



**STUDI KUAT LENTUR BALOK LAMINASI KAYU SENGON DENGAN  
KAYU KELAPA DI DAERAH GUNUNG PATI SEMARANG**

**SKRIPSI**

**Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan Pada Program Studi  
Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Semarang**

**Oleh**

**PRAMUDITO JIHANNANDA**

**5101409104**

**PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2013**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Studi Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon Dengan Kayu Kelapa di Daerah Gunung Pati Semarang” telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 29 Agustus 2013

Ketua

Sekretaris

Drs. Sucipto, M.T.  
NIP. 19630101 199102 1 001

Eko Nugroho Julianto, S.Pd., M.T.  
NIP. 19720702 199903 1 002

Pembimbing I

Penguji I

Drs. Sumiyadi, M.T.  
NIP. 19540325 198303 1 004

**Drs. Tugino, M.T.**  
NIP. 19600412 198803 2 001

**Pembimbing II**

**Penguji II**

Endah Kanti Pangestuti, S.T, M.T.  
NIP. 19720709 199803 2 003

Drs. Sumiyadi, M.T.  
NIP. 19540325 198303 1 004

Penguji III

Endah Kanti Pangestuti, S.T, M.T.  
NIP. 19720709 199803 2 003

**Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik UNNES**

Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd.  
NIP. 19660215 199102 1 001

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon Dengan Kayu Kelapa Di Daerah Gunung Pati Semarang” benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal dari karya orang lain yang telah diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, Agustus 2013

Pramudito Jihannanda  
NIM. 5101409104

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

- ☞ Allah SWT akan merubah nasib seseorang jika seseorang tersebut mau merubah nasibnya sendiri.
- ☞ Hidup harus saling memberi dan berbagi.
- ☞ Bekerjalah kamu seolah-olah kamu akan hidup selamanya dan beribadahlah kamu seolah-olah kamu akan mati besok.
- ☞ Jangan hanya menghindari yang tidak mungkin. Dengan mencoba sesuatu yang tidak mungkin, kita akan bisa mencapai yang terbaik dari yang mungkin kita capai.
- ☞ Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba, karena di dalam mencoba itulah kita menemukan dan belajar membangun kesempatan untuk berhasil.

### **PERSEMBAHAN**

- ☞ Allah SWT atas karunia yang sangat besar kepada hambamu ini.
- ☞ Rasulku Muhammad SAW yang menjadi tauladanku.
- ☞ Kepada kedua orang tua serta saudaraku yang selalu berdo'a dan mendukungku.
- ☞ Teman dan sahabatku PTB'09 seperjuangan dan sepenanggungan.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Studi Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon Dengan Kayu Kelapa Di Daerah Gunung Pati Semarang”.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat tersusun dengan baik tanpa bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Drs. Sucipto, M.T., Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Sumiyadi, M.T., dan Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T., dosen pembimbing yang telah sabar membimbing dan memberi petunjuk serta pengarahan selama penulisan skripsi ini.
5. Drs. Tugino, M.T., dosen pembahas yang telah memberikan pengarahan.
6. Mego Purnomo, S.T.,M.T., Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
7. Amir Fauzan, S.Pd., Teknisi Laboratorium Bahan Universitas Negeri Semarang.
8. Orang tua penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan.

9. Rekan-rekan PTB'09 yang selalu memberikan bantuan dan dukungannya selama penyusunan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu atas bantuannya selama pembuatan skripsi ini sampai selesai.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak. Penulis juga berharap agar skripsi ini dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi pada masa yang akan datang.

Semarang, Agustus 2013

Pramudito Jihannanda  
NIM. 5101409104

## ABSTRAK

Jihannanda, Pramudito. 2013. *Studi Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon Dengan Kayu Kelapa Di Daerah Gunung Pati Semarang*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Drs. Sumiyadi, M.T. dan Pembimbing Pendamping Endah Kanti Pangestuti, S.T, M.T. Kata kunci: kayu sengon, kayu kelapa, laminasi, epoksi.

Kebutuhan kayu sebagai bahan konstruksi selalu meningkat, namun ketersediaan kayu gergajian mutu yang baik semakin sulit ditemui di pasaran dan harganya semakin mahal. Di daerah Gunungpati banyak terdapat jenis kayu yang cepat tumbuh, tetapi mutunya rendah. Jenis kayu tersebut dapat dimanfaatkan sebagai kayu struktural bila dikombinasikan menjadi produk laminasi. balok laminasi adalah balok yang dibuat dari lapis-lapis papan yang diberi perekat secara bersama-sama pada arah serat yang sama, balok laminasi memiliki ketebalan maksimum yang diizinkan sebesar 50 mm. Kayu yang digunakan untuk laminasi adalah kayu sengon dan kayu kelapa dengan pengujian keteguhan lentur.

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen dimana kayu sengon dengan kayu kelapa dilaminasi menjadi satu kesatuan. dengan dimensi 8 x 12 x 196 cm, jarak antar tumpuan 172 cm, terdiri dari 3 lapis untuk bagian tengah menggunakan kayu sengon sedangkan bagian muka dan belakang menggunakan kayu kelapa . Hasil penelitian adalah nilai keteguhan lentur.

Nilai kuat lentur balok sengon terbesar adalah  $109,74 \text{ Kg/cm}^2$  dan terendah adalah  $100,78 \text{ Kg/cm}^2$  serta kuat lentur rata-rata adalah  $105,63 \text{ Kg/cm}^2$  , keteguhan lentur untuk balok kelapa terbesar adalah  $342,66 \text{ Kg/cm}^2$  dan terendah adalah  $328,09 \text{ Kg/cm}^2$  serta kuat lentur rata-rata adalah  $334,82 \text{ Kg/cm}^2$  dan pada keteguhan lentur pada balok laminasi terbesar adalah  $221,72 \text{ Kg/cm}^2$  dan terendah adalah  $212,76 \text{ Kg/cm}^2$  serta kuat lentur rata-rata adalah  $218,36 \text{ Kg/cm}^2$ .

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat atau Kegunaan Penelitian.....	5
1.6 Penegasan Istilah.....	6
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
BAB II : LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS .....	9
2.1 Balok Laminasi .....	9



2.1.1 Sejarah Balok Laminasi .....	10
2.1.2 Penggunaan Balok Laminasi.....	11
2.1.3 Kelebihan dan Kekurangan Balok Laminasi.....	11
2.2 Sifat Fisik Mekanik Kayu .....	13
2.2.1 Sifat Fisik Kayu .....	13
2.2.2 Sifat Mekanik Kayu .....	16
2.3 Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia.....	21
2.4 Bahan Perekat atau Lem.....	24
2.5 Karakteristik Kayu Sengon .....	26
2.6 Karakteristik Kayu Kelapa.....	27
2.7 Penelitian yang Sudah Dilakukan .....	28
2.8 Kerangka Berpikir.....	29
<b>BAB III : METODE PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Rancangan Penelitian .....	31
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	31
3.3 Populasi Penelitian .....	31
3.4 Sampel Penelitian.....	31
3.5 Variabel Penelitian .....	32
3.6 Peralatan Penelitian.....	32
3.7 Prosedur Penelitian.....	35
3.7.1 Pembuatan Bahan Laminasi.....	35
3.7.2 Pembuatan Benda Uji Lentur .....	37

3.7.3 Pengujian Keteguhan Lentur.....	38
3.8 Analisa Data .....	40
3.8.1 Analisis Data Penelitian .....	40
3.8.2 Analisis Perhitungan Teoritis Perencanaan Balok Laminasi .....	41
3.9 Langkah-Langkah Penelitian .....	43
 BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	 46
4.1 Hasil Penelitian .....	46
4.1.1 Keteguhan Lentur Balok Kontrol.....	46
4.1.2 Keteguhan Lentur Balok Laminasi .....	49
4.2 Pembahasan.....	50
4.2.1 Keteguhan Lentur Balok Kontrol.....	50
4.2.2 Perhitungan Teoritis .....	52
4.2.3 Keteguhan Lentur Balok Laminasi .....	53
 BAB V : PENUTUP .....	 55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran.....	55
 DAFTAR PUSTAKA .....	 56
 LAMPIRAN-LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Diagram lentur Balok Kontrol.....	3
Gambar 3.1.	Dimensi Kayu Sengon Bahan Laminasi.....	36
Gambar 3.2.	Dimensi Kayu Kelapa Bahan Laminasi .....	36
Gambar 3.3	Pola Pengambilan Benda Uji.....	37
Gambar 3.4.	Susunan Benda Uji Laminasi .....	38
Gambar 3.5.	Benda Uji Balok Utuh .....	38
Gambar 3.6.	Pengujian Keteguhan Lentur .....	39
Gambar 3.7.	Langkah-langkah Penelitian .....	45
Gambar 4.1.	Benda Uji Keteguhan Lentur Kayu Sengon .....	47
Gambar 4.2.	Benda Uji Keteguhan Lentur Kayu Kelapa.....	48
Gambar 4.3.	Benda Uji Keteguhan Lentur Balok Laminasi .....	49
Gambar 4.4.	Kuat Lentur Balok Sengon .....	50
Gambar 4.5.	Kuat Lentur Balok Kelapa.....	51
Gambar 4.6.	Kuat Lentur Balok Laminasi .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Modulus Elastisitas Kayu.....	20
Tabel 2.2. Kelas Kuat Kayu .....	21
Tabel 2.3. Kelas Awet Kayu Indonesia Berdasarkan Umur.....	22
Tabel 2.4. Nilai Kuat Acuan (Mpa) Berdasarkan atas Pemilihan Secara Mekanik.....	23
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Balok Sengon.....	47
Tabel 4.2. Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Balok Kelapa.....	48
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon dengan Kayu Kelapa .....	49
Tabel 4.4. Pengelompokan Kelas Kuat Kayu Sengon Berdasarkan Kuat Lentur pada PKKI dan SNI Kayu 2002 .....	51
Tabel 4.5. Pengelompokan Kelas Kuat Kayu Kelapa Berdasarkan Kuat Lentur pada PKKI dan SNI Kayu 2002 .....	52
Tabel 4.6. Kuat Lentur Balok Laminasi .....	53
Tabel 4.7. Pengelompokan Kelas Kuat Balok Laminasi Berdasarkan Kuat Lentur pada PKKI dan SNI Kayu 2002 .....	54
Tabel 4.8. Kuat Lentur Laminasi Terhadap Kuat Lentur Balok .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Data Penelitian Pemeriksaan Kuat Lentur Balok Kelapa.....	58
Lampiran 2 : Data Penelitian Pemeriksaan Kuat Lentur Balok Sengon .....	59
Lampiran 3 : Data Penelitian Pemeriksaan Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon dengan Kayu Kelapa.....	60
Lampiran 4 : Perhitungan Kuat Lentur Balok Kelapa .....	61
Lampiran 5 : Perhitungan Kuat Lentur Balok Sengon.....	63
Lampiran 6 : Perhitungan Kuat Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon dengan Kayu Kelapa.....	65
Lampiran 7 : Perhitungan Teoritis Perencanaan Pembebanan Balok Laminasi .....	67
Lampiran 8 : Kombinasi dan Faktor Ketahanan .....	71
Lampiran 9 : Foto Dokumentasi .....	73

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Sumber daya alam Indonesia yang berupa kayu sangat potensial untuk dipakai sebagai bahan bangunan. Kayu memiliki beberapa kelebihan antara lain: ringan, tahan terhadap gempa, mudah dalam pelaksanaannya. Kayu juga memiliki kelemahan seperti mudah terbakar, mudah mengalami kembang susut, dan tidak tahan rayap. Penggunaan kayu sebagai bahan bangunan harus memperhatikan kelebihan dan kelemahan dari bahan kayu sebelum menggunakannya untuk membuat konstruksi bangunan.

Pada bangunan sederhana, kayu biasanya dipakai sebagai kusen, kuda-kuda atap. Disamping itu, kayu dipakai pula sebagai penyekat dinding ruangan, serta dipakai pula sebagai lantai rumah panggung.

Kebutuhan akan kayu olahan sebagai bahan bangunan selalu meningkat. Menurut Susetyowati dan Subianto (1998) dalam Sutarno (2003), di Indonesia setiap tahun rata-rata tidak kurang dari 3 juta m<sup>3</sup> kayu gergajian untuk memenuhi kebutuhan pembangunan perumahan, gedung dan lain sebagainya. Namun untuk memperoleh kayu gergajian bermutu baik dan ukuran yang relatif besar semakin sulit ditemui di pasaran karena semakin menipisnya produksi hasil hutan. Menurut Syafi'i (1998) dalam Sutarno (2003), di masa mendatang diperkirakan potensi kayu dan luas hutan alam Indonesia semakin menyusut, sehingga banyak pasokan bahan baku kayu dari produksi hutan tanaman industri (HTI). Upaya untuk

meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku kayu dapat dilakukan dengan pemanfaatan jenis-jenis kayu cepat tumbuh dan umumnya memiliki diameter kecil dan mutu rendah. Di beberapa negara maju terus dilakukan pengembangan produk balok laminasi menggunakan jenis kayu mutu rendah.

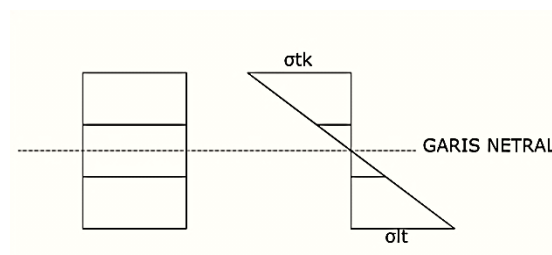
Balok kayu laminasi (*Glulam Beam*) merupakan gabungan sejumlah kayu menjadi satu kesatuan yang utuh. Balok laminasi mempunyai kelebihan dibanding dengan kayu gergajian biasa, disamping kekuatan yang tinggi, dapat dibuat penampang yang lebih besar dan panjang. Selain itu kayu mutu rendah dapat digunakan sehingga pemakaian kayu lebih efisien pemanfaatannya.

Daerah Gunungpati Semarang banyak tumbuh jenis tanaman kayu seperti kayu sengon, kayu rambutan, kayu durian, kayu nagka, dan kayu kelapa. Sebagian masyarakat sekitar daerah Gunungpati menggunakan kayu jenis tersebut untuk digunakan sebagai bahan bangunan karena harganya yang relatif murah dan mudah didapat dari pada jenis kayu kalimantan dan jenis kayu lainnya.

Kayu sengon, termasuk kayu kelas IV sampai V dengan berat jenis rata-rata 0,33 serta kelas awet IV sampai V. Secara umum kayu sengon mempunyai nilai penyusutan yang rendah. Kayu sengon umur 8 tahun atau lebih secara terbatas dapat dipakai sebagai kayu struktur bangunan sederhana (Kasmudjo, 1995) dalam (Sutarno, 2003). Kayu kelapa merupakan salah satu produk sampingan dari tanaman kelapa yang dimanfaatkan sebagai bahan bangunan ataupun kayu bakar. Agar dapat dipergunakan sebagai bahan bangunan, maka batang kelapa harus diambil dari tanaman kelapa yang sudah cukup tua .

Berbeda dengan kayu pada umumnya batang kelapa memiliki sel pembuluh yang berkelompok (*Vascular bundles*) yang menyebar lebih rapat pada bagian tepi dari pada bagian tengah serta bagian bawah dan atas batang. Hal ini mengakibatkan kayu gergajian kelapa memiliki kekakuan yang berbeda-beda (Sulc, 1981) dalam (Astri Novita Sitompul, 2009).

Untuk tujuan meningkatkan mutu kayu sagon pada pembuatan balok laminasi dipakai penampang berdasarkan konsep tegangan balok tertentur seperti gambar 1.1



**Gambar 1.1.** Diagram Tegangan Lentur Balok

Pada bagian atas dari diagram menunjukkan serat terluar mengalami tegangan tekan maksimum akibat diberi beban lentur pada balok laminasi, sebaliknya pada bagian bawah mengalami tegangan tarik maksimum, sedangkan pada bagian tengah (garis netral) tidak mengalami tegangan tekan maupun tarik, jadi semakin mendekati garis netral tegangan semakin kecil. oleh karena itu pada bagian tersebut tidak perlu menggunakan jenis kayu yang memiliki kekuatan atau mutu yang tinggi, dengan kata lain kayu yang bermutu tinggi ditempatkan pada bagian sisi terluar balok laminasi.



Beberapa jenis kayu dengan karakteristik yang berbeda akan mempengaruhi pula kekuatan balok laminasi, dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk dapat diaplikasikan pada struktur yang sebenarnya.

Mencermati dari apa yang telah dijabarkan di atas dan didukung oleh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan penelitian dengan judul **“STUDI KUAT LENTUR BALOK LAMINASI KAYU SENGON DENGAN KAYU KELAPA DI DAERAH GUNUNGPATI SEMARANG ”**.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Perumusan masalah merupakan bagian yang penting yang akan diteliti dan harus ada dalam penulisan suatu karya ilmiah. Adanya permasalahan yang jelas akan membuat proses pemecahannya akan terarah dan terfokus. Permasalahan yang akan diungkap dalam penelitian ini adalah Seberapa besarkah kuat lentur balok laminasi (kayu sengon dengan kayu kelapa).

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian merupakan titik pijak untuk merealisasikan aktivitas yang akan dilaksanakan, sehingga perlu dirumuskan secara jelas. Adanya tujuan penelitian maka diperoleh gambaran-gambaran serta manfaat dari penelitian tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besarkah kuat lentur balok laminasi (kayu sengon dengan kayu kelapa).

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah diterapkan untuk menghindari perkembangan permasalahan yang terlalu luas. Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Kayu yang digunakan yaitu kayu sengon dan kayu kelapa yang diperoleh di daerah Gunung Pati Semarang.
2. Perekat yang digunakan yaitu lem epoksi dengan merk Multi Rekat (MR).
3. Hal yang diteliti adalah pengujian keteguhan lentur.

#### **1.5. Manfaat atau Kegunaan Penelitian**

##### **1. Manfaat atau Kegunaan Teoritis**

- 1) Sebagai suatu karya ilmiah, Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan pada khususnya dan masyarakat pada umumnya mengenai pengaruh laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa terhadap kuat lentur kayu.
- 2) Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai pedoman untuk kegiatan penelitian yang sejenis.

##### **2. Manfaat atau Kegunaan Praktis**

- a. Meningkatkan pengetahuan pembaca tentang kuat lentur balok laminasi dari kayu sengon dengan kayu kelapa, baik untuk diteliti maupun masyarakat secara umum.
- b. Meningkatkan nilai tambah dalam pemanfaatan kayu sengon dan kayu kelapa sebagai bahan baku kayu laminasi.

## 1.6. Penegasan Istilah

Penegasan istilah, khususnya yang berhubungan dengan judul penelitian diperlukan untuk menghindari terjadinya perbedaan penafsiran dan untuk mewujudkan kesatuan berfikir pembaca. Berikut ini adalah penegasan istilah yang berhubungan dengan judul penelitian.

### a) Laminasi

merupakan gabungan sejumlah kayu menjadi satu kesatuan yang utuh. balok yang dibuat dari lapis-lapis papan yang diberi perekat secara bersama-sama pada arah serat yang sama, balok laminasi memiliki ketebalan maksimum yang diizinkan sebesar 50 mm (Moody, 1999) dalam (Rio Juandri Pasaribu,2011)

### b) Hutan Tanaman Industri (HTI)

Hutan Tanaman Industri adalah sebidang luas daerah yang sengaja ditanami dengan tanaman industri (terutama kayu) dengan tipe sejenis dengan tujuan menjadi sebuah hutan yang secara khusus dapat dieksploitasi tanpa membebani hutan alami ([http://id.wikipedia.org/wiki/Hutan\\_tanaman\\_industri](http://id.wikipedia.org/wiki/Hutan_tanaman_industri)).

### c) Kuat Lentur Kayu

Iensufrie (2009: 14) menyatakan, keteguhan lengkung atau kelenturan kayu adalah kemampuan kayu untuk melengkungkan diri ketika menahan tekanan di atasnya

### d) Lem Epoksi

Handayani (2009) lem epoksi merupakan produk sinetik termoset dari resin poloepoksi dengan zat curing/pengeras (asam/basa).

## **1.7. Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah para pembaca dalam memahami isi skripsi ini, maka dipandang perlu mengemukakan sistematikanya. Adapun sistematika penyusunan skripsi ini adalah sebagaimana uraian berikut ini.

### **Bab I Pendahuluan**

Mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat atau kegunaan penelitian, penegasan istilah, serta sistematika penulisan.

### **Bab II Landasan Teori dan Hipotesis**

Bab ini berisi tentang balok laminasi, sifat fisik mekanik kayu, tata cara perencanaan konstruksi kayu indonesia, bahan perekat atau lem, karakteristik kayu sengon, karakteristik kayu kelapa, penelitian yang sudah dilakukan, kerangka berpikir, dan hipotesis.

### **Bab III Metode Penelitian**

Berisi tentang rancangan penelitian, tempat dan waktu penelitian, populasi penelitian, sampel penelitian, variabel penelitian, peralatan penelitian, prosedur penelitian, analisa data, serta langkah-langkah penelitian.

### **Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Berisi tentang hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan terhadap hasil penelitian.

**Bab V Kesimpulan dan Saran**

Berisi tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran yang diberikan berdasarkan pada hasil penelitian.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS**

#### **2.1. Balok laminasi**

Balok laminasi adalah balok yang dibuat dari lapis-lapis papan yang diberi perekat secara bersama-sama pada arah serat yang sama, balok laminasi memiliki ketebalan maksimum yang diizinkan sebesar 50 mm (Moody, 1999) dalam (Rio Juandri Pasaribu,2011). Dengan mengikuti konsep tersebut diatas, laminasi diperoleh dari pengolahan batang yang dimulai dari pemotongan, perekatan dan pengempaan sampai diperoleh bentuk laminasi dengan ketebalan yang diinginkan. Untuk beberapa hal sifat-sifat laminasi tidak berbeda jauh dengan sifat batang kayu aslinya. Sifat akhir banyak dipengaruhi oleh banyaknya ruas yang ada pada satu batang tersebut dan banyaknya perekat yang digunakan (Widjaja,1995) dalam (Rio Juandri Pasaribu,2011).

Kayu laminasi atau disebut juga balok majemuk suatu balok yang diperoleh dari perekatan kayu, dapat berbentuk lurus, melengkung atau gabungan dari keduanya, dengan arah sejajar satu sama lain. Menurut Fakhri (2002) dalam Astri Novita Sitompul (2009) bahwa kayu laminasi terbuat dari potongan-potongan kayu yang relatif kecil yang dibuat menjadi produk baru yang lebih homogen dengan penampang kayu dapat dibuat menjadi lebih besar dan tinggi serta dapat digunakan sebagai bahan konstruksi.

Menurut Manik (1997) dalam Astri Novita Sitompul (2009) bahwa ada banyak faktor yang mempengaruhi kualitas kayu laminasi, antara lain adalah

bahan baku, persyaratan bahan baku adalah memiliki kerapatan serat dan berat jenis berdekatan. Selain itu juga perekat yang digunakan harus sesuai dengan tujuan penggunaan kayu laminasi. Hal lain yang harus diperhatikan adalah bentuk sambungan, proses perekatan dan pengempaan. Hal ini akan mempengaruhi kualitas kayu laminasi. Untuk itu perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu yang memenuhi standar sebelum kayu laminasi digunakan, terutama apabila tujuan penggunaan adalah untuk struktural.

### **2.1.1. Sejarah Balok Laminasi**

Balok laminasi pertama kali digunakan di Eropa sebagai konstruksi auditorium di basel, Switzerland pada tahun 1893 dan dikelanl dengan sebutan Hetzer System. Aplikasi pada saat itu masih terbatas karena perekat yang digunakan tidak tahan air (Moody et al, 1999) dalam (Rima Jentika Permata Sari,2011).

Pada tahun 1934, Forest Product Laboratory di Madison, Wisconsin mendirikan sebuah bangunan yang menggunakan balok laminasi untuk konstrusinya. Balok laminasi untuk bangunan tersebut diproduksi oleh sebuah perusahaan di Peshtigo, Wisconsin yang didirikan oleh imigran Jerman membawa teknologi ke Amerika Serikat (Moody et al, 1999) dalam (Rima Jentika Permata Sari,2011).

Selama perang dunia II, kebutuhan akan elemen struktural yang besar untuk mendirikan bangunan militer seperti gudang dan hangar pesawat terbang, menambah ketertarikan pada balok laminasi. Perkembangan resin tahan air memungkinkan penggunaan balok laminasi untuk jembatan dan aplikasi eksterior

lainnya (Moody et al, 1999) dalam (Rima Jentika Permata Sari,2011). Pemakaian balok laminasi di Indonesia belum banyak berkembang karena memerlukan biaya investasi yang tinggi sehingga menyebabkan harga produk laminasi lebih mahal dari kayu gergajian konvensional (Abdurrachman dan Hadjib,2005) dalam (Rima Jentika Permata Sari,2011).

### **2.1.2. Penggunaan Balok Laminasi**

Hermawan (1996) dalam (Rima Jentika Permata Sari,2011) menyatakan bahwa kayu laminasi dipakai pada konstruksi-konstruksi bangunan (gedung olahraga, gedung pertunjukan, hangar pesawat terbang) furniture, alat olahraga dan penggunaan lain yang dalam penerapannya kadang-kadang dikombinasikan dengan kayu lapis atau papan partikel.

Salain itu (Moody et al, 1999) dalam (Rima Jentika Permata Sari,2011) menyebutkan berbagai macam penggunaan balok laminasi adalah pada bangunan komersial, rumah, jembatan dan penggunaan struktur lain seperti tower transmisi listrik, tonggak listrik dan penggunaan lain untuk memenuhi persyaratan ukuran dan bentuk yang tidak dapat dicapai dengan menggunakan tiang kayu konvensional.

### **2.1.3. Kelebihan dan Kekurangan Balok Laminasi**

Menurut Departemen Kehutanan (2006) dalam Astri Novita Sitompul (2009) beberapa keunggulan yang diperoleh dari kayu laminasi antara lain:

- a) Dapat dibuat dari kayu berkualitas rendah.
- b) Dapat dibuat dari kayu berukuran kecil yang dapat menghasilkan balok berukuran besar sehingga suplai akan bertambah.



- c) Dapat menghasilkan bahan yang lebih panjang, lebar dan lebih tebal atau lebih besar.
- d) Dapat dibuat melengkung dengan penampang yang bermacam-macam sesuai dengan perumusan beban, dimana pada kayu utuh hal itu sulit dilakukan.

Menurut (Moody et al. 1999; Stark et al. 2010) dalam (Rima Jentika Permata Sari. 2011), balok laminasi dibandingkan dengan kayu gergajian ataupun produk struktural lainnya, memiliki kelebihan berupa:

- a) Ukuran. Balok laminasi dapat dibuat dengan ukuran yang besar dari pohon berdiameter kecil.
- b) Nilai arsitektur. Dengan melengkungkan bahan baku gergajian selama proses pembuatan balok laminasi, berbagai nilai arsitektur dapat diperoleh.
- c) Pengeringan. Kayu gergajian yang digunakan dalam pembuatan balok laminasi harus dikeringkan terlebih dahulu sehingga cacat pada balok laminasi dapat diminimalkan.
- d) Keragaman kualitas lamina. Dapat menggunakan lamina berkualitas rendah dan lamina berkualitas baik. Lamina berkualitas baik diletakkan pada bagian atas dan bawah balok sedangkan lamina berkualitas rendah diletakkan pada bagian tengah balok.
- e) Ramah lingkungan. Bahan bakunya dapat diperbaharui.

Wirjomartono (1958) dalam Asti Novita Sitompul (2009) menyatakan balok laminasi mempunyai beberapa kekurangan:

- a) Persiapan pembuatan kayu berlapis mejemuk memerlukan biaya yang lebih besar dari konstruksi biasa.

- b) Karena baik buruknya bergantung kepada kekuatan sambungannya, maka pembuatannya memerlukan alat-alat khusus dan orang-orang ahli.
- c) Kesukaran-kesukaran pengangkutan untuk yang besar seperti perlengkungan dan sebagainya,

## **2.2. Sifat Fisik Mekanik Kayu**

kayu memiliki perbedaan kekuatan dan kekakuan bukan pada antar spesies saja melainkan juga dalam spesies yang sama (Blass dkk, 1995) dalam (Sutarno, 2003). Perbedaan ini disebabkan antara lain oleh sifat pertumbuhan kayu, iklim, kepadatan hutan, jenis tanah, lokasi. Pengolahan kayu, kadar air, cacat-cacat kayu, sehingga berpengaruh pula pada sifat fisik dan sifat mekanik kayu (Somayaji,1995) dalam (Sutarno, 2003). Secara umum kayu-kayu yang terberat merupakan kayu yang terkuat dan kekuatan, kekerasan, serta sifat-sifat teknis lainnya berbanding lurus dengan berat jenis.

### **2.2.1. Sifat Fisik Kayu**

Menurut Dumanauw (1984: 15), menyatakan beberapa hal yang tergolong dalam sifat fisik kayu adalah: (1) berat jenis; (2) keawetan alami kayu; (3) warna kayu; (4) higroskopik; (5) tekstur; (6) serat; (7) berat kayu; (8) kekerasan; (9) kesan raba; (10) bau dan rasa; (11) nilai dekoratif; dan (12) sifat kayu terhadap suara. Lebih lanjut Awaludin dan Inggar (2005: 6), menyatakan sifat – sifat fisis kayu terdiri dari: (1) kandungan air; (2) kepadatan dan berat jenis; dan (3) cacat kayu.

a) Kandungan air

Kayu merupakan material higroskopis, artinya kayu memiliki kaitan yang sangat erat dengan air baik berupa cairan ataupun uap. Dumanauw (1984: 30) menyatakan, kayu bersifat higroskopis artinya kayu memiliki daya tarik terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun cairan. Kemampuan kayu untuk menghisap atau mengeluarkan air tergantung suhu dan kelembaban udara disekelilingnya.

Perhitungan kandungan air kayu dapat dihitung berdasarkan rumus (Rochadi dkk, 1996: 3):

$$M = \frac{B0 - B1}{B1} \times 100 \%$$

dimana:

M = kadar air kayu (%)

B0 = berat awal (gram)

B1 = berat akhir atau berat kering oven (gram)

b) Kepadatan dan berat jenis

Kepadatan kayu adalah massa kayu dibagi volume kayu baik pada keadaan kadar air tertentu ataupun kering, kepadatan berhubungan erat dengan berat jenis (BJ) kayu dan kekuatan kayu, kayu semakin ringan semakin kurang kekuatannya atau sebaliknya. Kepadatan kayu dinyatakan sebagai berat per unit volume (Awaludin, 2005: 8). Pengukuran ditunjukkan untuk mengetahui porositas atau persentase rongga (void) pada kayu.

Berat jenis (BJ) kayu adalah perbandingan antara kepadatan kayu dengan kepadatan air pada volume yang sama (Awaludin, 2005: 8). Dumanauw (1984: 15) menyatakan, berat jenis diperoleh dari perbandingan berat suatu volume kayu tertentu dengan dengan volume air yang sama pada suhu standart.

$$BJ = \frac{B1}{(1 + m)V}$$

dimana:

BJ = berat jenis (gram/cm<sup>3</sup>)

B1 = berat akhir atau berat kering oven (gram)

m = kadar air kayu (%)

V = volume kayu (cm<sup>3</sup>)

#### c) Cacat Kayu

Cacat atau kerusakan kayu dapat mengurangi kekuatan dan bahkan kayu yang cacat tersebut tidak dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi. Cacat kayu yang sering terjadi adalah retak (*cracks*), mata kayu (*knots*), dan kemiringan serat (*slope of grain*). Retak pada kayu terjadi karena proses penyusutan akibat penurunan kandungan air (pengeringan). Pada batang kayu yang tipis, retak dapat terjadi lebih besar dan disebut dengan belah (*split*). Mata kayu sering terdapat pada batang kayu yang merupakan bekas cabang kayu yang patah. Pada mata kayu ini terjadi pembengkokan arah serat, sehingga kekuatan kayu menjadi berkurang. Untuk keperluan konstruksi hindari batang kayu yang memiliki mata kayu karena pada mata kayu terjadi pembelokan arah serat sehingga kekuatan kayu menjadi berkurang.

### 2.2.2. Sifat Mekanik Kayu

Wahono dkk (2005: 71), menyatakan sifat mekanik terkait dengan kekuatan kayu yaitu kemampuan kayu untuk menahan muatan dari luar, gaya dari luar yang dimaksud adalah gaya yang mempunyai kecenderungan untuk mengubah bentuk dan volume benda. Sifat mekanik kayu diperhitungkan untuk penggunaan kayu sebagai bahan bangunan, perkakas seperti furniture atau mebel dan lain-lain. Secara umum hampir semua penggunaan kayu dituntut syarat kekuatan dalam penggunaannya. Beberapa macam kekuatan dari sifat mekanik kayu adalah: (a) kekuatan tarik; (b) kekuatan tekan; (c) kekuatan geser; (d) keteguhan lengkung.

Sifat-sifat mekanik atau kekuatan kayu ialah kemampuan kayu untuk menahan muatan dari luar. Yang dimaksud dengan muatan dari luar ialah gaya-gaya di luar benda yang mempunyai kecenderungan untuk mengubah benda dan besarnya benda. Hakekatnya hampir pada semua penggunaan kayu, dibutuhkan syarat kekuatan. Dalam hubungan ini dibedakan beberapa macam kekuatan sebagai berikut: (a) keteguhan tarik; (b) keteguhan tekan atau kompresi; (c) keteguhan geser; (d) keteguhan lengkung (lentur); (e) kekakuan; (f) keuletan; (g) kekerasan; (h) keteguhan belah; (Dumanauw, 1984: 21).

Menurut Iensufrie (2009: 13-15), kayu yang digunakan sebagai bahan konstruksi artinya kayu tersebut dibutuhkan fungsi kekuatannya, karena kayu tersebut akan menjadi barang yang memiliki kegunaan bagi manusia. Misalnya untuk konstruksi jembatan, konstruksi rumah, furniture, lantai kayu, dan lain-lain.

a) Keteguhan Tekan

Menurut Dumanauw (1984: 21), keteguhan tekan suatu jenis kayu ialah kekuatannya untuk menahan kekuatan jika kayu itu dipergunakan untuk penggunaan tertentu. Dalam hal ini dibedakan dua macam kompresi yaitu kompresi tegak lurus arah serat dan kompresi sejajar arah serat. Iensufrie (2009: 14) menyatakan, keteguhan tekan atau kompresi adalah kekuatan kayu untuk menahan beban atau tekanan pada suatu titik. Pada semua kayu, keteguhan kompresi yang tegak lurus dengan arah serat lebih kecil dari pada keteguhan kompresi sejajar arah serat.

keteguhan tekan sejajar arah serat kayu metode pengujian sesuai dengan ASTM D 143 – 52 ukuran benda uji 5 x 5 x 20 cm, Perhitungan keteguhan tekan sejajar arah serat kayu dapat dihitung berdasarkan rumus (Rochadi, dkk, 1996: 22):

$$\sigma_{tk //} = \frac{P}{L.t}$$

keteguhan tekan tegak lurus arah serat kayu Metode pengujian sesuai dengan ASTM D 143 – 52 ukuran benda uji 5 x 5 x 15 cm, Perhitungan keteguhan tekan sejajar arah serat kayu dapat dihitung berdasarkan rumus (Rochadi, dkk, 1996: 22):

$$\sigma_{tk \perp} = \frac{P}{L.t}$$

dimana:

$\sigma_{tk //}$  = keteguhan tekan sejajar serat (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_{tk \perp}$  = keteguhan tekan tegak lurus ( $\text{kg/cm}^2$ )

P = beban tekan maksimum (kg)

l = lebar benda uji (cm)

t = tinggi atau tebal benda uji (cm)

#### b) Keteguhan Tarik

Dumanauw (1984: 21) menyebutkan, kekuatan atau keteguhan tarik suatu jenis kayu ialah kekuatan kayu untuk menahan gaya – gaya yang berusaha menarik kayu itu. Kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah sejajar arah serat. Kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil dari pada kekuatan tarik sejajar arah serat dan keteguhan tarik ini mempunyai hubungan dengan ketahanan kayu terhadap pembelahan. Menurut Iensufrie (2009: 13), yang dimaksud dengan keteguhan tarik adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya yang menarik kayu. Kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah keteguhan tarik sejajar dengan arah serat kayu.

Perhitungan keteguhan tarik kayu dapat dihitung berdasarkan rumus (Rochadi, dkk, 1996: 42):

$$\sigma_{tr //} = \frac{P}{l.t}$$

dimana:

$\sigma_{tr //}$  = keteguhan tarik sejajar arah serat ( $\text{kg/cm}^2$ )

P = beban tarik maksimum (kg)

l = lebar belahan dalam (cm)

t = tinggi belahan dalam (cm)

### c) Keteguhan Lentur

Iensufrie (2009: 14) menyatakan, keteguhan lengkung atau kelenturan kayu adalah kemampuan kayu untuk melengkungkan diri ketika menahan tekanan di atasnya. Menurut Dumanauw (1984: 24) menyebutkan, keteguhan lengkung atau lentur ialah kekuatan untuk menahan gaya – gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban – beban mati maupun hidup selain beban pukulan yang harus dipikul oleh kayu tersebut, misalnya blandar.

metode pengujian ada 2 cara yaitu menggunakan model dan ukuran sebenarnya. dengan model Metode pengujian sesuai dengan ASTM D 143 – 52 ukuran benda uji 5 x 5 x 76 cm, dengan jarak antar tumpuan 70 cm, pembebanan diberikan ditengah-tengah bentang secara statis. sedangkan ukuran sebenarnya sesuai dengan SNI 03-3975-1995 dengan panjang total  $6h + 1m + 2h$ , dengan jarak antar tumpuan  $6h + 1m$ , pembebanan diberikan ditengah-tengah bentang secara statis. Perhitungan keteguhan lentur kayu dapat dihitung berdasarkan rumus (Rochadidkk, 1996: 8):

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{W}$$

$$M = \frac{1}{4}PL$$

$$W = \frac{1}{6}bh^2$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{4}PL}{\frac{1}{6}bh^2} = \frac{6PL}{4bh^2} = \frac{3PL}{2bh^2}$$



$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

dimana:

$\sigma_{lt}$  = keteguhan lentur maksimum ((kg/cm<sup>2</sup>))

M = momen

W = tahanan momen

P = beban maksimum (kg)

L = jarak tumpu (cm)

b = lebar benda uji (cm)

h = tinggi benda uji (cm)

d) Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah merupakan ukuran terhadap perpanjangan bila balok kayu mengalami tarikan, pemendekan apabila balok kayu mengalami tekakan selama pembebanan berlangsung dengan kecepatan pembebanan konstan. Besarnya modulus elastisitas kayu sejajar serat untuk masing-masing kelas kuat kayu (PKKI,NI-5,1991:6) terlihat pada tabel 2.1 sebagai berikut.

**Tabel 2.1.** Modulus Elastisitas kayu

Kelas kuat kayu	Modulus Kenyal Sejajar Serat (kg/cm <sup>2</sup> )
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

Modulus elastisitas kayu sejajar serat dapat diperoleh dari pengujian kekuatan lengkung statik dengan mengukur lendutan (Defleksi) pada daerah pelengkungan selama pembebanan berlangsung.

### 2.3. Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia

Pada awal tahun 1959 oleh Pengurus Harian Dana Normalisasi dibentuk “Panitia Kayu Indonesia”. Oleh Panitia Kayu Indonesia dipandang sangat perlu adanya Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia. Setelah panitia bersidang berkali-kali akhirnya dapat diterbitkan PKKI 1961. PKKI berisi semua peraturan dan cara penggunaan kayu.

Dalam PKKI kayu untuk struktur dibedakan menjadi 5 (lima) kelas kekuatan dan 5 (lima) kelas awet kayu yakni sebagai berikut:

**Tabel 2.2.** Kelas Kuat kayu

Kelas kuat	Berat Jenis	Kekuatan lengkung absolut ( $\text{kg/cm}^2$ )	Kekuatan tekan absolut ( $\text{kg/cm}^2$ )
I	$\geq 0,90$	$\geq 1100$	$\geq 650$
II	0,90-0,60	1100-725	650-425
III	0,60-0,40	725-500	425-300
IV	0,40-0,30	500-300	300-215
V	$< 0,30$	$< 300$	$< 215$

**Tabel 2.3.** Kelas Awet Kayu Indonesia berdasarkan umur

Kelas awet	I	II	III	IV	V
Selalu berhubungan dengan tanah lembab	8 Tahun	5 Tahun	3 tahun	sangat pendek	sangat pendek
Hanya terbuka terhadap angin dan iklim tetapi dilindungi terhadap pemasukan air dan kelelasan.	20 Tahun	15 Tahun	10 tahun	beberapa tahun	sangat pendek
Di bawah atap tidak berhubungan dengan tanah lembab dan dilindungi terhadap kelelasan	tak terbatas	tak terbatas	sngat lama	beberapa tahun	Pendek
Di bawah atap tidak berhubungan dengan tanah lembab dan dilindungi terhadap kelelasan tetapi dipelihara dengan baik, selalu dicat, dan sebagainya.	tak terbatas	tak terbatas	tak terbatas	20 tahun	20 tahun
Serangan oleh rayap	Tidak	Jarang	agak cepat	sangat cepat	sangat cepat
Serangan oleh bubuk kayu kering	Tidak	Tidak	hampir tidak	tak seberapa	sangat cepat

Pada tahun 2002 PKKI disempurnakan sejalan dengan perkembangan pembangunan gedung serta kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi akhir-akhir ini. Sebagai pengganti PKKI akhirnya ditetapkan, yaitu Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu yang merupakan standar bagi peraturan penggunaan kayu Indonesia.

Dalam Penelitian ini digunakan acuan Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu (SNI kayu) untuk mengetahui kekuatan mekanik. Berikut tabel kuat acuan berdasarkan atas pemilahan secara mekanik.

**Tabel 2.4.** Nilai kuat acuan (Mpa) berdasarkan atas pemilahan secara mekanik

Kode mutu	Modulus elastisitas lentur $E_w$	Kuat lentur $F_b$	Kuat tarik sejajar arah serat $F_t$	Kuat tekan sejajar arah serat $F_c$	Kuat geser $F_v$	Kuat tekan tegak lurus serat $F_{c\perp}$
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	14000	27	25	28	4,8	11
E12	13000	23	22	27	4,6	11
E11	12000	20	19	25	4,5	10
E10	11000	18	17	24	4,3	9

#### **2.4. Bahan Perekat atau Lem**

Bahan perekat atau lem kayu ialah alat yang digunakan untuk menyambung antara benda satu dengan benda yang lain secara efektif dan mudah. Handayani (2009) mengatakan bahan perekat atau lem mempunyai kelebihan antara lain: lem mampu menyambung berbagai jenis bahan yang berbeda, lem mudah dikerjakan, hasil akhir yang memuaskan sebab permukaan dan kontur tampak halus, tidak berongga, tidak ada bagian yang menonjol, mudah digunakan dan cepat dalam pengerjaannya, biayanya lebih ekonomis dibandingkan dengan cara-cara lain, meringankan berat bendanya, dapat digunakan untuk bahan-bahan yang tidak tahan panas. Bahan perekat atau lem juga memiliki kekurangan antara lain: proses pengeleman menjadi agak rumit sebab perlu persiapan yang optimal terhadap permukaan yang hendak disambung, memerlukan berbagai alat, kuat ikatan optimalnya tidak seketika tercapai, ada bahaya racun atau mudah terbakar, juga rendah kelupasannya, ketahanan jangka panjang pada kondisi ekstrim sering tidak diketahui secara pasti.

Pembagian bahan perekat dibagi menjadi beberapa bagian secara utama terdiri dari bahan perekat alami dan bahan perekat sintetis. Bahan perekat alami berasal dari hewani, tumbuhan, dan mineral. Beberapa bahan perekat yang berasal dari hewani adalah Albumen, Casein, Shellac, Lilin lebah dan Kak (Animal Glue). Beberapa bahan perekat yang berasal dari tumbuhan adalah Damar Alam, Arabic Gum, Protein, Starch, Dextrin, dan Karet Alam. Beberapa bahan perekat yang berasal dari mineral adalah Silicate, Magnesia, Litharge, Bitumen, dan Asphalt.

Bahan perekat sintetis berasal dari Elastomer, Thermoplastic, dan Thermosetting. Beberapa bahan perekat yang berasal dari Elastomer adalah Poly Chloropene, Poly Urethane, Silicon Rubber, Polisoprene, Poly Sulphide, dan Butyl Rubber. Beberapa bahan perekat yang berasal dari Thermoplastic adalah Ethyl Cellulose, Poly Vinyl Acetate, Poly Vinyl Alcohol, Poly Vinyl Chloride, Poly Acrylate, dan Hotmelt. Beberapa bahan perekat yang berasal dari Thermosetting adalah Urea Formaldehyde, Epoxy Polyamide, dan Phenol Formaldehyde.

Handayani (2009) lem epoksi merupakan produk sintetik termoset dari resin poliepoksi dengan zat curing/pengeras (asam/basa). Lem epoksi dapat diperoleh dalam bentuk sistem satu atau dua komponen. Sistem satu komponen meliputi resin cair bebas pelarut, larutan, pasta resin, cair, bubuk, pallet dan pasta. Sistem dua komponen terdiri atas resin dan zat curing yang dicampur pada saat akan digunakan, setelah dicampur sebaiknya segera digunakan untuk mengelem.

Handayani (2009) mengatakan lem epoksi juga memiliki kelebihan dan kelemahan, kelebihan antara lain tidak berubah walaupun telah bertahun-tahun disimpan, tahan terhadap minyak, lemak, bahan bakar minyak, alkali, pelarut aromatik, asam, alkohol, juga panas dan cuaca dingin. Sedangkan kekurangannya adalah lemah terhadap keton dan ester, ada juga yang formulasinya tidak tahan terhadap minyak, apabila campuran lem epoksi tercelup air dalam jangka waktu yang lama maka lem epoksi akan rusak, pada sistem polimida dan anhidrida tidak tahan pada suhu dingin/beku.

## 2.5. Karakteristik Kayu Sengon

Sengon dalam bahasa ilmiah disebut *Albazia Falcataria*, termasuk *family Mimosaceae*, keluarga petai – petaian. Bagian terpenting yang mempunyai nilai ekonomi pada tanaman sengon adalah kayunya. Pohon dapat mencapai ketinggian sekitar 30 – 45 m dengan diameter batang sekitar 70 – 80 cm. Bentuk batang sengon bulat dan tidak berbanir. Kulit luarnya berwarna putih atau kelabu, tidak beralur dan tidak mengelupas. Berat jenis kayu rata – rata 0,33 dan termasuk kelas awet IV – V (Hartanto, 2011: 9).

Selanjutnya Hartanto (2011: 65) juga menyatakan anggapan miring terhadap kayu sengon memang tak salah. Kayu *paraserianthes falcataria* itu berbobot jenis 0,33 dan kerapatan 460 – 650 kg/m<sup>3</sup>. Dengan kategori itu tingkat keawetan sengon hanya kelas IV. Bandingkan dengan jati yang termasuk kayu kelas I; berbobot jenis 0,72 dan kerapatan 800 – 1200 kg/m<sup>3</sup>. Meski begitu kayu sengon dapat bertahan lama hingga 40-an tahun dengan pengawetan. Pada prinsipnya pengawetan adalah memasukan zat pengawet ke dalam jaringan kayu, untuk mencegah faktor perusak kayu baik biologis maupun non biologis.

Kayu sengon termasuk kayu kelas kuat IV sampai V dengan berat jenis rata-rata 0,33 serta kelas awet IV sampai V. Secara umum kayu sengon mempunyai nilai penyusutan yang rendah. Kayu sengon umur 8 tahun atau lebih secara terbatas dapat dipakai sebagai kayu struktur bangunan sederhana (Kasmudjo, 1995) dalam (Sutarno, 2003).

## 2.6. Karakteristik Kayu Kelapa

Kayu kelapa dalam klasifikasi botanis dapat diuraikan sebagai berikut :

Ordo : Palmales  
 Famili : Aracaceae  
 Klas : Monocotyledoneae  
 Divisio : Spermatophyta  
 Genus : Cocos  
 Spesies : Cocos nucifera  
 Nama daerah : Kelapa, kelopo, krambil, cikal.

Menurut Suhardiman (1999) dalam Astri Novita Sitompul (2009) bahwa keluarga *palmae* (palm) umumnya tidak bercabang dan mempunyai berkas daun yang berbentuk cincin. Daunnya menyirip atau berbentuk kipas dengan pelepah daun yang melebar. Pada umumnya, batang kelapa mengarah lurus keatas dan tidak bercabang, kecuali pada tanaman di pinggir sungai, tebing dan lain-lain. Pertumbuhan tanaman akan melengkung menyesuaikan arah sinar matahari. Pada ujung batang terdapat titik tumbuh yang merupakan jaringan meristem yang berfungsi membentuk daun, batang dan bunga. Setelah umur 3-4 tahun yaitu pada waktu pangkal batang terbentuk, maka lingkaran batang tidak akan tumbuh membesar lagi. Karena tanaman kelapa selain termasuk tumbuhan *Monocotyledoneae* pada batangnya tidak terdapat selubung kambium, sehingga tidak mempunyai pertumbuhan sekunder. Oleh karena itu, pertumbuhan batang akan selalu bertambah panjang atau meninggi.

Menurut Piggott (1964) dalam Astri Novita Sitompul (2009) tinggi batang kelapa bisa mencapai 30 m dengan garis tengah 20-30 cm, tergantung iklim, tanah dan lingkungan tanah. Pada tanaman perkebunan yang berjarak lebih rapat, pertumbuhan batang akan cepat memanjang dengan lingkaran batang yang



kecil. Sedangkan pada tanah dengan kesuburan yang cukup, lingkaran batang akan lebih besar dibanding dengan kelapa yang di tanam pada tanah yang kurang subur.

Batang kelapa merupakan salah satu produk sampingan dari tanaman kelapa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan ataupun kayu bakar. Agar dapat dipergunakan sebagai bahan bangunan, maka batang kelapa harus diambil dari tanaman kelapa yang sudah cukup tua.

Berbeda dengan kayu pada umumnya batang kelapa memiliki sel pembuluh yang berkelompok (*vascular bundles*) yang menyebar lebih rapat pada bagian tepi dari pada bagian tengah serta pada bagian bawah dan atas batang. Hal ini mengakibatkan kayu gergajian kelapa memiliki kekuatan yang berbeda-beda (Sulc, 1981) dalam Astri Novita Sitompul (2009)

## **2.7. Penelitian Yang Sudah Dilakukan**

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Astri Novita Sitompul (2009) tentang sifat fisis mekanis balok laminasi dari batang kelapa (*Cocos Nucifera L.*) dan kayu kemiri (*Aleurites Moluccana Wild*), maka diketahui modulus patah berisar antara 180,34 – 364,04 kgf/ cm<sup>2</sup>.

Dari hasil penelitian yang dilakukan Rima Jentika Permata Sari tentang karakteristik balok laminasi dari kayu sengon ,manii, dan akasia, maka diketahui bahwa keteguhan patah rata-rata balok laminasi akasia – mani sebesar 204,51 kg/cm<sup>2</sup>, keteguhan patah rata-rata balok laminasi akasia – sengon sebesar 150,03 kg/cm<sup>2</sup>.

## 2.8. Kerangka Berpikir

Kebutuhan kayu sebagai bahan konstruksi selalu meningkat, namun ketersediaan kayu gergajian mutu yang baik semakin sulit ditemui di pasaran dan harganya semakin mahal. Di daerah Gunungpati banyak terdapat jenis kayu yang cepat tumbuh, tetapi mutunya rendah. Jenis kayu tersebut dapat dimanfaatkan sebagai kayu struktural bila dikombinasikan menjadi produk laminasi.

Kayu yang digunakan untuk laminasi adalah kayu sengon dan kayu kelapa dengan pengujian keteguhan lentur. dalam penelitian ini menggunakan ukuran sebenarnya sesuai SNI 03-3975-1995 dengan panjang total  $6h + 1m + 2h$ , dengan  $b = 8$  cm dan  $h = 12$ . sehingga panjang total 196 dengan jarak antar tumpuan yang digunakan dalam pengujian keteguhan lentur adalah 172 cm. Terdiri dari 3 lapisan dengan ketebalan masing-masing 4 cm, untuk bagian tengah menggunakan kayu sengon dengan ukuran  $4 \times 8 \times 196$  cm dan bagian muka dan belakang menggunakan kayu kelapa dengan ukuran  $4 \times 8 \times 196$  cm untuk pengujian keteguhan lentur. Kayu tersebut direkatkan menggunakan lem epoksi jenis paket pencampuran antara resin dan *hardener* dengan merk MR (Multi Rekat epoksi). dioleskan dengan kuas dan disatukan dengan klem penjepit selama 24 jam. Pembebanan diberikan ditengah bentang secara statis. Pengujian keteguhan lentur dilakukan untuk mengetahui seberapa besar beban lentur maksimal yang mampu diterima oleh kayu dan untuk mengetahui kuat lentur kayu tersebut.

Perhitungan keteguhan lentur kayu dapat dihitung berdasarkan rumus

(Rochadidkk, 1996: 8):

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{W}$$

$$M = \frac{1}{4}PL$$

$$W = \frac{1}{6}bh^2$$

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{4}PL}{\frac{1}{6}bh^2} = \frac{6PL}{4bh^2} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

dimana:

$\sigma_{lt}$  = keteguhan lentur maksimum ((kg/cm<sup>2</sup>))

M = momen

W = tahanan momen

P = beban maksimum (kg)

L = jarak tumpu (cm)

b = lebar benda uji (cm)

h = tinggi benda uji (cm)

Diharapkan dengan laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa dapat mengatasi kelangkaan kayu yang dirasa.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Rancangan Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Jenis penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat lentur kayu laminasi.

#### **3.2. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Penelitian ini dilaksanakan mulai tanggal 25 Mei 2013 sampai tanggal 19 Juni.

#### **3.3. Populasi Penelitian**

Populasi penelitian ini adalah semua jenis kayu sengon dan kayu kelapa yang ada di daerah Gunung Pati Semarang.

#### **3.4. Sampel Penelitian**

Sampel Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Kayu Sengon

Dalam penelitian ini digunakan 3 buah pohon sengon yang diperoleh dari daerah Gunung Pati Semarang. kemudian dibuat benda uji

dengan ukuran yang dipakai sebagai bahan laminasi adalah lebar 8 cm, tebal 4 cm dan panjang 196 cm. Serta lebar 8 cm, tebal 12 cm dan panjang 196 cm sebagai bahan uji lentur.

#### b) Kayu Kelapa

Dalam penelitian ini digunakan 4 buah pohon kelapa yang diperoleh dari daerah Gunungpati Semarang. kemudian dibuat benda uji dengan ukuran yang dipakai sebagai bahan laminasi adalah lebar 8 cm, tebal 4 cm dan panjang 196 cm. Serta lebar 8 cm, tebal 12 cm dan panjang 196 cm sebagai bahan uji kuat lentur .

### **3.5. Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil pengujian keteguhan lentur kayu.

### **3.6. Peralatan Penelitian**

#### 1. Mesin Gergaji Meja

Mesin gergaji meja digunakan untuk memotong kayu menjadi bentuk yang sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Mesin gergaji meja terdapat di laboratorium kayu Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

#### 2. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong kayu yang berukuran kecil. Terlalu berbahaya apabila memotong kayu yang berukuran kecil menggunakan mesin gergaji meja.

### 3. Mesin Ketam

Mesin dengan pahat pemotong bolak-balik, yang mengambil pemotongan berupa garis lurus. Mesin ini digunakan untuk memperhalus permukaan kayu. Kayu diketam sesuai arah seratnya. Mesin ini terdapat di laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

### 4. Meteran

Meteran digunakan untuk membuat ukuran pada kayu. Kayu diukur sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.

### 5. Penggaris

Penggaris digunakan untuk membantu membuat garis lurus pada permukaan kayu agar mempermudah saat kayu dipotong.

### 6. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat ukur yang ketelitiannya dapat mencapai seperseratus milimeter. Jangka sorong digunakan dengan cara mengapit kayu agar mendapatkan ukuran dimensi yang lebih teliti. Jangka sorong yang digunakan merupakan jangka sorong analog, dengan tingkat ketelitian adalah 0.05 mm untuk jangka sorong dibawah 30 cm dan 0.01 mm untuk yang di atas 30 cm.

### 7. Penggaris Siku

Penggaris siku digunakan untuk memeriksa apakah kayu hasil serutan mesin/manual bersudut siku atau tidak, tempelkan salah satu sisi bagian dalam penggaris siku pada satu sisi kayu yang usai diserut. Lalu gerakkan penggaris siku sepanjang batang kayu, searah serat kayu dengan tetap menempelkan satu

sisinya pada bagian sisi kayu. Apabila terdapat celah antara penggaris dengan permukaan kayu maka hasil penyerutan belum siku ( $90^\circ$ ).

Bagian sudut luar penggaris siku juga berfungsi untuk memeriksa ketajaman sudut perabot. Misalnya untuk memeriksa apakah sudut permukaan top table meja dapur sudah siku dengan dinding. Untuk itu letakkan penggaris siku pada permukaan daun meja dapur terhadap dindingnya lalu gerakkan sepanjang meja, dan perhatikan celah yang ada pada penggaris siku dengan dinding.

Terdapat ukuran dalam skala inchi atau mm pada setiap penggaris siku. Cobalah manfaatkan ukuran tersebut semaksimal mungkin. Angka nominalnya biasanya dimulai nol pada ujung penggaris siku. Hal ini akan sangat efektif untuk mengukur kedalaman lubang (konstruksi pen dan lubang) yang sedang dikerjakan. Masukkan ujung penggaris ke dalam lubang tersebut dan tempelkan batang penggaris ke sisi lubang untuk melihat angka yang tepat. Cara ini sangat membantu terutama untuk lubang pen dengan lebar yang sempit yang tidak mungkin dilakukan dengan menggunakan ujung meteran biasa, kecuali caliper (<http://www.tentangkayu.com/2008/04/memilih-penggaris-siku.html>).

## 8. Klamp

Klamp digunakan untuk menjepit benda uji laminasi agar hasil pengeleman masing – masing bahan uji dapat merekat dengan maksimal.

### 9. Mesin Uji Lentur (*Loading Frame*)

Mesin merek TATONAS ini merupakan rangkaian dari mesin uji tekan, namun alat ini secara khusus dilengkapi dengan beban titik (dalam penelitian ini digunakan satu beban titik) dan dua tumpuan. Di tengah-tengah bentang dari benda uji balok dipasang alat ukur pencatat besar lendutan akibat pembebanan dari balok kayu tersebut.

### 10. Alat Pembebanan (*Hydraulic Jack*)

Alat *Hydraulic Jack* merek HI-FORCE digunakan untuk memberikan tekanan pada pengujian model balok dengan skala penuh. Alat yang dapat memberikan tekanan sampai dengan 25 ton ini menggunakan sistem hidraulik dan dioperasikan dengan tenaga manusia. Alat ini telah dikalibrasi dengan alat pembebanan *load cell*.

### 11. Digital Load Detector

Digunakan untuk membaca beban pengujian secara digital dengan ketelitian 1 Kg.

## **3.7. Prosedur Penelitian**

### **3.7.1. Pembuatan Bahan Laminasi**

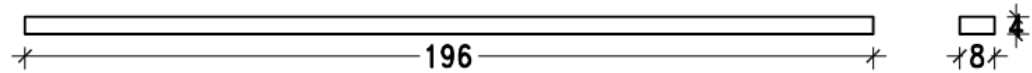
Bahan laminasi terbuat dari kayu sengon, kayu kelapa dan lem epoksi. pembuatan bahan laminasi meliputi:

#### a. Kayu sengon

Kayu sengon dipotong dengan ukuran lebar 8 cm, tebal 4 cm dan panjang 196 cm. Kayu diketam tidak terlalu banyak untuk menghilangkan serabut



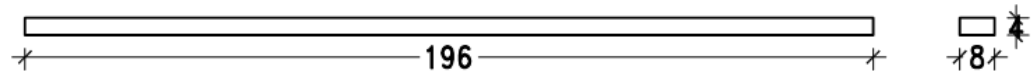
sisanya pemoangan. Pengetaman yang tidak terlalu banyak ditujukan agar dimensi kayu tidak terlalu banyak mengalami perubahan. Selanjutnya penghalusan muka kayu dapat dilakukan dengan pengamplasan.



**Gambar 3.1.** Dimensi Kayu Sengon Bahan Laminasi

b. Kayu Kelapa

Kayu kelapa dipotong dengan ukuran lebar 8 cm, tebal 4 cm dan panjang 196 cm. Kayu diketam tidak terlalu banyak untuk menghilangkan serabut sisa pemoangan. Pengetaman yang tidak terlalu banyak ditujukan agar dimensi kayu tidak terlalu banyak mengalami perubahan. Selanjutnya penghalusan muka kayu dapat dilakukan dengan pengamplasan.

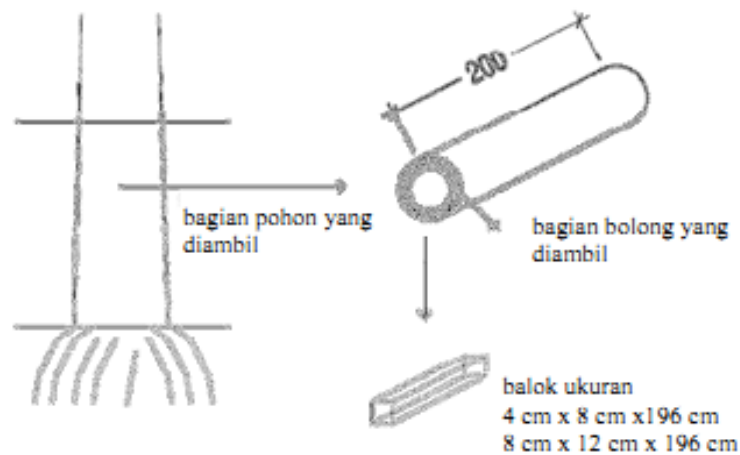


**Gambar 3.2.** Dimensi Kayu Kelapa Bahan Laminasi

c. lem epoksi

Lem epoksi yang dipakai adalah merk MR (Multi Rekat epoksi). Berat Jenis pada suhu 30°C adalah 0.98 - 1.7 kg/lit, Kadar Padat 98 - 100%, dan daya lekat 160 kg/cm<sup>2</sup>. Lem epoksi ini merupakan jenis paket pencampuran antara resin dan *hardener*. Resin dan *hardener* dicampur dalam sebuah kaleng kapasitas 1 lt dengan perbandingan penuh masing – masing satu bagian.

pemilihan kayu pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



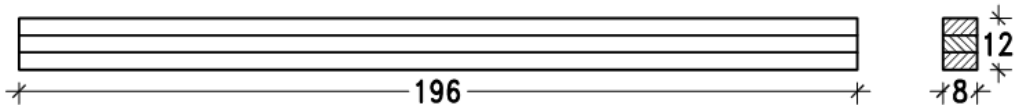
**Gambar 3.3.** Pola Pengambilan Benda uji

### 3.7.2. Pembuatan Benda Uji Lentur

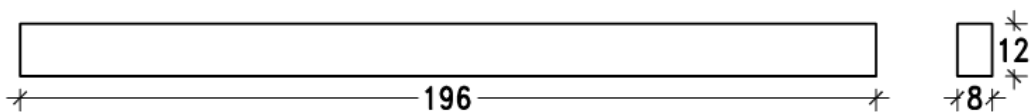
Benda uji dibuat sebanyak 3 buah, dengan ukuran 8 cm x 12 cm x 196 cm. Benda uji laminasi di susun dengan kayu sengon sebagai *core* (bagian tengah) dengan tebal 4 cm, serta kayu kelapa sebagai *face* dan *back* dengan dengan tebal masing – masing 4 cm

Kayu laminasi direkatkan dengan pengolesan lem epoksi disisi rekatan. Lem epoksi di oleskan dengan kuas secara merata, dan pastikan seluruh lapisan perekatan teroles. Demikian selanjutnya segera susunan kayu tersebut di klamp karena ikatan pengerasan terjadi cukup cepat. Klamp ini dilakukan selama 1 hari sampai dengan pengerasan terjadi sempurna. Sedangkan balok uji sengon dan kelapa yang tidak melalui proses laminasi maupun penambahan komposit dari bahan kayu lain (kayu utuh) dengan ukuran yang sama disiapkan sebagai balok kontrol dan perhitungan teoritis perencanaan pembebanan balok laminasi. Benda uji berjumlah 3 buah berukuran 8 x 12 x 196 cm, dipotong dari suatu balok yang

lurus dan tanpa cacat pada kondisi kering udara (SSD) dengan kadar air maksimum 20%.



**Gambar 3.4.** Susunan Benda Uji Laminasi



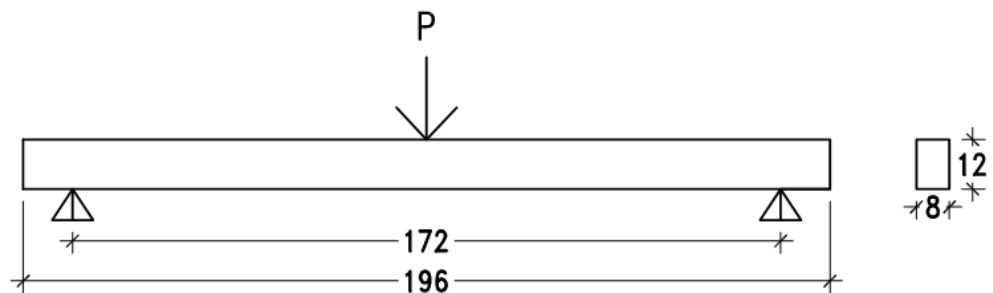
**Gambar 3.5.** Benda Uji Balok Utuh

### 3.7.3. Pengujian Keteguhan Lentur

#### a. Bahan

balok laminasi dibuat sebanyak 3 buah, dengan ukuran 8 cm x 12 cm x 196 cm. Benda uji laminasi di susun dengan kayu sengon sebagai *core* (bagian tengah) dengan tebal 4 cm, serta kayu kelapa sebagai *face* dan *back* dengan dengan tebal masing – masing 4 cm.

Sedangkan balok uji lentur sengon dan kelapa dengan karakteristik yang tidak melalui proses laminasi maupun penambahan komposit dari bahan kayu lain (kayu utuh) dengan ukuran yang sama. Benda uji berjumlah 3 buah berukuran 8 x 12 x 196 cm, dipotong dari suatu balok yang lurus dan tanpa cacat pada kondisi kering udara (SSD) dengan kadar air maksimum 20%. Hanya digunakan sebagai balok kontrol dan perhitungan teoritis perencanaan pembebanan balok laminasi.



**Gambar 3.6.** Pengujian Keteguhan Lentur

b. Peralatan

Dalam pengujian lentur ini menggunakan beberapa peralatan berikut ini:

- a). Mesin Uji Lentur (*Loading Frame*)
- b). *Dial Gauge*
- c). *Magnetic Base*
- d). Alat Pembebanan (*Hydraulic Jack*)

c. Pelaksanaan Penelitian

Benda uji diletakkan di atas dua penumpu yang jaraknya 172 cm dan batang pelentur diletakkan di tengah-tengah antara dua beban. Letakkan bantalan penekan di atas benda uji, tepatnya berada di tengah-tengah benda uji.. Jalankan mesin penguji dengan kecepatan konstan. Beban diberikan terus secara teratur sampai benda uji retak/pecah/belah. Amatilah retak-retak yang terjadi. Catat beban maksimumnya.

Retak-retak setelah pengujian lentur.

Retak-retak yang timbul pada pengujian lentur diamati. Kemungkinan terjadi retak berikut ini:

- 1) Retak tarik,

- 2) Retak mendatar,
- 3) Retak miring,
- 4) Belah putus,
- 5) Retak berserabut,
- 6) Retak tekan

### 3.8. Analisa Data

#### 3.8.1. Analisis Data Penelitian

Analisis data meliputi:

Kuat Lentur Kayu ( $\sigma_{lt}$ )

Data Lapangan:

$$b = 8 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$L = 172 \text{ cm}$$

P = didapat setelah pengujian

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{W}$$

$$M = \frac{1}{4}PL$$

$$W = \frac{1}{6}bh^2$$

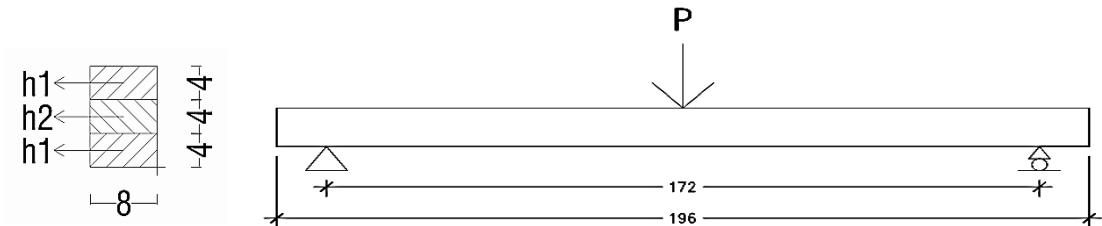
$$\sigma_{lt} = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{4}PL}{\frac{1}{6}bh^2} = \frac{6PL}{4bh^2} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.P.172}{2.8.12^2}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4,5 dan 6

### 3.8.2. Analisa Perhitungan Teoritis Perencanaan Balok Laminasi



Kelapa  $b/h = 8/4$  (benda 1)

Sengon  $b/h = 8/4$  (benda 2)

Garis netral ( $y$ ) berada pada  $1/2h = 6$  cm

Data Lapangan:

$$b = 8 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$h_1 = 4 \text{ cm}$$

$$h_2 = 4 \text{ cm}$$

$\sigma_{lt1}$  = didapat setelah pengujian

$\sigma_{lt2}$  = didapat setelah pengujian

$$\phi_b = 0,85 \text{ (dari SNI)}$$

$$\phi = 0,6 \text{ (dari SNI)}$$

Momen Inersia bahan 1 dan 2

$$I_1 = \frac{1}{12} b(h^3 - h_2^3)$$

$$I_1 = \frac{1}{12} 8(12^3 - 4^3)$$

$$I_1 = \frac{1}{12} 8(1728 - 64)$$

$$I1 = 1109,33 \text{ cm}^4$$

$$I2 = \frac{1}{12} b \cdot h_2^3$$

$$I2 = \frac{1}{12} 8 \cdot 4^3$$

$$I2 = \frac{1}{12} 8 \cdot 64$$

$$I2 = 42,66 \text{ cm}^4$$

Momen lentur

$$M_1 = \frac{\sigma_{lt1} \cdot I1}{y}$$

$$M_1 = \frac{\sigma_{lt1} \cdot 1109,33}{6}$$

$$M_2 = \frac{\sigma_{lt2} \cdot I2}{y}$$

$$M_2 = \frac{\sigma_{lt2} \cdot 42,66}{6}$$

$$M = (M_1 + M_2)$$

Diketahui  $M_{max} = \frac{1}{4} P \cdot L$ , maka:

$$P = \frac{M \cdot 4}{L} \times (\phi b, 1,4D, \text{£})$$

$$P = \frac{M \cdot 4}{L} \times (0,85 \cdot 1,4 \cdot 0,6)$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 7

### 3.9. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan pada kegiatan penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu tentang prosedur pengumpulan data dan langkah-langkah penelitian. Prosedur pengumpulan data pada kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan survei lapangan.
2. Memesan kayu sengon dan kayu kelapa
3. Menentukan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

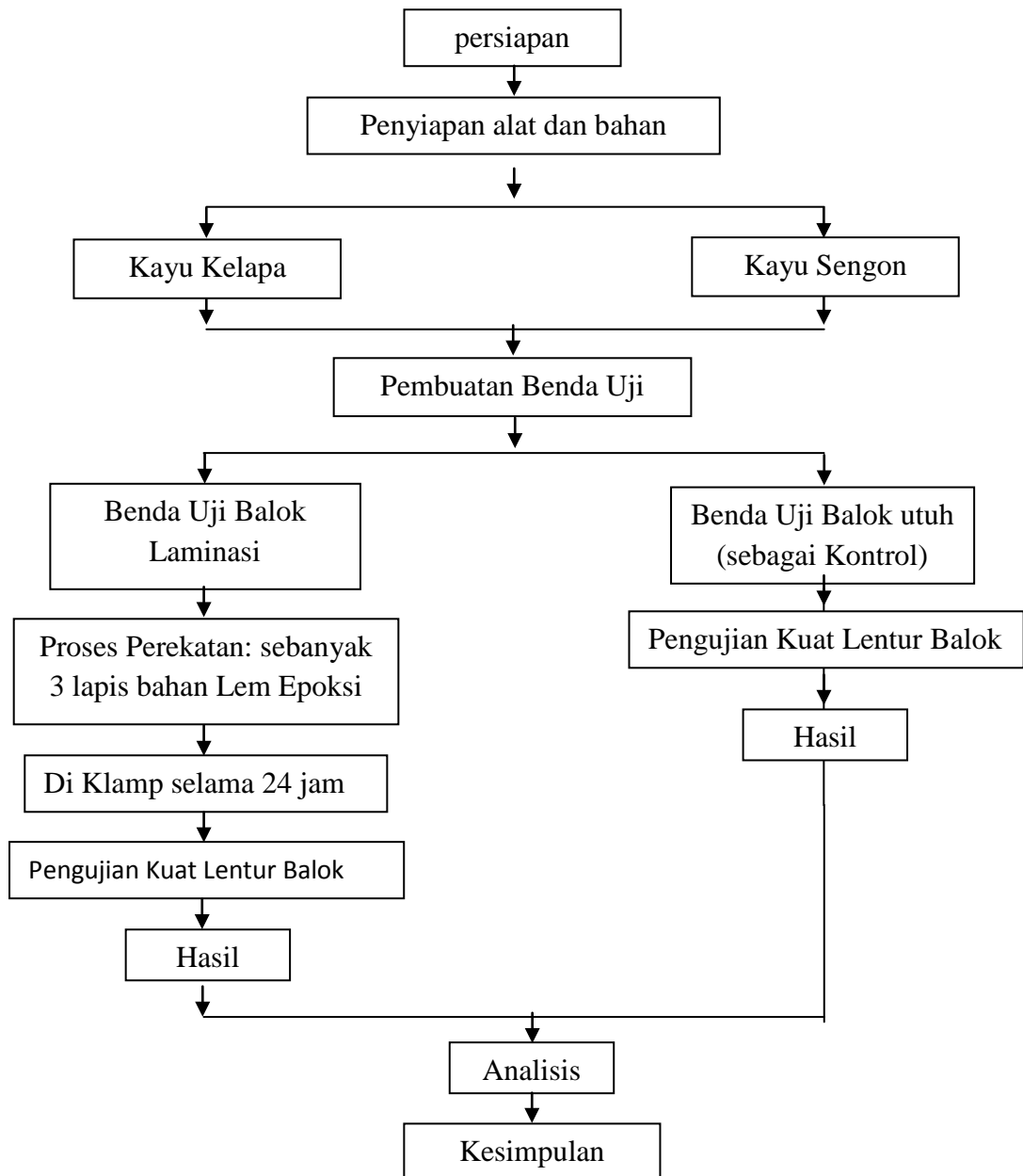
Sedangkan untuk langkah-langkah yang dilakukan peneliti pada saat penelitian ini dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Proses persiapan, membuat benda uji kayu sengon dan kayu kelapa sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Proses pemotongan kayu sengon dan kayu kelapa menjadi benda uji dilakukan di laboratorium kayu Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
2. Persiapan alat, semua peralatan telah tersedia lengkap di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
3. Proses pembuatan kayu laminasi, dengan kayu sengon sebagai *core* (bagian tengah), serta kayu kelapa sebagai *face* dan *back*
4. Proses pengujian, benda uji akan diuji keteguhan lentur.
5. Menganalisis data yang diperoleh dari pengujian tersebut.
6. Menyusun hasil penelitian.

Dari penjelasan cara penelitian di atas dapat disusun langkah – langkah pelaksanaan penelitian yang berfungsi sebagai pedoman langkah – langkah



pelaksanaan kegiatan penelitian. Langkah – langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada *flow chart* seperti yang tercantum dalam gambar 3.7.



**Gambar 3.7.** Langkah-langkah Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Kegiatan penelitian dilaksanakan setelah melakukan observasi ke warga Gunung Pati tentang penggunaan kayu yang banyak digunakan sebagai bahan bangunan. Pelaksanaan observasi dilakukan pada tanggal 1 Maret 2013 di daerah Gunung Pati Semarang. Setelah pelaksanaan observasi maka dilaksanakan penelitian yang diawali dengan pemesanan kayu sesuai dengan sampel yang telah ditentukan. Dilanjutkan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang mulai dari pengeringan kayu, pembuatan balok laminasi hingga pengujian pada tanggal 25 Mei 2013 sampai tanggal 19 Juni 2013.

Hasil penelitian dan pembahasan pada bab ini adalah uraian dari hasil pengujian kuat lentur kayu sebelum melalui proses laminasi dan setelah melalui proses laminasi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan yang berlaku dalam penelitian. untuk keseluruhan populasi dalam penelitian.

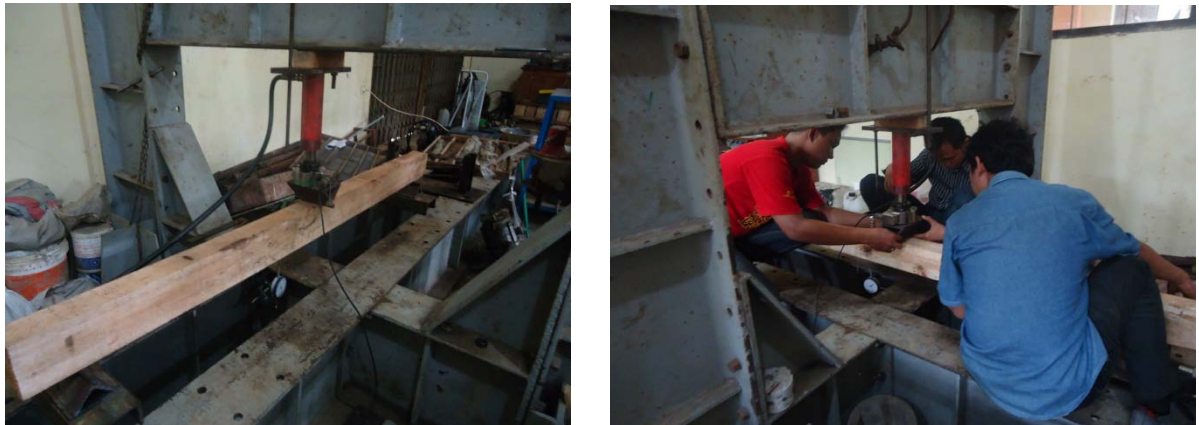
#### **4.1. Hasil Penelitian**

##### **4.1.1. Keteguhan Lentur Balok Kontrol**

###### **a. Kayu Sengon**

Benda uji diberi identitas sebagai berikut:

- 1) Benda uji 1 : S1
- 2) Benda uji 2 : S2
- 3) Benda uji 3 : S3



**Gambar 4.1.** Benda Uji Keteguhan Lentur Balok Sengon

Dari hasil pengujian keteguhan lentur kayu sengon didapatkan hasil seperti pada tabel 4.1. berikut :

**Tabel 4.1.** Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Balok Sengon

IDENTITAS BENDA UJI	BEBAN MAKSIMUM (P) kg	JARAK TUMPU (L) cm	LEBAR BENDA UJI (b) cm	TINGGI BENDA UJI (h) cm	$\sigma_{lt}$ (3PL/bh <sup>2</sup> ) kg/cm <sup>2</sup>
S1	450	172	8	12	100,78
S2	490	172	8	12	109,74
S3	475	172	8	12	106,38
RATA -RATA					105,63

Didapatkan kuat lentur balok sengon terbesar adalah 109,74 Kg/cm<sup>2</sup> dan terendah adalah 100,78 Kg/cm<sup>2</sup> serta kuat lentur rata – rata 105,63 Kg/cm<sup>2</sup> .

b. Kayu Kelapa

Benda uji diberi identitas sebagai berikut:

- 1) Benda uji 1 : K1
- 2) Benda uji 2 : K2
- 3) Benda uji 3 : K3



**Gambar 4.2.** Benda Uji Keteguhan Lentur kayu Kelapa

Dari hasil pengujian keteguhan lentur kayu kelapa didapatkan hasil seperti pada tabel 4.2. berikut :

**Tabel 4.2.** Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Balok Kelapa

IDENTITAS BENDA UJI	BEBAN MAKSIMUM (P) kg	JARAK TUMPU (L) cm	LEBAR BENDA UJI (b) cm	TINGGI BENDA UJI (h) cm	$\sigma_{lt}$ (3PL/bh <sup>2</sup> ) kg/cm <sup>2</sup>
K1	1465	172	8	12	328,09
K2	1530	172	8	12	342,66
K3	1490	172	8	12	333,7
RATA -RATA					334,82

Didapatkan kuat lentur balok Kelapa terbesar adalah 342,66 Kg/cm<sup>2</sup> dan terendah adalah 328,09 Kg/cm<sup>2</sup> serta kuat lentur rata – rata 334,82 Kg/cm<sup>2</sup> .

#### 4.1.2. Keteguhan Lentur Balok Laminasi

Benda uji diberi identitas sebagai berikut:

- a. balok laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa
  - 1) Benda uji 1 : KL1
  - 2) Benda uji 2 : KL2
  - 3) Benda uji 3 : KL3



**Gambar 4.3.** Benda Uji Keteguhan Lentur Balok Laminasi

Dari hasil pengujian keteguhan lentur balok laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa didapatkan hasil seperti pada tabel 4.3. berikut :

**Tabel 4.3.** Hasil Pengujian Keteguhan Lentur Balok Laminasi Kayu Sengon dengan Kayu kelapa

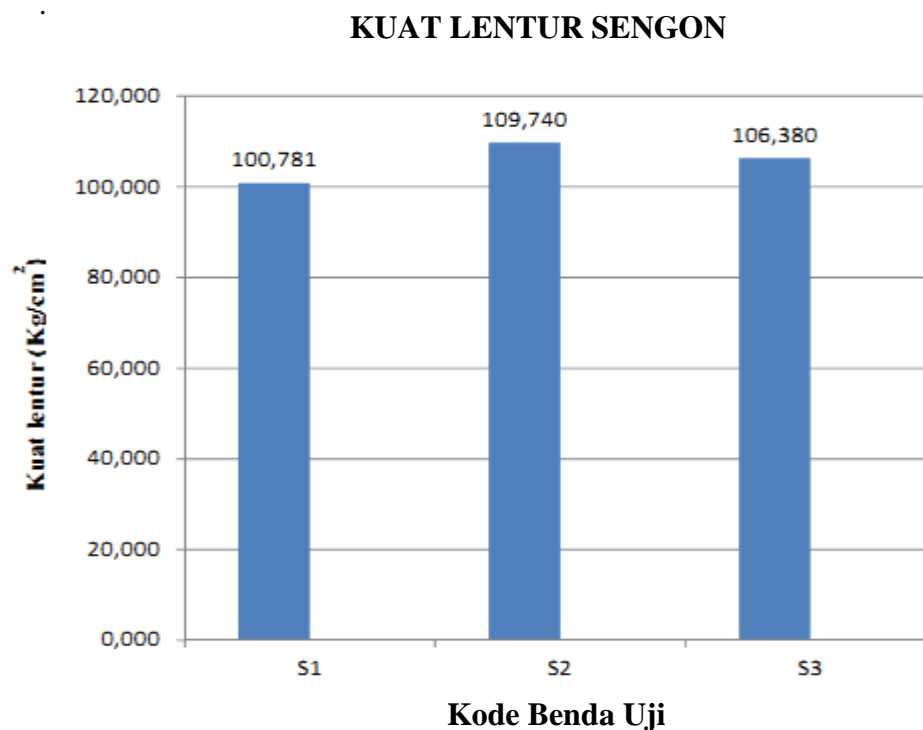
IDENTITAS BENDA UJI	BEBAN MAKSIMUM (P) kg	JARAK TUMPU (L) cm	LEBAR BENDA UJI (b) cm	TINGGI BENDA UJI (h) cm	$\sigma_{lt}$ ( $3PL/bh^2$ ) $kg/cm^2$
KL1	985	172	8	12	220,6
KL2	950	172	8	12	212,76
KL 3	990	172	8	12	221,72
RATA -RATA					218,38

Didapatkan kuat lentur balok Laminasi terbesar adalah 221,72  $Kg/cm^2$  dan terendah adalah 212,76  $Kg/cm^2$  serta kuat lentur rata – rata 218,38  $Kg/cm^2$  .

## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Keteguhan Lentur Balok Kontrol

Pada penelitian kali ini balok uji kontrol terbuat dari kayu sengon dan kayu kelapa yang tidak melalui proses laminasi maupun penambahan komposit dari bahan kayu lain (kayu utuh) dengan ukuran yang sama disiapkan sebagai kontrol dan selanjutnya digunakan dalam perhitungan teoritis perencanaan balok laminasi

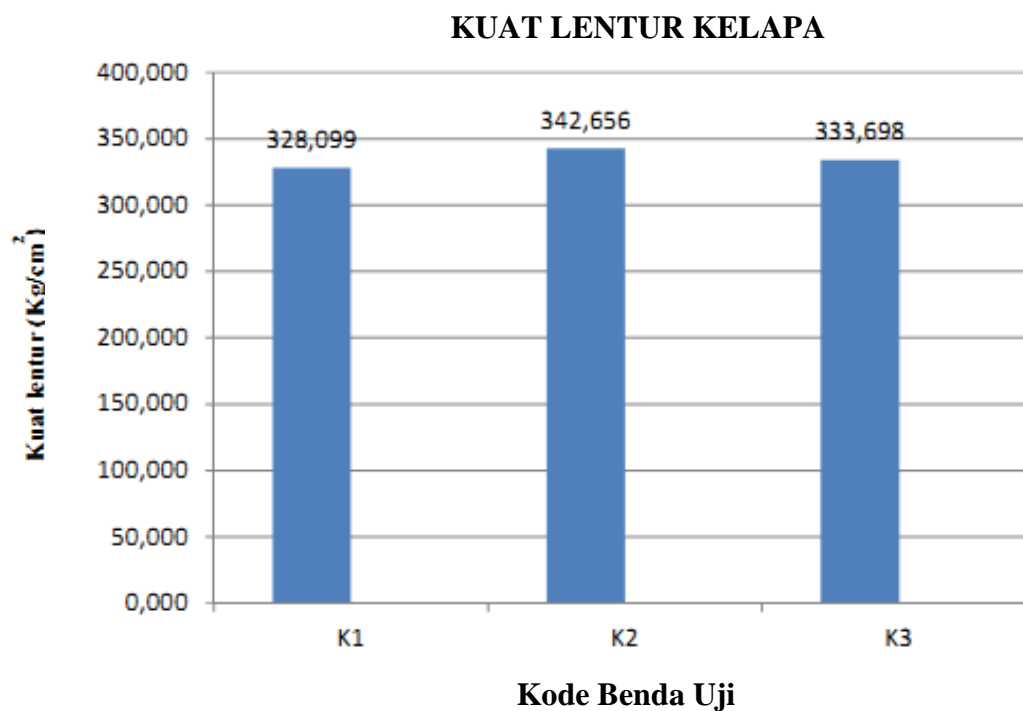


**Gambar 4.4.** Kuat Lentur Balok Sengon

Untuk mengetahui penggolongan kelas kuat kayu menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) dan Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (SNI kayu 2002) adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4.** Pengelompokan Kelas Kuat Kayu Sengon Berdasarkan Kuat Lentur pada PKKI dan SNI kayu 2002

Kode Benda Uji	$\sigma_{lt}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kelas kuat kayu (PKKI)	Mutu kayu (SNI kayu 2002)
S1	100,78	V	-
S2	109,74	V	-
S3	106,38	V	-
Rata - rata	105,63	V	-



**Gambar 4.5.** Kuat Lentur Balok Kelapa

Untuk mengetahui penggolongan kelas kuat kayu menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) dan Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (SNI kayu 2002) adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.5.** Pengelompokan Kelas Kuat Kayu Kelapa Berdasarkan Kuat Lentur pada PKKI dan SNI kayu 2002

Kode Benda Uji	$\sigma_{lt}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kelas kuat kayu (PKKI)	Mutu kayu (SNI kayu 2002)
K1	328,09	IV	E15
K2	342,66	IV	E15
K3	333,7	IV	E15
Rata - rata	334,82	IV	E15

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan lentur kayu sengon sesuai dengan penggolongan kelas kuat yaitu kelas kuat V dengan kuat lentur <300 Kg/cm<sup>2</sup>. Serta dengan acuan pengukuran SNI kayu 2002 kayu sengon tidak tercantum atau tidak memenuhi persyaratan pada SNI kayu 2002. Sedangkan untuk kayu kelapa menunjukkan bahwa kekuatan lentur kayu masuk dalam penggolongan kelas kuat IV (300-500Kg/cm<sup>2</sup>). Serta dengan acuan pengukuran SNI kayu 2002 kayu kelapa masuk dalam mutu kayu E15 dengan kuat lentur >32 MPa.

#### 4.2.2. Perhitungan Teoritis

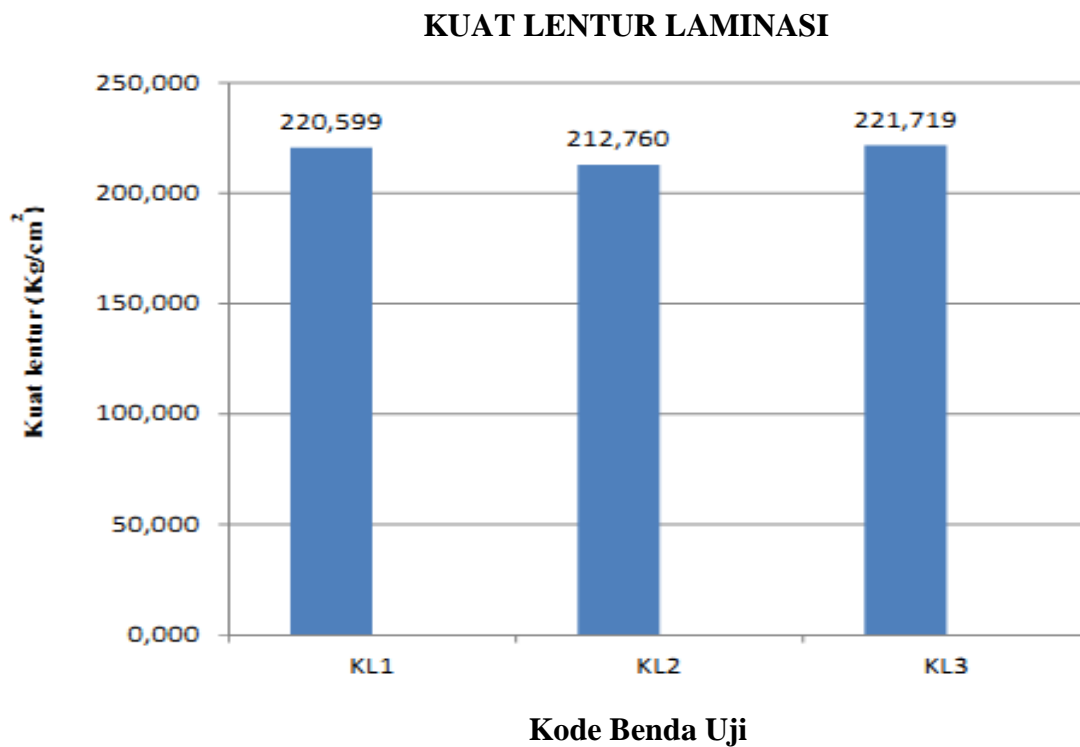
Sebelum diadakan pengujian lentur pada balok laminasi, pengolahan data awal dimulai dengan melakukan perhitungan teoritis pembebanan dan kuat lentur. Hasil perhitungan teoritis menggunakan data kuat lentur sengon dan kelapa dalam pengujian awal, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan keakuratan karakteristik data perhitungan asumsi dikarenakan penelitian laminasi dilakukan menggunakan kayu yang berasal dari satu pohon.

Dari hasil perhitungan didapatkan kuat beban maksimum rata – rata 1040,38 Kg, serta kuat lentur rata – rata 233 Kg/cm<sup>2</sup>.



### 4.2.3. Keteguhan Lentur Balok Laminasi

Hasil pengujian keteguhan lentur balok laminasi disajikan dalam grafik sebagai berikut:



**Gambar 4.6.** Kuat Lentur Balok Laminasi

**Tabel 4.6.** Kuat Lentur Balok Laminasi

Nomor Benda Uji	Perhitungan Teoritis		Hasil Aktual	
	P maks rata-rata	$\sigma_{lt}$ rata -rata	P maks	$\sigma_{lt}$
KL1	1040,38	233	985	220,6
KL2	1040,38	233	950	212,76
KL3	1040,38	233	990	221,72
Rata - Rata	1040,38	233	975	218,36

Untuk mengetahui penggolongan kelas kuat kayu menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI) dan Tata Cara Perencanaan Konstruksi Kayu Indonesia (SNI kayu 2002) adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.7.** Pengelompokan Kelas Kuat Balok Laminasi Berdasarkan Kuat Lentur pada PKKI dan SNI kayu 2002

Kode Benda Uji	$\sigma_{lt}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kelas kuat kayu (PKKI)	Mutu kayu (SNI kayu 2002)
KL1	220,6	V	E11
KL2	212,76	V	E11
KL3	221,72	V	E11
Rata - rata	218,36	V	E11

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan lentur balok sesuai dengan penggolongan kelas yaitu kelas kuat V dengan kuat lentur <300 Kg/cm<sup>2</sup>. Serta dengan acuan pengukuran SNI kayu 2002 balok laminasi masuk dalam mutu E11 dengan kuat lentur > 20 Mpa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencapaian beban maksimum pada saat pengujian tidak mencapai nilai pembebanan maksimal pada perhitungan beban secara teoritis, yaitu penurunan ketelitian sebesar 6,28% hal ini terjadi karena adanya bonding dimana sambungan kayu yang telah terlepas sebelum bahan kayu rusak, dimana seharusnya masih ada tahanan yang dapat diberikan bahan.

**Tabel 4.8.** Kuat Lentur Laminasi Terhadap Kuat Lentur Balok Sengon

Nomor Benda Uji	$\sigma_{lt}$ Laminasi Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{lt}$ sengon rata <sup>2</sup> Kg/cm <sup>2</sup>	Kenaikan %	Keterangan
KL1	220,6	105,63	108,84	Mengalami Peningkatan
KL2	212,76	105,63	101,42	
KL3	221,72	105,63	109,90	
Rata - Rata	218,36	105,63	106,72	

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keteguhan lentur kayu sengon dengan laminasi atau menggabungkannya dengan kayu kelapa mengalami peningkatan keteguhan lentur terbesar 109,90, keteguhan lentur terkecil 101,42, dan keteguhan lentur rata – rata 106,72%.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat lentur balok sengon terbesar adalah  $109,74 \text{ Kg/cm}^2$  dan terendah adalah  $100,78 \text{ Kg/cm}^2$  serta kuat lentur rata – rata  $105,63 \text{ Kg/cm}^2$ .
2. Kuat kuat lentur balok Kelapa terbesar adalah  $342,66 \text{ Kg/cm}^2$  dan terendah adalah  $328,09 \text{ Kg/cm}^2$  serta kuat lentur rata – rata  $334,82 \text{ Kg/cm}^2$ .
3. Kuat lentur balok Laminasi terbesar adalah  $221,72 \text{ Kg/cm}^2$  dan terendah adalah  $212,76 \text{ Kg/cm}^2$  serta kuat lentur rata – rata  $218,38 \text{ Kg/cm}^2$ .

#### **5.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jenis – jenis perekat yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang jenis-jenis kayu yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astri, Novita Sitompul. Sifat Sisis Mekanis Balok Laminasi Dari Batang Kelapa (Cocos Nucifera L.) Dan Kayu Kemiri (Aleurites Moluccana Wild.) Universitas Sumatera Utara.
- Awaludin, Ali dan Inggar Septhia I. 2005. *Konstruksi Kayu*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta: Biro Penerbit.
- Dumanauw, J.F. 1984. *Mengenal Kayu*. Edisi 2 Cetakan 2. Jakarta: PT. Gramedia.
- Handayani, Sri.2009. Metode Perekatan Dengan Lem Pada Sambungan Pelebaran Kayu. Semarang: Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan. Nomer 1, Volume 11 – januari 2009. Universitas Negeri Semarang.
- Hartanto, Heri. 2011. *Cara Pembudidayaan Sengon*. Yogyakarta: Brilliant Books.
- Iensufrie, Tikno. 2009. Mengenal Teknik Pengeringan Kayu. Surabaya: Erlangga.
- Mardikanto, TR dan Karlinasari, Lina dan Effendi, Tri Bahtiar. 2011. Sifat Mekanis Kayu. Bogor: IPB.
- Pasaribu, Rio Juandri. Sifat Fisis Mekanis Balok Lamonasi Dario Kayu Eucalyptus Grandis. Universitas Sumatera Utara.
- Permata Sari, Rima Jentika. karakteristik Balok Laminasi Dari Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria(L.) Nielson), Manii (Maesopsis Eminii Wild) Dan Akasia (Acacia Mangium Engl.). IPB.
- Rochadi, dkk. 1996. Pengujian Bahan Bangunan 2, untuk Mahasiswa Politeknik Jurusan Teknik Sipil. Bandung: Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik.

Sutarno. 2003. Pengaruh Posisi Dan Jumlah Sambungan Longitudinal Pada Balok Laminasi Kayu Sengon Terhadap Kekuatan. Semarang. Yayasan Alumni Universitas Diponegoro Fakultas Teknik Universitas Semarang.

Wahono, dkk. 2005. Perawatan Koleksi Kayu Museum Ronggowarsito. Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Museum Jawa Tengah Ronggowarsito. Semarang.

Internet :

[http://id.wikipedia.org/wiki/Hutan\\_tanaman\\_industri](http://id.wikipedia.org/wiki/Hutan_tanaman_industri) diunduh pada Sabtu, 1 Juni 2013 jam 19.05

<http://www.tentangkayu.com/2008/04/memilih-penggaris-siku.html> diunduh pada Sabtu, 22 Juni 2013 jam 21.14



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNNES

Gedung E3-E4 Kampus Sekaran Gunungpati Telp/Fax (024)7498749 Email : ft\_unnes@yahoo.com Semarang  
50299

Lampiran 1

DATA PENELITIAN PEMERIKSAAN KUAT LENTUR BALOK KELAPA

Proyek : Skripsi  
Dikerjakan : Pramudito Jihannanda  
NIM : 5101409104

Jurusan : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Tempat : Lab. Kayu dan Bahan Teknik Sipil FT Unnes

NO	KODE	UKURAN PENAMPANG			BEBAN MAKSIMUM (Kg)
		LEBAR	TINGGI	PANJANG	
1.	K1	8	12	172	1465
2.	K2	8	12	172	1530
3.	K3	8	12	172	1490
KUAT LENTUR RATA-RATA					

Semarang, 21 Agustus 2013  
Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang

Mego Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 197306182005011001



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNNES

Gedung E3-E4 Kampus Sekaran Gunungpati Telp/Fax (024)7498749 Email : ft\_unnes@yahoo.com Semarang  
50299

Lampiran 2

DATA PENELITIAN PEMERIKSAAN KUAT LENTUR BALOK SENGON

Proyek : Skripsi  
Dikerjakan : Pramudito Jihannanda  
NIM : 5101409104  
Jurusan : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Tempat : Lab. Kayu dan Bahan Teknik Sipil FT Unnes

NO	KODE	UKURAN PENAMPANG			BEBAN MAKSIMUM (Kg)
		LEBAR	TINGGI	PANJANG	
1.	S1	8	12	172	450
2.	S2	8	12	172	490
3.	S3	8	12	172	475
KUAT LENTUR RATA-RATA					

Semarang, 21 Agustus 2013  
Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang

Mego Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 197306182005011001



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK UNNES

Gedung E3-E4 Kampus Sekaran Gunungpati Telp/Fax (024)7498749 Email : ft\_unnes@yahoo.com Semarang  
50299

Lampiran 3

DATA PENELITIAN PEMERIKSAAN KUAT LENTUR BALOK LAMINASI KAYU SENGON DENGAN KAYU KELAPA

Proyek : Skripsi  
Dikerjakan : Pramudito Jihannanda  
NIM : 5101409104

Jurusan : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
Tempat : Lab. Kayu dan Bahan Teknik Sipil FT Unnes

NO	KODE	UKURAN PENAMPANG			BEBAN MAKSIMUM (Kg)
		LEBAR	TINGGI	PANJANG	
1.	KL1	8	12	172	985
2.	KL2	8	12	172	950
3.	KL3	8	12	172	990

KUAT LENTUR RATA - RATA

Semarang, 21 Agustus 2013  
Mengetahui,  
Kepala Laboratorium  
Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang

Mego Purnomo, S.T., M.T.  
NIP. 197306182005011001



**PERHITUNGAN KUAT LENTUR BALOK KELAPA**

Pada pengujian benda uji K1 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima kayu kelapa sebesar 1465 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji K1:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.1465.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 328,09 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji K1 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 328,09 kg/cm<sup>2</sup>.

Pada pengujian benda uji K2 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima kayu kelapa sebesar 1530 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji K2:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.1530.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 342,66 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji K2 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 342,66 kg/cm<sup>2</sup>.

Pada pengujian benda uji K3 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima kayu kelapa sebesar 1490 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji K3:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3 \cdot 1490 \cdot 172}{2 \cdot 8 \cdot 12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 333,7 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji K3 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 333,7 kg/cm<sup>2</sup>.

Rekapitulasi Kuat Lentur Balok Kelapa

NO	KODE	UKURAN PENAMPANG			BEBAN MAKSIMUM (Kg)	KUAT LENTUR (Kg/cm <sup>2</sup> )
		b	h	L		
1.	K1	8	12	172	1465	328,09
2.	K2	8	12	172	1530	342,66
3.	K3	8	12	172	1490	333,7
KUAT LENTUR RATA-RATA						334,82

**PERHITUNGAN KUAT LENTUR BALOK SENGON**

Pada pengujian benda uji S1 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima kayu sengon sebesar 450 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji S1:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.450.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 100,78 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji S1 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 100,78  $\text{kg/cm}^2$ .

Pada pengujian benda uji S2 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima kayu sengon sebesar 490 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji S2:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.490.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 109,74 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji S2 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 109,74 kg/cm<sup>2</sup>.

Pada pengujian benda uji S3 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima kayu sengon sebesar 475 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm, b = 8 cm, dan h = 12 cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji S3:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.475.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 105,63 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji S3 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 105,63 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Rekapitulasi Kuat Lentur Balok Sengon

NO	KODE	UKURAN PENAMPANG			BEBAN MAKSIMUM (Kg)	KUAT LENTUR (Kg/cm <sup>2</sup> )
		b	h	L		
1.	S1	8	12	172	450	100,78
2.	S2	8	12	172	490	109,74
3.	S3	8	12	172	475	106,38
KUAT LENTUR RATA-RATA						105,63

### PERHITINGAN KUAT LENTUR BALOK LAMINASI

Pada pengujian benda uji KL1 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima balok laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa sebesar 985 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji KL1:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.985.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 220,6 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji KL1 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 220,6  $\text{kg/cm}^2$ .

Pada pengujian benda uji KL2 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima balok laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa sebesar 950 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji KL2:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.950.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 212,76 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi, pada benda uji KL2 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 212,76 kg/cm<sup>2</sup>.

Pada pengujian benda uji KL3 diperoleh hasil sebagai berikut: beban maksimal yang mampu diterima balok laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa sebesar 990 kg dengan jarak antar tumpuan 172 cm,  $b = 8$  cm, dan  $h = 12$  cm. Dari data tersebut dapat dihitung keteguhan lentur kayu kelapa sebagai berikut:

perhitungan keteguhan lentur pada benda uji KL3:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2bh^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.990.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 221,72 \text{ kg/cm}^2$$

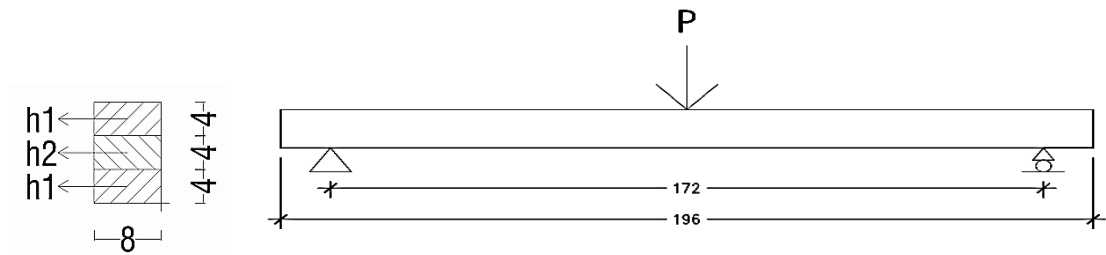
Jadi, pada benda uji KL3 didapatkan hasil keteguhan lentur, yaitu sebesar 221,72 kg/cm<sup>2</sup>.

#### Rekapitulasi Kuat Lentur Balok Laminasi

NO	KODE	UKURAN PENAMPANG			BEBAN MAKSIMUM (Kg)	KUAT LENTUR (Kg/cm <sup>2</sup> )
		b	h	L		
1.	220,6	8	12	172	985	100,78
2.	212,76	8	12	172	950	109,74
3.	221,72	8	12	172	990	106,38
KUAT LENTUR RATA-RATA						218,36

## PERHITUNGAN TEORITIS PERENCANAAN PEMBEBANAN BALOK

### LAMINASI



Kelapa  $b/h = 8/4$  (benda 1)

Sengon  $b/h = 8/4$  (benda 2)

Benda uji balok simetris maka garis netral ( $y$ ) berada pada  $1/2h = 6$  cm

Data Lapangan:

$b = 8$  cm

$h = 12$  cm

$h_1 = 4$  cm

$h_2 = 4$  cm

$\sigma_{t1} = \text{didapat setelah pengujian}$

$\sigma_{t2} = \text{didapat setelah pengujian}$

$\phi_b = 0,85$  (dari SNI)

$\lambda = 0,6$  (dari SNI)

Momen Inersia bahan 1 dan 2

$$I_1 = \frac{1}{12} b(h^3 - h_2^3)$$

$$I_2 = \frac{1}{12} b \cdot h_2^3$$

Momen lentur

$$M_1 = \frac{\sigma_1 \cdot I_1}{y}$$

$$M_2 = \frac{\sigma_2 \cdot I_2}{y}$$

$$M = (M_1 + M_2)$$

Diketahui  $M_{max} = \frac{1}{4} P \cdot L$ , maka:

$$P = \frac{M \cdot 4}{L} \times (\phi b, 1,4D, \xi)$$

Keterangan:

b = Lebar

h,  $h_1$ ,  $h_2$  = Tinggi benda uji, tinggi benda 1, tinggi benda 2

y = Jarak Garis netral

$M_1$  = Momen benda 1

$M_2$  = Momen benda 2

M = Momen kopel yang timbul

$I_1$  = Momen Inersia benda 1

$I_2$  = Momen Inersia benda 2

$\sigma_{t1}$  = Tegangan lentur hasil pengujian bahan 1 (Kayu Kelapa)

$\sigma_{t2}$  = Tegangan lentur hasil pengujian bahan 2 (Kayu Sengon)

$\phi b$  = Faktor Ketahanan Lentur

$\xi$  = Faktor Waktu (Lama Pembebanan)

$P_{maks}$  = beban maksimum

Diketahui dari hasil pengujian kayu sengon dan kayu kelapa, diperoleh  $\sigma_{lt}$  rata – rata kayu sengon sebesar  $105,63 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $\sigma_{lt}$  rata – rata kayu Kelapa sebesar  $334,82 \text{ kg/cm}^2$ . Dari data tersebut dapat dihitung beban rencana balok laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa sebagai berikut:

Momen Inersia



$$I_1 = \frac{1}{12} l (t^3 - t_2^3)$$

$$I_2 = \frac{1}{12} l (t_2^3)$$

$$I_1 = \frac{1}{12} 8 (12^3 - 4^3)$$

$$I_2 = \frac{1}{12} 8 (4^3)$$

$$I_1 = \frac{1}{12} 8 (1728 - 64)$$

$$I_2 = \frac{1}{12} 8 (64)$$

$$I_1 = 1109,33 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = 42,66 \text{ cm}^4$$

Momen Lentur

$$M_1 = \frac{\sigma l t \times I_1}{y}$$

$$M_2 = \frac{\sigma l t \times I_2}{y}$$

$$M_1 = \frac{334,82 \times 1109,33}{6}$$

$$M_2 = \frac{105,63 \times 42,66}{6}$$

$$M_1 = \frac{371425,87}{6}$$

$$M_2 = \frac{4506,17}{6}$$

$$M_1 = 61904,31$$

$$M_2 = 751,03$$

$$M \text{ kopel} = M_1 + M_2$$

$$M \text{ kopel} = 61904,32 + 751,03 = 62655,34$$

$$P = \frac{M \text{ kopel} \times 4}{L} \times (\varphi b, 1,4D, \text{ f})$$

$$P = \frac{62655,34 \times 4}{172} \times 0,85 \times 1,4 \times 0,6$$

$$P = 1457,1 \times 0,85 \times 0,6 \times 1,4$$

$$P = 1040,38 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan beban rencana atau asumsi balok laminasi kayu sengon dengan kayu kelapa, yaitu 1040,38 kg.

dan untuk keteguhan lentur dapat dihitung seperti di bawah:

$$\sigma_{lt} = \frac{3PL}{2lt^2}$$

$$\sigma_{lt} = \frac{3.1040,38.172}{2.8.12^2}$$

$$\sigma_{lt} = 233 \text{ kg/cm}^2$$

**KOMBINASI dan FAKTOR KETAHANAN**  
**FAKTOR KETAHANAN**

NO	JENIS PENGGUNAAN	SIMBOL	BESARAN
1	Tekan	$\varphi_c$	0,90
2	Lentur	$\varphi_b$	0,85
3	Stabilitas	$\varphi_s$	0,85
4	Tarik	$\varphi_t$	0,80
5	Geser/Puntir	$\varphi_v$	0,75
6	Sambungan	$\varphi_z$	0,65

**KOMBINASI PEMBEBANAN**

JENIS KOMBINASI	BEBAN
Kombinasi I	1,4 D
Kombinasi II	1,4 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
Kombinasi III	1,4 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R) + (0,5 L atau 0,8 W)
Kombinasi IV	1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
Kombinasi V	1,2 D + 1,0 E + 0,5 L + 0,2 S
Kombinasi VI	0,9 D – (1,3 W atau 1,0 E)

Keterangan:

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- Lr = Beban Hidup Pada Atap Semala Pada Pelaksanaan
- S = Beban Salju
- R = Beban Air Hujan
- W = Beban Angin
- E = Beban Gempa

### KOMBINASI PEMBEBANAN DAN FAKTOR WAKTU

KOMBINASI PEMBEBANAN	FAKTOR WAKTU (φ)
1,4 D	0,6
1,4 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)	0,70 bila L = Beban Gudang 0,80 bila L = Beban Hunian 1,25 bila L = Beban Kejut
1,4 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R) + (0,5 L atau 0,8 W)	0,80
1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (Lr atau S atau R)	1,00
1,2 D + 1,0 E + 0,5 L + 0,2 S	1,00
0,9 D – (1,3 W atau 1,0 E)	1,00

**FOTO DOKUMENTASI**



**Proses Pemotongan Kayu**



**Proses Pemotongan Kayu**



**Proses Pengetaman kayu**



**Proses Pengetaman kayu**



**Proses Pengeleman kayu**



**Proses Pengeleman kayu**



**Mesin Uji Lentur (*Loading Frame*)**



**Mesin Uji Lentur (*Loading Frame*)**





*Hydraulic Jack*



*Hydraulic Jack*



*Load Cell*



**Pengujian Kayu**



**Pengujian Kayu**