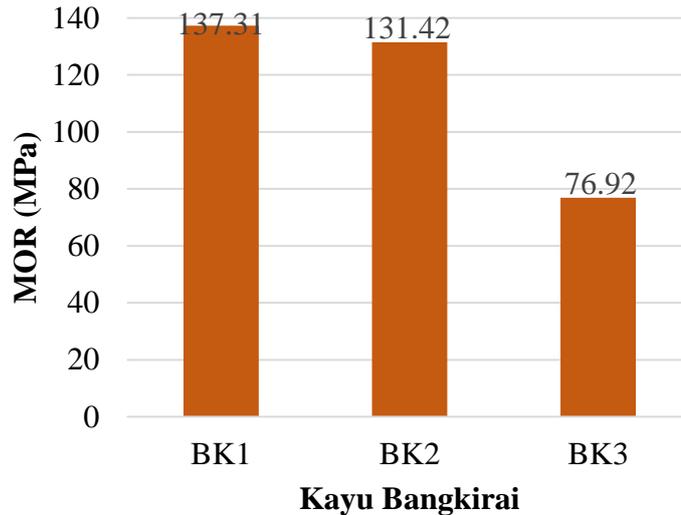
2) Nilia MOR kayu Bangkirai

Berikut disajikan data nilai MOR pada tabel 24:

Tabel 24. Nilai MOR kayu Bangkirai

No.	Kode Benda Uji	P (N)	MOR (N/mm ²)
1	BK1	16366	137,31
2	BK2	16660	131,42
3	BK3	9653	76,92

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 40 sebagai berikut:



Gambar 40. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Bangkirai

Keterangan:

BK1 = Benda uji kayu Bangkirai 1

BK2 = Benda uji kayu Bangkirai 2

BK3 = Benda uji kayu Bangkirai 3

Berdasarkan Gambar 40 diperoleh nilai MOR kayu Bangkirai pada specimen BK1, BK2 dan BK3 berturut-turut sebesar 137,31 N/mm², 131,42 N/mm², dan 76,92 N/mm². Nilai MOR terbesar terdapat pada specimen BK1 dengan nilai 131,42 N/mm², pada BK1 mencapai 131,42 N/mm², hal ini terjadi karena kecepatan pembebanan yang terlalu cepat, semakin cepat kecepatan pembebanan semakin besar juga kekuatan yang diperoleh.

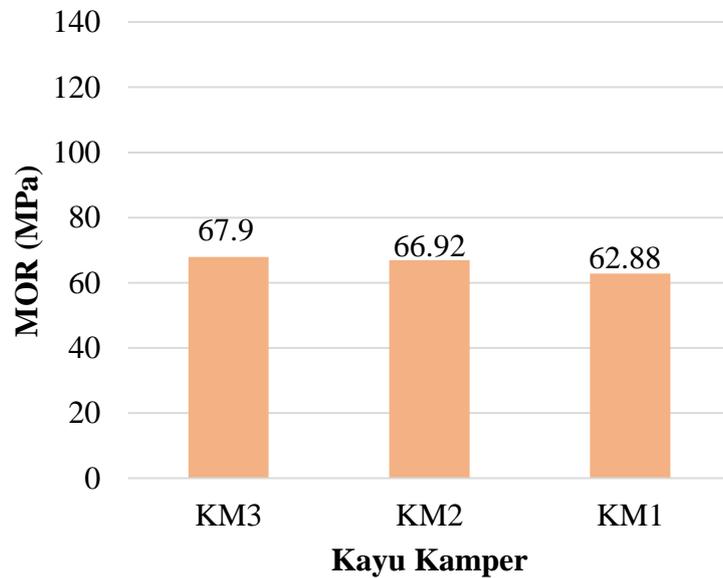
3) Nilai MOR kayu Kamper

Berikut disajikan data nilai MOR pada tabel 25:

Tabel 25. Nilai MOR kayu Kamper

No.	Kode Benda Uji	P (N)	MOR (N/mm ²)
1	KM1	7271,6	62,88
2	KM2	8085	66,92
3	KM3	8550,5	67,90

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 41 sebagai berikut:



Gambar 41. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Kamper

Keterangan:

KM1 = Benda uji kayu Kamper 1

KM2 = Benda uji kayu Kamper 2

KM3 = Benda uji kayu Kamper 3

Berdasarkan Gambar 41 diperoleh nilai MOR kayu Kamper pada specimen KM1, KM2 dan KM3 berturut-turut sebesar 62,88 N/mm², 66,92 N/mm², dan 67,90 N/mm². Kuat kuat lentur patah terbesar terdapat pada specimen KM3 dengan nilai 67,90 N/mm².

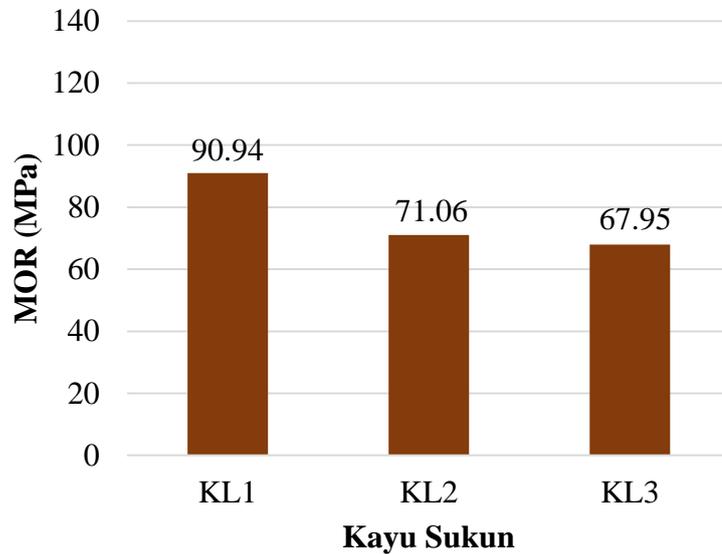
4) Nilai MOR kayu Kelapa

Berikut disajikan data nilai MOR pada tabel 26:

Tabel 26. Nilai MOR kayu Kelapa

No.	Kode Benda Uji	P (N)	MOR (N/mm ²)
1	KL1	11191,6	90,94
2	KL2	8305,5	71,06
3	KL3	8089,9	67,95

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 42 sebagai berikut:



Gambar 42. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Kelapa

Keterangan:

- KL1 = Benda uji kayu Kelapa 1
- KL2 = Benda uji kayu Kelapa 2
- KL3 = Benda uji kayu Kelapa 3

Berdasarkan Gambar 42 diperoleh nilai MOR kayu Kelapa pada specimen KL1, KL2 dan KL3 berturut-turut sebesar 90,94 N/mm², 71,06 N/mm², dan 67,95 N/mm². Nilai MOR terbesar terdapat pada specimen KL1 dengan nilai 90,94 N/mm².

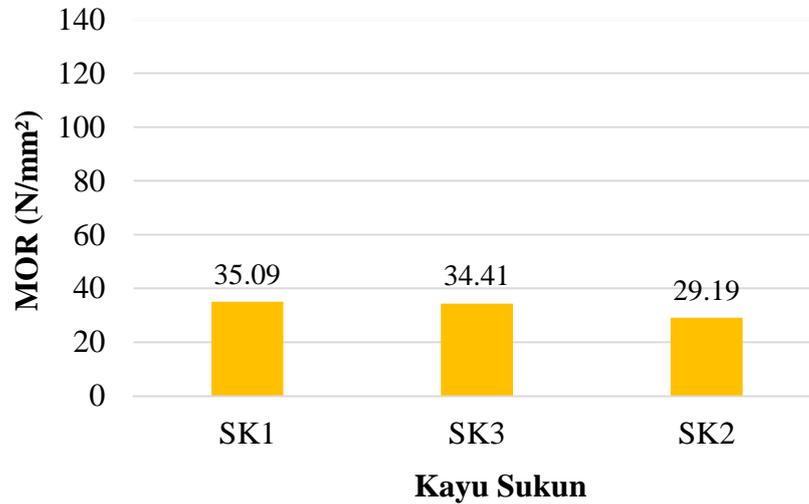
5) Nilai MOR kayu Sukun

Berikut disajikan data nilai MOR pada tabel 27:

Tabel 27. Nilai MOR kayu Kelapa

No.	Kode Benda Uji	P (N)	MOR (N/mm ²)
1	SK1	4312	35,09
2	SK2	3650,5	29,19
3	SK3	4336,5	34,41

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 43 sebagai berikut:



Gambar 43. Grafik perbandingan nilai MOR kayu Sukun

Keterangan:

SK1 = Benda uji kayu Sukun 1

SK2 = Benda uji kayu Sukun 2

SK3 = Benda uji kayu Sukun 3

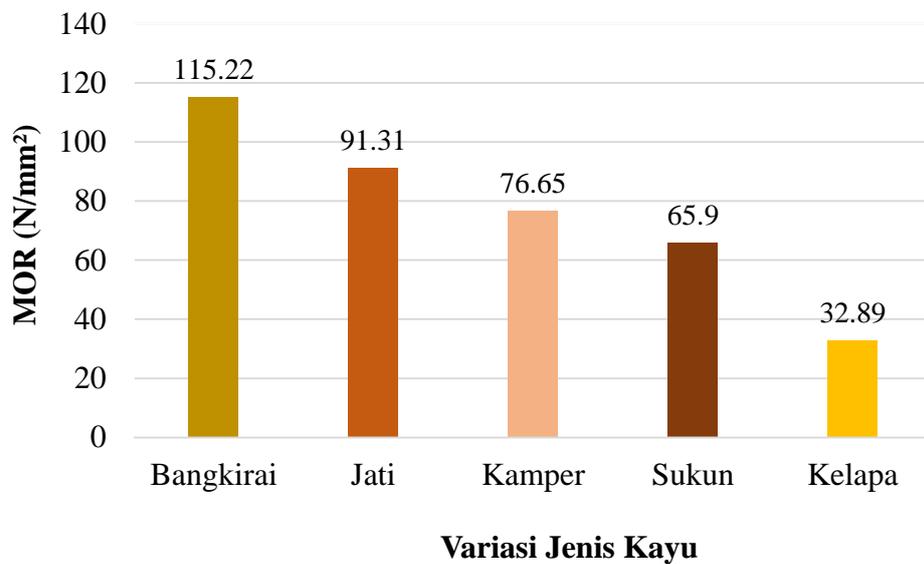
Berdasarkan Gambar 43 diperoleh nilai MOR kayu Sukun pada specimen SK1, SK2 dan SK3 berturut-turut sebesar 35,09 N/mm², 29,19 N/mm², 34,41 N/mm². Kuat kuat lentur patah terbesar terdapat pada specimen SK1 dengan nilai 35,09 N/mm².

Dari variasi jenis kayu didapatkan nilai MOR rerata dalam tabel 28 berikut:

Tabel 28. Rerata nilai MOR

No.	Jenis Kayu	MOR (N/mm ²)
1	Jati	91,31
2	Bangkirai	115,22
3	Kamper	76,65
4	Kelapa	32,89
5	Sukun	65,90

Berdasarkan Tabel 28 menunjukkan bahwa nilai MOR kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun berturut-turut sebesar 91,31 N/mm², 115,22 N/mm², 76,65 N/mm², 32,89 N/mm², dan 65,90 N/mm². Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 44 sebagai berikut:



Gambar 44. Garfik hubungan nilai MOR dengan variasi jenis kayu

Dari Gambar 44 dapat dilihat nilai MOR kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun berturut-turut sebesar 91,31 N/mm², 115,22 N/mm², 76,65 N/mm², 32,89 N/mm², dan 65,90 N/mm². Kayu Bangkirai memiliki kuat MOR terbesar sedangkan kayu Sukun mempunyai nilai MOR yang paling kecil.

Menurut PKKI NI 5-1961 tentang kelas kuat kayu, kelas kuat kayu pada kelima jenis kayu dapat dilihat pada Tabel 29 sebagai berikut:

Tabel 29. Kelas kuat pada kelima jenis variasi kayu

No.	Jenis Kayu	MOR (N/mm ²)	Kelas Kuat
1	Jati	91,31	II
2	Bangkirai	115,22	I
3	Kamper	76,65	II
4	Kelapa	32,89	III
5	Sukun	65,9	V

Dari Tabel 29 diketahui bahwa kayu Bangkirai masuk pada kuat kelas I, sedangkan Jati dan Kamper masuk pada kelas kuat II, kayu Kelapa masuk pada kelas kuat III dan kayu Sukun masuk pada kelas kuat V. Berdasarkan PKKI NI 5-1961 kayu Bangkirai masuk kelas pemakaian II karena memiliki kelas kekuatan I, baik digunakan untuk konstruksi berat, selalu terkena pengaruh-pengaruh buruk, seperti: terus menerus berada dalam tanah, atau terkena panas matahari, hujan dan angin. Jati dan Kamper masuk kelas pemakaian II karena memiliki kelas kekuatan II, kayu tersebut baik untuk konstruksi berat, selalu terkena pengaruh buruk, seperti: terus menerus berada dalam tanah atau terkena matahari, hujan dan angin. Kayu Kelapa dengan kelas kekuatan III masuk pada kelas pemakaian III, kayu tersebut baik digunakan untuk konstruksi berat yang terlindung berada di bawah atap dan tidak berhubungan dengan tanah basah. Kayu Sukun dengan kelas kekuatan V masuk pada kelas pemakaian V, kayu tersebut bagus digunakan untuk konstruksi yang bersifat tidak permanen.

b. Modulus elastisitas lentur (MOE)

Modulus elastisitas merupakan kemampuan kayu menahan perubahan bentuk atau lentur yang terjadi sampai dengan batas proporsi.

Nilai modulus elastisitas lentur dapat diperoleh dari pengujian lentur, dari pengujian lentur dapat dihitung dengan persamaan 4:

$$MOE = \frac{PL^3}{4\Delta bh^3}$$

Dimana:

P = Beban (N)

L = Panjang bentang pengujian (mm)

Δ = Defleksi akibat beban (mm)

b = Lebar (mm), h = tinggi (mm)

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan modulus elastisitas lentur (MOR) dihitung sebagai berikut:

1) Nilai MOE kayu Jati

$$\begin{aligned} MOE \text{ Jati 1} &= \frac{PL^3}{4\Delta bh^3} \\ &= \frac{15435 \times 710,07^3}{4 \times 19,27 \times 50,58 \times 50,33^3} \\ &= 10769,43 N / mm^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MOE \text{ Jati 2} &= \frac{PL^3}{4\Delta bh^3} \\ &= \frac{8722 \times 710,07^3}{4 \times 13,2 \times 51,43 \times 50,8^3} \\ &= 9946,36 N / mm^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MOE \text{ Jati 3} &= \frac{PL^3}{4\Delta bh^3} \\ &= \frac{8428 \times 710,13^3}{4 \times 16,7 \times 48,98 \times 50,33^3} \end{aligned}$$

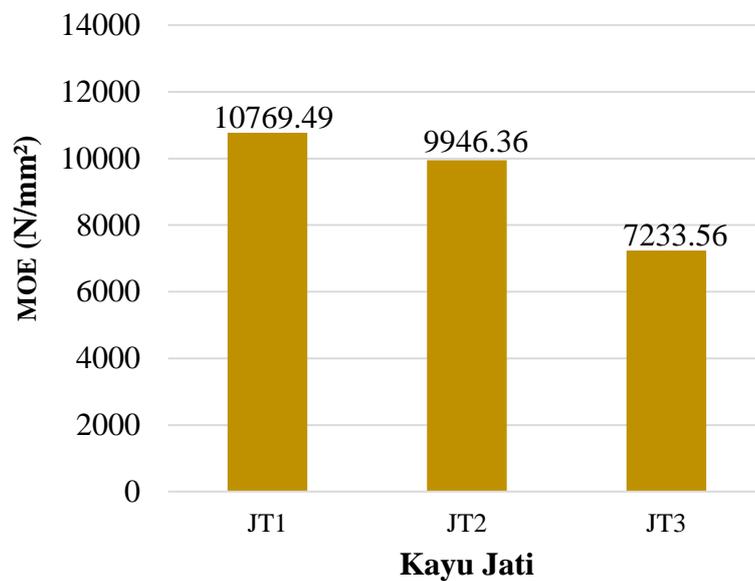
$$= 7233,56 \text{ N / mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{MOE Rerata Jati} &= \frac{\text{Jati1} + \text{Jati2} + \text{Jati3}}{3} \\ &= \frac{10769,43 + 9946,36 + 7233,56}{3} \\ &= 9316,47 \text{ N / mm}^2 \end{aligned}$$

Tabel 30. Nilai MOE kayu Jati

No.	P (N)	Kode Benda Uji	ΔL (mm)	MOE (N/mm ²)
1	15435	JT1	19,27	10769,49
2	8722	JT2	13,2	9946,36
3	8428	JT3	16,7	7233,56

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 45 sebagai berikut:



Gambar 45. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Jati

Keterangan:

JT1= Benda uji kayu Jati 1

JT2= Benda uji kayu Jati 2

JT3= Benda uji kayu Jati 3

Berdasarkan Gambar 45 diperoleh nilai MOE kayu Jati pada specimen JT1, JT2 dan JT3 berturut-turut sebesar 10769,49 N/mm², 9946,36 N/mm², dan 7233,5635. N/mm. Nilai modulus elastisitas lentur terbesar terdapat pada specimen JT1 dengan nilai 10769,49 N/mm².

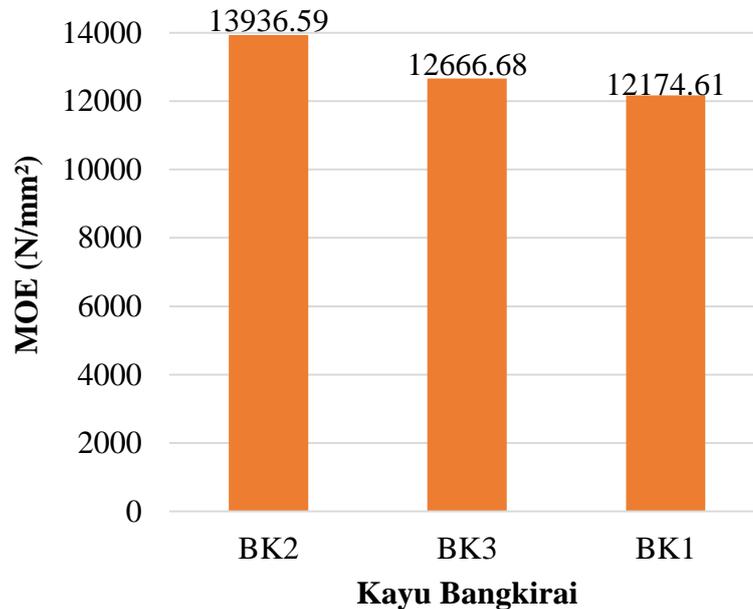
2) Nilai MOE kayu Bangkirai

Berkut disajikan nilai MOE pada kayu Bangkirai pada tabel 31:

Tabel 31. Nilai MOE kayu Bangkirai

No.	Kode Benda Uji	P (N)	ΔL (mm)	MOE (N/mm ²)
1	BK1	16366	18,73	12174,61
2	BK2	16660	15,35	13936,59
3	BK3	9653	9,92	12666,68

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 46 sebagai berikut:



Gambar 46. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Bangkirai

Keterangan:

- BK1= Benda uji kayu Bangkirai 1
- BK2= Benda uji kayu Bangkirai 2
- BK3= Benda uji kayu Bangkirai 3

Berdasarkan Gambar 46 diperoleh nilai MOE kayu Bangkirai pada specimen BK1, BK2 dan BK3 berturut-turut sebesar 12174,61 N/mm², 13936,59 N/mm², dan 12666,68 N/mm². Nilai modulus elastisitas lentur terbesar terdapat pada specimen BK2 dengan nilai 12174,61 N/mm².

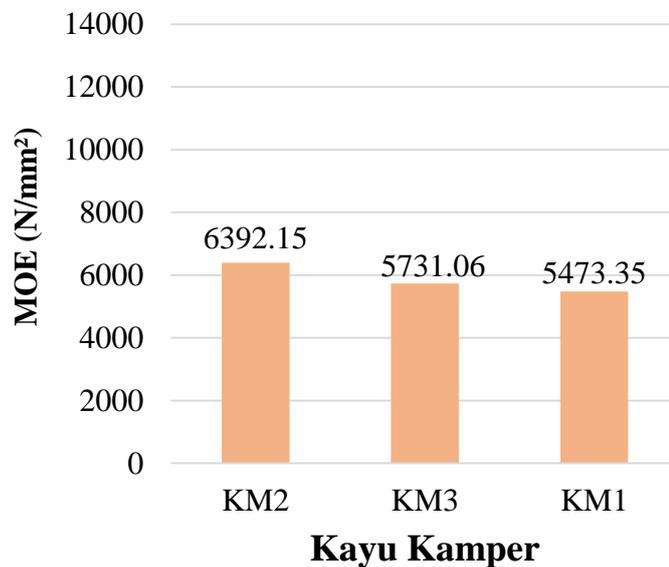
3) Nilai MOE kayu Kamper

Berkut disajikan nilai MOE pada kayu Kamper pada tabel 32:

Tabel 32. Nilai MOE kayu Kamper

No.	Kode Benda Uji	P (N)	ΔL	MOE (N/mm ²)
2	KM1	7271,6	19,13	5473,35
3	KM2	8085	17,43	6392,15
1	KM3	8550,5	19,45	5731,06

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 47 sebagai berikut:



Gambar 47. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Kamper

Keterangan:

KM1 = Benda uji kayu Kamper 1

KM2 = Benda uji kayu Kamper 2

KM3 = Benda uji kayu Kamper 3

Berdasarkan Gambar 47 diperoleh nilai MOE kayu Kamper pada specimen KM1, KM2 dan KM3 berturut-turut sebesar 5473,35 N/mm², 6392,15 N/mm², dan 5731,06 N/mm². Nilai modulus elastisitas lentur terbesar terdapat pada specimen KM2 dengan nilai 6392,15 N/mm².

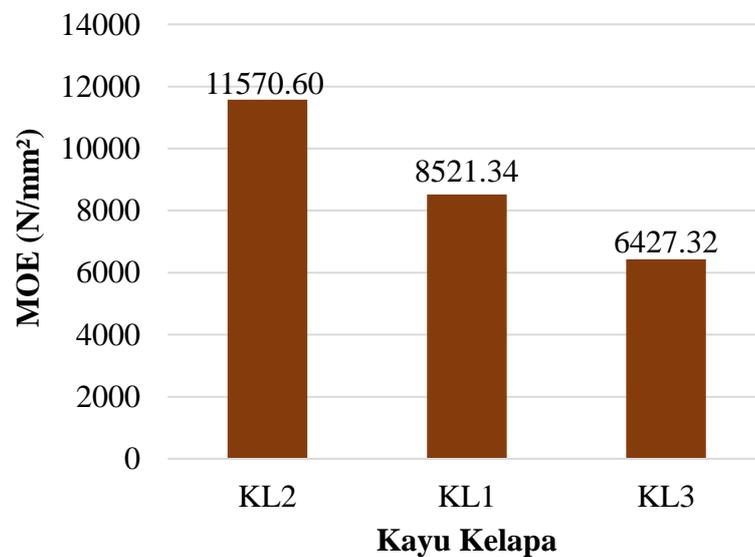
4) Nilai MOE kayu Kelapa

Berkut disajikan nilai MOE pada kayu Kelapa pada tabel 33:

Tabel 33. Nilai MOE kyu Kelapa:

No.	Kode Benda Uji	P (N)	ΔL	MOE (N/mm ²)
1	KL1	11191,6	17,69	8521,34
2	KL2	8305,5	10,31	11570,60
3	KL3	8089,9	17,75	6427,32

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 48 sebagai berikut:



Gambar 48. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Kelapa

Keterangan:

KL1 = Benda uji kayu Kelapa 1

KL2 = Benda uji kayu Kelapa 2

KL3 = Benda uji kayu Kelapa 3

Berdasarkan Gambar 48 diperoleh nilai MOE kayu Kelapa pada specimen KL1, KL2 dan KL3 berturut-turut sebesar 8521,34 N/mm², 11570,60 N/mm², dan 6427,3 N/mm². Nilai modulus elastisitas lentur terbesar terdapat pada specimen KL2 dengan nilai 11570,60 N/mm².

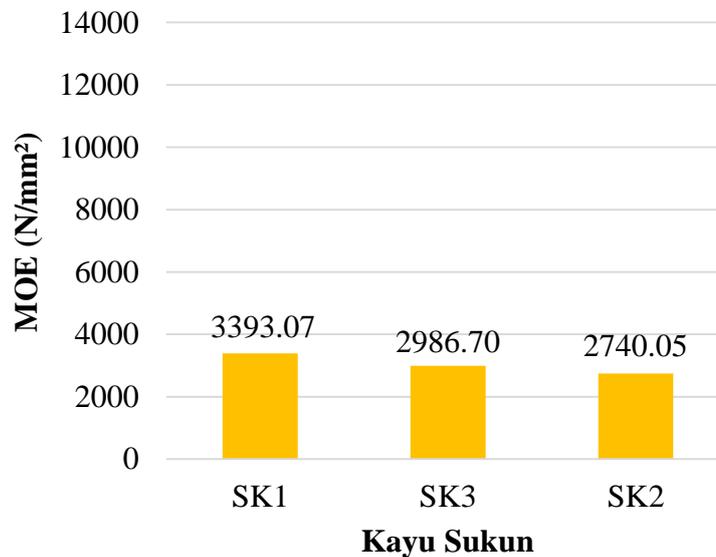
5) Nilai MOE kayu Sukun

Berkut disajikan nilai MOE pada kayu Sukun pada tabel 34:

Tabel 34. Nilai MOE kayu Sukun

No.	Kode Benda Uji	P (N)	ΔL	MOE (N/mm ²)
1	SK1	4312	17,15	3393,07
2	SK3	4336,5	15,97	2986,70
3	SK2	3650,5	20,61	2740,05

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 49 sebagai berikut:



Gambar 49. Grafik perbandingan nilai MOE kayu Sukun

Keterangan:

SK1 = Benda uji kayu Sukun 1

SK2 = Benda uji kayu Sukun 2

SK3 = Benda uji kayu Sukun 3

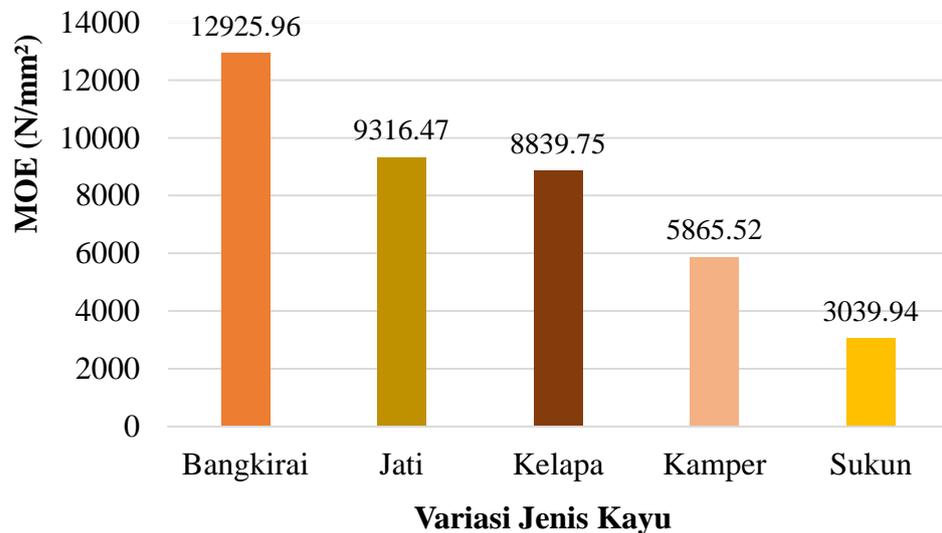
Berdasarkan Gambar 49 diperoleh nilai MOE kayu Sukun pada specimen SK1, SK2, dan SK3 berturut-turut sebesar 3393,07 N/mm², 2986,70 N/mm², dan 2740,05 N/mm. Nilai modulus elastisitas lentur terbesar terdapat pada specimen SK1 dengan nilai 3393,07 N/mm².

Dari variasi jenis kayu didapatkan nilai MOE rerata dalam tabel 35 berikut:

Tabel 35. Rerata nilai MOE

No.	Jenis Kayu	MOE (N/mm ²)
1	Jati	9316,47
2	Bangkirai	12925,95
3	Kamper	5865,52
4	Kelapa	8839,75
5	Sukun	3039,94

Dari hasil pengujian laboratorium dan hasil analisa perhitungan sehingga diperoleh grafik seperti tertera pada Gambar 50 sebagai berikut:



Gambar 50. Garfik hubungan nilai MOE dengan variasi jenis kayu

Dari Gambar 50 dapat dilihat nilai MOE kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun berturut-turut sebesar 9316,47 N/mm², 12925,95 N/mm², 5865,52 N/mm², 8839,75 N/mm², dan 3039,94 N/mm². Bangkirai memiliki nilai MOE terbesar sedangkan kayu Sukun mempunyai nilai MOE yang paling kecil.

Menurut R SNI 2002 Nilai kuat acuan (MPa) berdasarkan pemilahan secara mekanis pada kadar air 15% pada variasi benda uji. Berikut disajikan tabel modulus elastisitas variasi jenis kayu berdasarkan RSNI 2002.

Tabel 36. Variasi jenis kayu berdasarkan RSNI 2002

Jenis Kayu	MOE Hasil Pengujian (MPa)	Kode Mutu	Ew (MPa)	Fb/MOR (MPa)
Jati	9316,47	E10	9000	20
Bangkirai	12925,95	E13	12000	27
Kamper	5865,52	-	-	-
Kelapa	8839,75	-	-	-
Sukun	3039,94	-	-	-

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat kayu Jati masuk ke dalam kode mutu E10 dengan kuat lentur MOR sebesar 20 MPa, kayu Bangkirai masuk kedalam kode mutu E13 dengan kuat lentur MOR sebesar 27 MPa, kayu Kamper, Kelapa, dan Sukun tidak masuk dalam tabel RSNI 2002. Pada ketentuannya tabel tersebut pada kadar air 15%, sedangkan variasi kadar air dibawah 15%, kuat acuan yang berbeda dengan tabel RSNI 2002 dapat dipakai sebagai acuan asalkan ada pembuktian secara eksperimental. Dalam artian kuat acuan dapat dipakai juga dalam tabel 37 berikut:

Tabel 37. Nilai MOE dan MOR hasil pengujian

E/ MOE Hasil Pengujian (N/mm²)	Fb/MOR (N/mm²)
9316,47	91,31
12925,95	115,22
5865,52	76,65
8839,75	32,89
3039,94	65,9

Dari Tabel 37 dapat dilihat nilai MOE dan MOR sangat berbeda jauh dengan yang ada pada tabel RSNI. Dapat disebabkan karena faktor kadar air dan berat jenis.

c. Pengaruh sifat fisik terhadap tegangan lentur patah (MOR)

Nilai tegangan lentur patah (MOR) pada variasi jenis kayu dapat dipengaruhi oleh sifat fisik kayu berupa kadar air dan berat jenis kayu.

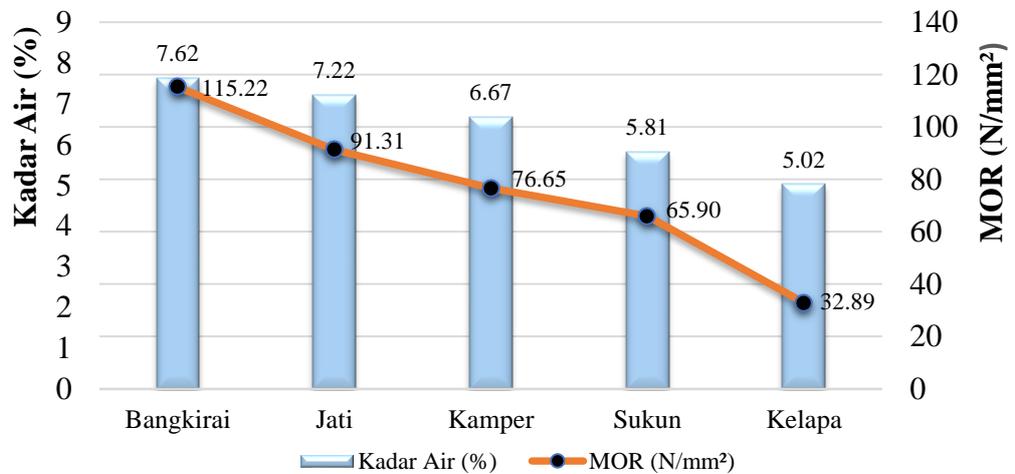
Data nilai sifat fisik dan MOR serat disajikan pada Tabel 38 berikut:

Tabel 38. Nilai rerata sifat fisik dan tegangan lentur patah (MOR) pada kelima variasi jenis kayu

No.	Jenis kayu	Kadar Air (%)	Berat Jenis	MOR (N/mm²)
1	Jati	7,22	0,45	91,31
2	Bangkirai	7,62	0,76	115,22
3	Kamper	6,67	0,44	76,65
4	Kelapa	5,02	0,69	32,89
5	Sukun	5,81	0,29	65,90

Dari Tabel 38 di atas akan dibahas pengaruh kadar air dan berat jenis terhadap tegangan lentur patah (MOR) sebagai berikut:

1) Pengaruh kadar air terhadap tegangan lentur patah (MOR)



Gambar 50. Hubungan kadar air dengan MOR

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat lentur dengan kondisi kadar air yang berbeda pada lima jenis variasi kayu. Kadar air dan nilai MOR kayu dapat dilihat pada Gambar 50 di atas.

Berdasarkan Gambar 50 di atas dapat diketahui bahwa terdapat variasi nilai kadar air pada kelima jenis kayu yang diuji. Hal tersebut terjadi karena masing-masing jenis kayu memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Struktur penyusun kayu dan kandungan ekstraktif merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan kayu untuk mengabsorpsi maupun mengeluarkan air dari sel-sel kayu.

Nilai tegangan lentur patah (MOR) pada kondisi kadar air yang berbeda menunjukkan bahwa naik atau turunnya kadar air pada lima variasi jenis kayu (Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun) berpengaruh terhadap nilai MOR. Pada 5 variasi jenis kayu (Jati,

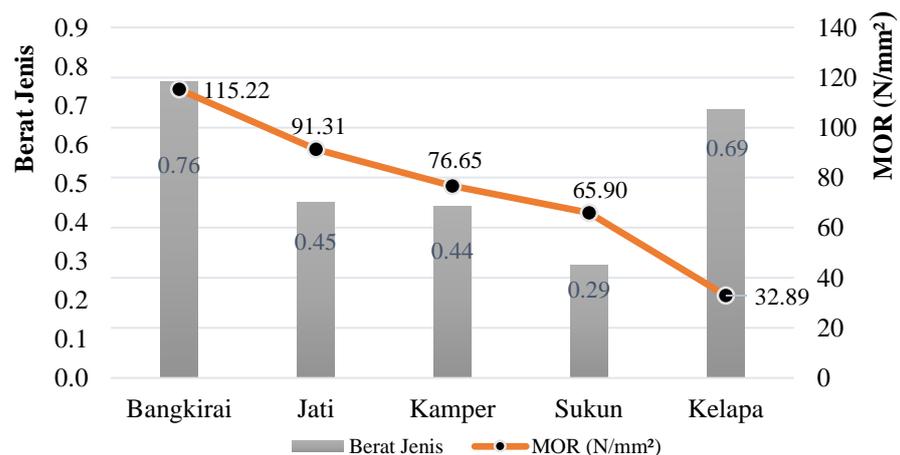
Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun) kenaikan kadar air berbanding lurus dengan nilai MOR.

Hal ini dapat dilihat dari nilai kadar air dan nilai MOR dari lima variasi jenis kayu dari yang tertinggi sampai terendah berturut-turut Bangkirai (7,62% dan 115,22 N/mm²), Jati (7,22% dan 91,31 N/mm²), Kamper (6,67% dan 76,65 N/mm²) dan Sukun (5,81% dan 65,90 N/mm²), Kelapa (5,02 dan 32,89 N/mm²). Dari data tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi nilai MOR yang dimiliki kayu, sebaliknya semakin rendahnya kadar air kayu maka nilai MOR kayu semakin rendah.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fauzan dkk (2009) yang menyatakan bahwa peningkatan kadar air kayu kelapa berbanding lurus dengan nilai MOR.

2) Pengaruh berat jenis terhadap tegangan lentur patah (MOR)

Berikut disajikan dalam gambar 51 dibawah ini:



Gambar 51. Hubungan berat jenis dengan nilai MOR

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat lentur dengan kondisi kadar air yang berbeda pada lima jenis variasi kayu. Kadar air dan nilai MOR kayu dapat dilihat pada Gambar 51 di atas.

Berdasarkan Gambar 51 dapat diketahui bahwa terdapat variasi nilai berat jenis pada variasi jenis kayu yang diuji. Hal tersebut terjadi karena masing-masing jenis kayu memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Besarnya berat jenis dipengaruhi oleh struktur penyusun kayu, kandungan ekstraktif dan kandungan air.

Nilai tegangan lentur patah (MOR) pada kondisi berat jenis yang berbeda menunjukkan bahwa naik atau turunnya berat jenis pada lima variasi jenis kayu (Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun) berpengaruh terhadap terhadap nilai MOR. Kenaikan berat jenis berbanding lurus dengan nilai MOR sesuai dengan Haygreen dan Bowyer (1989) semakin tinggi berat jenis kayu maka semakin banyak zat kayu pada dinding sel yang berarti semakin tebal dinding sel tersebut. Karena kekuatan kayu terletak pada dinding sel, maka semakin tebal dinding sel semakin kuat kayu tersebut. Namun untuk kayu kelapa berbanding terbalik atau bertolak belakang karena berat jenis yang besar namun nilai MOR kecil, sejalan dengan Panshin dan Zeeuw (1970), kekuatan kayu yang mempunyai berat jenis yang lebih besar, tidak mutlak mempunyai kekuatan yang lebih besar pula, karena kekuatan kayu juga ditentukan oleh komponen kimia kayu yang ada di dalam dinding sel.

Hal ini dapat dilihat dari nilai berat jenis dan nilai MOR dari yang terbesar sampai yang terendah berturut-turut adalah sebagai berikut kayu Bangkirai (0,76 dan 115,22 N/mm²), Jati (0,45 dan 91,31 N/mm²), Kamper (0,44 dan 76,65 N/mm²) dan Sukun (0,29 dan 65,90 N/mm²), Kelapa (0,69 dan 32,89 N/mm²). Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin besarnya berat jenis kayu maka nilai MOR kayu juga akan bertambah besar, sebaliknya kayu Kelapa berbanding terbalik antara berat jenis dan nilai MOR.

Hal ini membuktikan dan sejalan dengan Brown *et al.*, (1952) bahwa berat jenis kayu bervariasi diantara berbagai jenis pohon dan diantara pohon dari satu jenis yang sama. Variasi ini juga terjadi pada posisi yang berbeda dari satu pohon. Adanya variasi berat jenis kayu tersebut disebabkan oleh perbedaan dalam jumlah zat penyusun dinding sel dan kandungan zat ekstraktif per unit volume

d. Pengaruh sifat fisik terhadap modulus elastisitas (MOE)

Nilai modulus elastisitas (MOE) pada variasi jenis kayu dapat dipengaruhi oleh sifat fisik kayu berupa kadar air dan berat jenis kayu.

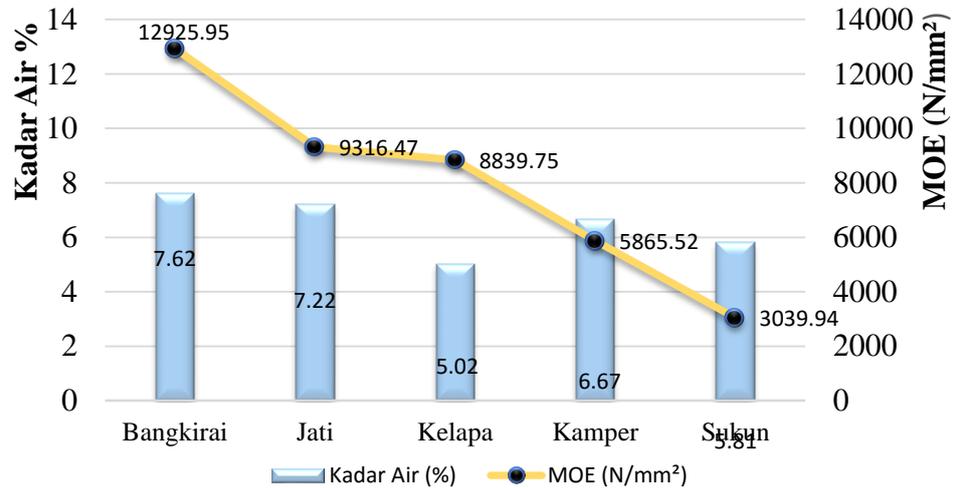
Data nilai sifat fisik dan MOE serat disajikan pada Tabel 39 berikut:

Tabel 39. Nilai rerata sifat fisik dan modulus elastisitas (MOE) pada kelima variasi jenis kayu

No.	Jenis kayu	Kadar Air (%)	Berat Jenis	MOE (N/mm ²)
1	Jati	7,22	0,45	9316,47
2	Bangkirai	7,62	0,76	12925,95
3	Kamper	6,67	0,44	5865,52
4	Kelapa	5,02	0,69	8839,75
5	Sukun	5,81	0,29	3039,94

Dari Tabel 39 di atas akan dibahas pengaruh kadar air dan berat jenis terhadap modulus lentur patah (MOE) sebagai berikut:

1) Pengaruh kadar air terhadap nilai modulus elastisitas MOE



Gambar 53. Hubungan kadar air dengan nilai MOE

Pada penelitian ini dilakukan pengujian modulus elastisitas lentur dengan kondisi kadar air yang berbeda pada lima jenis variasi kayu. Kadar air dan nilai MOE kayu dapat dilihat pada Gambar 53 di atas.

Berdasarkan Gambar 53 di atas dapat diketahui bahwa terdapat variasi nilai kadar air pada kelima jenis kayu yang diuji. Hal tersebut terjadi karena masing-masing jenis kayu memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Struktur penyusun kayu dan kandungan ekstraktif merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan kayu untuk mengabsorpsi maupun mengeluarkan air dari sel-sel kayu.

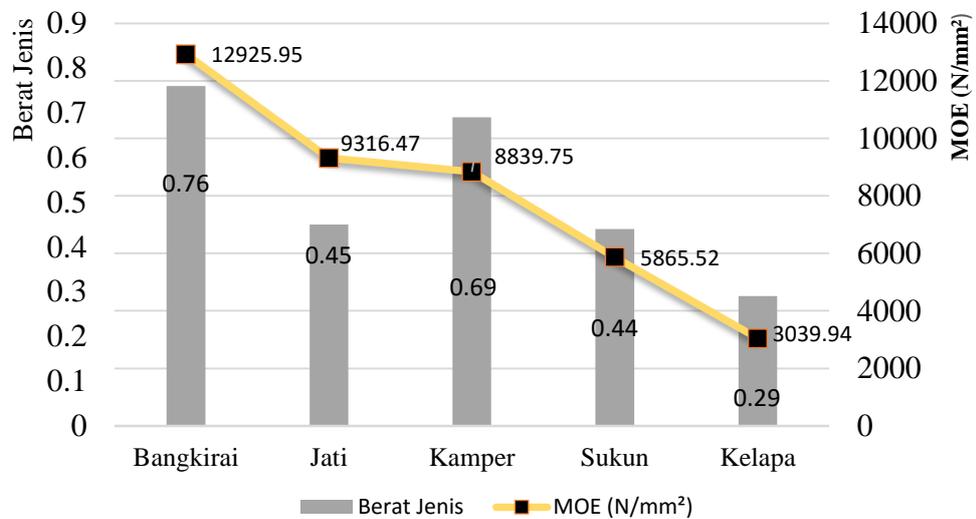
Nilai modulus elastisitas lentur (MOE) pada kondisi kadar air yang berbeda menunjukkan bahwa naik atau turunnya kadar air pada

lima variasi jenis kayu (Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun) berpengaruh terhadap nilai MOE. Pada 4 variasi jenis kayu (Jati, Bangkirai, Kamper, dan Sukun) kenaikan kadar air berbanding lurus dengan nilai MOE kecuali pada kayu Kelapa.

Hal ini dapat dilihat dari nilai kadar air dan nilai MOE dari lima variasi jenis kayu dari yang tertinggi sampai terendah berturut-turut Bangkirai (7,62% dan 12925,95 N/mm²), Jati (7,22% dan 9316,47 N/mm²), Kamper (6,67% dan 5865,52 N/mm²) dan Sukun (5,81% dan 3039,94 N/mm²), untuk kelapa Kelapa (5,02% dan 8839,75 N/mm²). Dari data tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi kadar air maka semakin tinggi nilai MOR yang dimiliki kayu untuk 4 jenis kayu yaitu Kamper, Jati, Kamper, Sukun. Sebaliknya untuk kayu Kelapa kadar airnya rendah yaitu 5,02% namun nilai modulus elastisitasnya tinggi yaitu 8839,75 N/mm². penyebab terjadinya ketidak seragaman ini adalah karakteristik kayu yang berbeda-beda, dalam artian kayu Kelapa ini memiliki sebuah ciri yang berbeda dari yang lain, karena serat kayu yang terputus putus dan tidak seragam, faktor yang lain adalah pengambilan sampel yang acak, pada dasarnya tiap bagian batang pohon berbeda beda sifat mekaniknya, atau sering juga dikenal kayu memiliki sifat anistropis.

2) Pengaruh berat jenis terhadap modulus elastisitas lentur (MOE)

Berikut disajikan dalam gambar 54 dibawah ini:



Gambar 54. Hubungan berat jenis dengan nilai MOE

Pada penelitian ini dilakukan pengujian lentur dengan kondisi kadar air yang berbeda pada lima jenis variasi kayu. Kadar air dan nilai MOE kayu dapat dilihat pada Gambar 54 di atas.

Berdasarkan Gambar 54 dapat diketahui bahwa terdapat variasi nilai berat jenis pada variasi jenis kayu yang diuji. Hal tersebut terjadi karena masing-masing jenis kayu memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Besarnya berat jenis dipengaruhi oleh struktur penyusun kayu, kandungan ekstraktif dan kandungan air.

Nilai modulus elastisitas lentur (MOE) pada kondisi berat jenis yang berbeda menunjukkan bahwa naik atau turunnya berat jenis pada lima variasi jenis kayu (Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun) berpengaruh terhadap terhadap nilai MOE. Kenaikan berat jenis 4 jenis kayu yaitu (Bangkirai, Kamper, Kelapa, Sukun) berbanding lurus

dengan nilai MOE sesuai dengan Haygreen dan Bowyer (1989) semakin tinggi berat jenis kayu maka semakin banyak zat kayu pada dinding sel yang berarti semakin tebal dinding sel tersebut. Karena kekuatan kayu terletak pada dinding sel, maka semakin tebal dinding sel semakin kuat kayu tersebut. Namun untuk kayu Jati berbanding terbalik atau bertolak belakang karena berat jenis yang kecil namun nilai MOE tinggi, sejalan dengan Panshin dan Zeeuw (1970) bahwa kekuatan kayu yang mempunyai berat jenis yang lebih besar, tidak mutlak mempunyai kekuatan yang lebih besar pula, karena kekuatan kayu juga ditentukan oleh komponen kimia kayu yang ada di dalam dinding sel.

Hal ini dapat dilihat dari nilai berat jenis dan nilai MOE dari 4 jenis kayu yaitu (Bangkirai, Kamper, Kelapa, Sukun) yang terbesar sampai yang terendah berturut-turut adalah sebagai berikut kayu Bangkirai (0,76 dan 12925,95 N/mm²), Kelapa (0,69 dan 8839,75 N/mm²), Kamper (0,44 dan 5865,52 N/mm²) dan Sukun (0,29 dan 3039,94 N/mm²). Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin besarnya berat jenis kayu maka nilai MOE kayu juga akan bertambah besar, sebaliknya kayu Jatidengan nilai berat jenis dan MOE (0,45 dan 9316,47 N/mm²) berbanding terbalik antara berat jenis dan nilai MOE.

Hal ini membuktikan dan sejalan dengan Brown *et al.*, (1952) bahwa berat jenis kayu bervariasi diantara berbagai jenis pohon dan diantara pohon dari satu jenis yang sama. Variasi ini juga terjadi

pada posisi yang berbeda dari satu pohon. Adanya variasi berat jenis kayu tersebut disebabkan oleh perbedaan dalam jumlah zat penyusun dinding sel dan kandungan zat ekstraktif per unit volume

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Setelah dilakukan pengujian terhadap kayu Jati, Bangkirai Kamper, Kelapa dan Sukun diperoleh hasil dari pengujian tersebut maka untuk selanjutnya dilakukan analisa terhadap data-data hasil pengujian tersebut. Berdasarkan hasil analisa data yang telah dilakukan sehingga diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya nilai kadar air kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun berturut-turut adalah 7,22%, 7,62%, 6,67%, 5,02% dan 5,81%.
2. Besarnya nilai berat jenis kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun berturut-turut adalah 0,76, 0,69, 0,45, 0,44 dan 0,29.
3. Besarnya nilai MOR kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun berturut-turut adalah 91,31 N/mm², 115,22 N/mm², 76,65 N/mm², 32,89 N/mm², dan 65,90 N/mm².
4. Hubungan nilai kadar air dan nilai MOR semakin tinggi kadar air, maka semakin tinggi nilai MOR yang dimiliki kayu, sebaliknya semakin rendahnya kadar air kayu maka nilai MOR kayu semakin rendah.

Dari data tersebut menunjukkan bahwa semakin besarnya berat jenis kayu maka nilai MOR kayu juga akan bertambah besar, sebaliknya untuk kayu kelapa berbanding terbalik yaitu berat jenis yang besar namun nilai MOR nya kecil.

5. Hubungan kadar air dengan modulus elastisitas lentur (MOE) pada kondisi kadar air yang berbeda menunjukkan bahwa naik atau turunnya kadar air

pada 5 variasi jenis kayu (Jati, Bangkirai, Kamper, dan Sukun dan Kelapa) kenaikan kadar air berbanding lurus dengan nilai MOE kecuali pada kayu Kelapa.

6. Hubungan nilai MOE dengan berat jenis menunjukkan bahwa semakin besarnya berat jenis kayu maka nilai MOE kayu juga akan bertambah besar, namun tidak untuk kayu jati kayu Jati dengan nilai berat jenis dan MOE (0,45 dan 9316,47 N/mm²) berbanding terbalik dengan 4 jenis kayu yang lain.

B. SARAN

Penelitian ini tentunya masih perlu adanya pengembangan dan kajian lebih lanjut mengenai kuat tekan sejajar arah serat dan tegak lurus arah serat khususnya untuk jenis kayu Jati, Bangkirai, Kamper, Kelapa dan Sukun. Oleh karena itu, penulis ingin memberikan beberapa saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yaitu:

1. Lebih teliti dalam pembuatan benda uji agar dapat diketahui secara detail pengaruh dimensi terhadap kekuatan tekan sejajar dan tegak lurus arah serat kayu.
2. Pengambilan sampel benda uji seharusnya diseragamkan (pohon bagian bawah, tengah dan atas) agar perbedaan kadar air, berat jenis, tidak terlalu besar.
3. Perawatan benda uji dalam hal kadar air harus lebih teliti agar kadar air benda uji tidak berubah-ubah.
4. Pada pengujian kuat lentur diharapkan lebih teliti pada saat membaca indikator kuat lentur.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society Institute. 2005 ASTM-D 198-05. *Standard Methods Static of Limber in Structural Size*. In Annual Book of ASTM Standard United State: Philadelphia
- Brown, H.P., A.J. Panshin, dan C.G. Forsaith. 1952. *Textbook of Wood Technology*, vol. II. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Dumanauw, J.F. 1984. *Mengenal Kayu*. Pendidikan Industri Kayu (PIKA), Semarang.
- Dumanauw, J. F. 1990. *Mengenal Kayu*. Kanisius. Yogyakarta.
- Dumanauw, J. F. 2003. *Mengenal Kayu*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ekawati, *et all*. 2014. Sudahkah tugas pokok dan fungsi Kementerian Kehutanan selaras dengan kebijakan desentralisasi pengelolaan hutan produksi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan Jl. Gunung Batu No. 5
- Fangki, S. Yoresta. 2015. *Pengujian Sifat Mekanik Kayu Merbau Dari Daerah Bogor Jawa Barat*.
- Fauzan. dkk. 2009. *Studi Pengaruh Kondisi Kadar Air Kayu Kelapa Terhadap Sifat Mekanis*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, Padang.
- Grevardo Febrigiano Laheba dkk. 2013. *Pengaruh Kecepatan Pembebanan dan Dimesi Benda Uji Terhadap Kuat Tekan Beton*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Haygreen, J.G., dan Bowyer, J.L. 1982. *Hasil Hutan dan Hasil Kayu*. Suatu Pengantar Terjemahan oleh Sutjipto A. Hadikusumo (1989). Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 1989. *Forest Products and Wood Science*. Iowa State University Press / Ames. 213-226 pp.
- Haygreen, J.G dan J.L. Bowyer. 1996. *Hasil Hutan Dan Ilmu Kayu*, Suatu Pengantar Cetakan Ketiga. Terjemahan S.A. Hadikusumo. Gajah Mada University Press.
- Haygreen, J.G. dan J.L. Bowyer. 2003. *Forest Products and Wood Science*. Iowa State University Press / Ames. 213-226 pp.

- Iswanto, A.H. 2008. Pengujian Modulus Elastisitas Menggunakan Metode *Two Point Loading*. Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Iswanto, A.H. 2008. Sifat Fisis Kayu: Berat Jenis Dan Kadar Air pada Beberapa Jenis Kayu. Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Iskandar, Revandy. 2005. Kekuatan Kayu. Departemen Kehutanan, Fakultas
- Kollman, F. dan Cote, J. R. (1968). *Principles of Woods Science and Technology I. Solid Wood*. New Yor
- Kementrian Kehutanan. 2014. Statistik Kementrian Kehutanan *Ministry of Forestry Statistic*. Jakarta
- Kementrian Kehutanan. 2014. Rekapitulasi Produksi Kayu Bulat Berdasarkan Sumber Produksi 20102013/Log Production Based on Source of Production in 2010-2013
- Kusnindar. 2005. Karakteristik Mekanik Kayu Kamper Sebagai Bahan Konstruksi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu.
- Manuhuwa. 2007. Kadar Air Dan Berat Jenis Pada Posisi Aksial Dan Radial Kayu Sukun (*Arthocarpus Communis*, J.R Dan G.Frest), Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura Ambon , Maluku.
- Mardikanto., T.R, Praggondo, B. 1991. Kemungkinan Penerapan Cara Non Destruktif Untuk Pendugaan Kekuatan Kayu Kelapa Gergajian. Bogor. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor
- Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir dan S. A. Prawira. 1989. Atlas kayu Indonesia. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Martawijaya, *et all*. 1981. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Balai Penelitian Hasil Hutan. Bogor.
- Mulyati. 2014 Bahan Ajar Struktur Kayu Pertemuan I, II, III.
- Nash. W,A. 1977. *Strength of Materials* 2nd edition. Great Britain :McGraw-Hill Book Company

- Oey Djoen Seng. 1990. *Berat Jenis dari Jenis-Jenis Kayu Indonesia untuk Keperluan Praktek*. Pengumuman no.13. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor
- Panshin, A.J. and de Zeeuw. 1980. *Textbook of Wood Technology*. McGraw-Hill Book Co. New York. 288-308 pp.
- Persson. 2000. *Micromechanical Modelling of Wood and Fibre Properties*, Doctoral Thesis, tidak dipublikasikan. Sweden: Departement of Mechanics and Materials, lund University.
- Prasetyo D, D. 2011. *Sinifikasi Nilai Modulus Elastisitas Kayu Meranti, Mahoni, Bangkirai yang Ada di Pasaran Dengan SNI 2002*.
- Prananta A. Y., Palapessy G. J., 2014. *Kekuatan Lentur, MOE, dan MOR Kayu Uin (Eusideroxylon Zwangeri) Universitas Kristen Maranatha Jln Suria Sumantri 65, Bandung 40164, Jawa Bara*
- Revisi Standar Nasional Indonesia. (2002). *Tata Cara Pelaksanaan Konstruksi Kayu Indonesia PPKI NI-5-2002*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. CV.Alfabeta: Bandung
- US. Forest Product Laboratory. 1997. Woods Hand Book.*
- [SNI] Standar Nasional Indonesia Nomor 03-6848-2002. *Metode Pengujian Berat Jenis Kayu dan Kayu Struktur Bangunan*. Jakarta:Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia Nomor 03-3959-1995. *Metode pengujian kuat lentur kayu di laboratorium*. Jakarta:Badan Standarisasi Nasional Indonesia.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 7000696 – (0274) 7005136

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pengujian Lentur
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 24 Agustus 2015
Waktu : Pukul 10:37 s/d selesai
Cuaca : Cerah
Nama : Sidik Pamungkas

Bahan: Bahan yang digunakan pada pengujian adalah kayu jati, bangkirai, kamper, kelapa, sukun.

Data Laporan :

Tabel 1. Pengujian Fisik Kayu

No.	Jenis Kayu	Benda Uji	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1	Jati	J1	759.33	51.43	50.58
		J2	761.33	50.33	49.07
		J3	760.17	48.98	50.33
2	Kelapa	K11	757.67	48.37	50.47
		K12	761.00	50.47	50.50
		K13	757.67	51.17	51.20
3	Sukun	S1	760.33	50.93	50.70
		S2	760.00	50.37	51.43
		S3	759.33	51.20	51.20
4	Kamper	K1	759.33	50.97	50.72
		K2	759.00	49.67	50.07
		K3	759.00	50.60	50.07
5	Bangkirai	B1	760.60	49.58	50.60
		B2	757.37	50.65	51.63
		B3	761.50	50.50	51.45



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Kampus Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta Telp. (0274) 7000696 – (0274) 7005136

Tabel 2. Pengujian Kuat Lentur

No.	Jenis Kayu	Kode Benda Uji	P (N)	ΔL
1	Jati	J1	15435.00	19.27
2		J2	8722.00	13.20
3		J3	860.00	16.70
4	Kelapa	K11	4312.00	17.69
5		K12	3650.50	10.31
6		K13	4336.50	17.75
7	Sukun	S1	7271.60	17.15
8		S2	8085.00	15.97
9		S3	8550.50	20.61
10	Kamper	K1	11191.60	19.13
11		K2	8305.50	17.43
12		K3	8089.90	19.45
13	Bangkirai	B1	16366.00	18.73
14		B2	16660.00	15.35
15		B3	9653.00	9.92

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium


Darusalam, Amd
NIK 971002105



Yogyakarta, 24 Agustus
2015

Ketua Tim,

Sidik Pamungkas
NIM 13510134014



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat: Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281
Telephone: 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pengujian Kadar Air
Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 31 Agustus 2015
Waktu : Pukul 09:00 s/d selesai
Cuaca : Cerah
Kelompok Praktikum : 1. Nuryana Oktafiana
2. Sidik Pamungkas
3. Hasbi Asman
4. Pramanthana Anggara Putra
5. Ridwan Ismu Nugroho

Bahan : Bahan yang digunakan pada pengujian adalah kayu jati, bangkirai, kamper, kelapa, sukun.

Data Laporan :

Tabel 1a. Data Pengujian Kadar Air Kayu

Jenis Kayu	Benda Uji	H (mm)	D (mm)	VOLUME (mm ³)	B.S.O (Gram)	B.O (Gram)
Jati	A1	51,65	20	16232.86	7.17	6.66
	A2	51,90	20	16311.43	6.96	6.43
	A3	50,85	20	15981.43	9.17	8.67
Bangkirai	B1	49.35	20	15510	12.06	10.95
	B2	53.55	20	16830	13.94	13.00
	B3	53.10	20	16688.58	14.02	13.29



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat: Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281
Telephone: 586168 Pesawat 286

Tabel 1b. Data Pengujian Kadar Air Kayu

Jenis Kayu	Benda Uji	H (mm)	D (mm)	Volume (mm ³)	B.S.O (Gram)	B.O (Gram)
Kamper	C1	49.9	20	15682.86	6.63	5.91
	C2	49.1	20	15431.43	5.21	5.14
	C3	50.85	20	15981.43	10.22	9.6
Kelapa	D1	51.35	20	16138.57	9.56	9.23
	D2	51.9	20	16311.43	12.41	11.62
	D3	52.05	20	16358.57	13.62	13.01
Sukun	E1	50.35	20	15824.29	4.98	4.89
	E2	54.15	20	17018.57	5.26	4.73
	E3	55.15	20	17332.86	5.24	5.02

Keterangan:

H = Kedalaman benda uji yang di bor.

D = Diameter mata bor.

B.S.O = Berat benda uji sebelum dioven.

B.O = Berat benda uji setelah dioven.

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 31 Agustus 2015
Diuji oleh mahasiswa,

Sidik Pamungkas
NIM. 13510134013



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat: Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281
Telephone: 586168 Pesawat 286

LAPORAN DATA PRAKTIKUM SEMENTARA

Judul Praktikum : Pengujian Berat Jenis Kayu dengan Metode Bor

Hari, Tanggal Pengujian : Senin, 31 Agustus 2015

Waktu : Pukul 09:00 s/d selesai

Cuaca : Cerah

Kelompok Praktikum : 1. Nuryana Oktafiana
2. Sidik Pamungkas
3. Hasbi Asman
4. Pramanthana Anggara Putra
5. Ridwan Ismu Nugroho

Bahan : Bahan yang digunakan pada pengujian adalah kayu jati, bangkirai, kamper, kelapa, sukun.

Data Laporan :

Tabel 1a. Data Pengujian Berat Jenis Kayu

Jenis Kayu	Benda Uji	H (mm)	D (mm)	Volume (mm ³)	B.S.O (Gram)	B.O (Gram)	Kadar Air (%)
Jati	A1	51,65	20	16232.86	7.17	6.66	7.66
	A2	51,90	20	16311.43	6.96	6.43	8.24
	A3	50,85	20	15981.43	9.17	8.67	5.77
Bangkirai	B1	49.35	20	15510	12.06	10.95	10.14
	B2	53.55	20	16830	13.94	13.00	7.23
	B3	53.10	20	16688.58	14.02	13.29	5.49



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM PENGUJIAN BAHAN
TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Alamat: Kampus Karangmalang Yogyakarta 55281
Telephone: 586168 Pesawat 286

Tabel 1b. Data Pengujian Berat Jenis Kayu

Jenis Kayu	Benda Uji	H (mm)	D (mm)	Volume (mm ³)	B.S.O (Gram)	B.O (Gram)	Kadar Air (%)
Kamper	C1	49.9	20	15682.86	6.63	5.91	12.18
	C2	49.1	20	15431.43	5.21	5.14	1.36
	C3	50.85	20	15981.43	10.22	9.6	6.46
Kelapa	D1	51.35	20	16138.57	9.56	9.23	3.58
	D2	51.9	20	16311.43	12.41	11.62	6.80
	D3	52.05	20	16358.57	13.62	13.01	4.69
Sukun	E1	50.35	20	15824.29	4.98	4.89	1.84
	E2	54.15	20	17018.57	5.26	4.73	11.21
	E3	55.15	20	17332.86	5.24	5.02	4.38

Keterangan:

H = Kedalaman benda uji yang di bor.

D = Diameter mata bor.

B.S.O = Berat benda uji sebelum dioven.

B.O = Berat benda uji setelah dioven.

Mengetahui,
Teknisi Laboratorium

Sudarman, S.Pd.
NIP.19610214 199103 1 001

Yogyakarta, 31 Agustus 2015
Diuji oleh mahasiswa,

Sidik Pamungkas
NIM. 13510134014