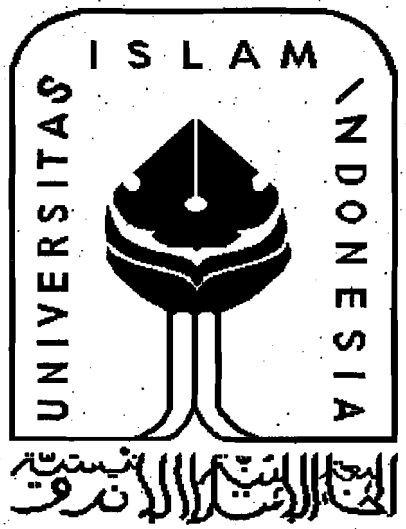
PERPUSTAKAAN FTSP UII
HADIAH/BELI
TGL. TERIMA : 29 03 2003
NO. JUDUL : 000395
NO. INV. : 512000039500 1
NO. INDUK. :

TUGAS AKHIR

UJI KUAT LENTUR BALOK HETZER



Disusun oleh :

Nama : Al Qafmar
No. Mhs. : 90 310 050
NIRM/NIMKO : 900051013114120041

Nama : Achmad Tauhid A.
No. Mhs. : 90 310 156
NIRM/NIMKO : 900051013114120137

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1996

TUGAS AKHIR

UJI KUAT LENTUR BALOK HETZER

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh :

Nama	: Al Qafmar
No. Mhs.	: 90 310 050
NIRM/NIMKO	: 900051013114120041
Nama	: Achmad Tauhid A.
No. Mhs.	: 90 310 156
NIRM/NIMKO	: 900051013114120137

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1996

TUGAS AKHIR

UJI KUAT LENTUR BALOK HETZER

AL QAFMAR
No. Mhs. : 90 310 050
NIRM/NIMKO : 900051013114120041

ACHMAD TAUHID A.
No. Mhs. : 90 310 156
NIRM/NIMKO : 900051013114120137

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Ir. H. Susastrawan, MS
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 14-10-96

Ir. Tadjuddin BMA., MS
Dosen Pembimbing II

Tanggal : 8-10-96

DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN SYARAT ii

HALAMAN PENGESAHAN iii

DAFTAR ISI iv

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR NOTASI ix

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GRAFIK xiv

KATA PENGANTAR xv

ABSTRAKSI xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Penelitian 2

1.3 Batasan Masalah 2

1.4 Metode Penelitian 3

1.4.1 Rencana pelaksanaan 3

1.4.2 Alat dan Bahan 4

1.4.3 Prosedur Pelaksanaan 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kayu 6

2.1.1 Bagian-bagian Kayu 6

2.1.2 Mutu Kayu 8

2.1.3 Kadar Lengas Kayu 11

2.1.4 Berat Jenis Kayu 12

2.1.5 Modulus Elastis Kayu 13

2.2 Perekat 13

2.2.1 Perekat Alam 14

2.2.2 Perekat Buatan 15

2.3 Struktur Kayu Berlapis Majemuk 16

2.4 Teori Perencanaan Tampang 18

2.4.1 Dasar Perencanaan 18

2.4.2 Landasan Teori 19

BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Kayu 23

3.1.1 Menentukan Kadar Lengas 23

3.1.2 Menentukan Mutu Kayu 24

3.1.3 Menentukan Berat Jenis Kayu 24

3.1.4 Menentukan Modulus Elastis Kayu 25

3.2 Perencanaan Tampang Benda Uji 26

3.3 Menentukan Momen Rencana Tampang 29

3.4 Pembuatan Benda Uji 31

3.5 Rawatan Benda Uji 31

3.6 Uji Kuat Lentur 32

BAB IV HASIL PENGUJIAN

4.1 Pemeriksaan Kayu 33

4.1.1 Kadar Lengas Kayu 33

4.1.2 Mutu Kayu 34

4.1.3 Berat Jenis Kayu 36

4.1.4 Modulus Elastis Kayu 37

4.2 Kuat Lentur Benda Uji 46

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Kuat Lentur Benda Uji 62

5.1 Pola Retak dan Lendutan Benda Uji 64

5.3 Tampang Benda Uji 66

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan 67

6.2 Saran 68

DAFTAR PUSTAKA 70

DAFTAR GAMBAR

halaman

Gambar 2.1. Potongan melintang pohon 7

Gambar 2.1. Pengukuran mutu kayu 9

Gambar 2.2. Penyambungan papan 17

Gambar 2.3. Grafik beban - pergeseran sambungan 18

Gambar 2.4. Diagram tegangan dalam kayu 19

Gambar 2.5. Diagram tegangan dalam kayu dengan jenis kayu yang berbeda 20

Gambar 3.1. Tanding kayu 23

Gambar 3.2. Macam tampang benda uji 27

Gambar 4.1. Balok dengan beban terpusat dan diagram gaya 46

DAFTAR NOTASI

a : jarak beban dari tumpuan

A : luas bidang

b : lebar

C : faktor koreksi

d : diameter

e_1 : lebar wanvlak arah tangensial

e_2 : lebar wanvlak arah radial

E : modulus elastis kayu

E_1 : modulus elastis kayu 1

E_2 : modulus elastis kayu 2

g : berat jenis

G_{ku} : berat kering udara

G_x : berat mula-mula

h : tinggi

h_r : tinggi retak radial

h_m : tinggi retak radial rata-rata

h_t : tinggi retak tangensial

H : tinggi total

L_0 : panjang mula-mula

M : momen

P : beban

$\bar{P}$: beban ijin

P_p : beban patah

S : modulus tampang

t : tebal

V : volume

W : berat

x : kadar lengas

α : miring arah serat

ΔL : perubahan panjang

δ : lendutan yang terjadi

ε : regangan

ε_p : batas regangan sebanding

σ : tegangan

σ_p : batas tegangan sebanding

σ_{lt} : tegangan lentur

$\bar{\sigma}_{lt}$: tegangan lentur ijin

$\bar{\sigma}_{tk//}$: tegangan tekan ijin sejajar arah serat

$\bar{\sigma}_{tk\perp}$: tegangan tekan ijin tegak lurus arah serat

$\bar{\tau}_{//}$: tegangan geser ijin sejajar arah serat

DAFTAR TABEL

halaman

Tabel 2.1. Tegangan Ijin Kayu Mutu A 10

Tabel 2.2. Kelas Kuat Kayu Berdasar Berat Jenis 12

Tabel 2.3. Modulus Elastis (E) Kayu Sejajar Serat 13

Tabel 2.4. Macam Perekat Untuk Konstruksi Kayu Berlapis Majemuk 16

Tabel 3.1. Kadar Lengas Benda Uji 24

Tabel 3.2. Berat Jenis Benda Uji 25

Tabel 3.3. Modulus Elastis Benda Uji 26

Tabel 3.4. Jumlah Papan Masing-masing Tampang 28

Tabel 3.5 Momen Rencana Tampang 30

Tabel 4.1. Berat Benda Uji 33

Tabel 4.2. Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Kempas 37

Tabel 4.3. Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Bangkirai 39

Tabel 4.4. Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Mahoni 42

Tabel 4.5. Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Suren 44

Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Lentur Tampang I
(Kayu Kempas dan Kayu Bangkirai) 47

Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Lentur Tampang II
(Kayu Kempas dan Kayu Mahoni) 51
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Lentur Tampang III
(Kayu Kempas dan Kayu Suren) 54
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Lentur Tampang IV
(Kayu Bangkirai dan Kayu Mahoni) 58
Tabel 5.1. Besar Momen dan Tegangan Lentur 62
Tabel 5.2. Prosentase Kenaikan dan Penurunan Momen dan Tegangan 63
Tabel 5.3. Lendutan Rata-rata Benda Uji 65

DAFTAR GRAFIK

halaman

Grafik 4.1. Tegangan regangan kayu Kempas.....38

Grafik 4.2. Tegangan regangan kayu Bangkirai 41

Grafik 4.3. Tegangan regangan kayu Mahoni 43

Grafik 4.4. Tegangan regangan kayu Suren 45

Grafik 4.5. Besar lendutan tampang I (kayu Kempas dan kayu Bangkirai) 50

Grafik 4.6. Besar lendutan tampang II (kayu Kempas dan kayu Mahoni) 53

Grafik 4.7. Besar lendutan tampang III (kayu Kempas dan kayu Suren).....57

Grafik 4.8. Besar lendutan tampang IV (kayu Bangkirai dan kayu Mahoni) 61

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum wr. wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh makhluk ciptaan-Nya. Sholawat dan salam kepada nabi besar Muhammad SAW, yang telah membawa manusia ke jalan yang diridloi Allah SWT.

Mahasiswa diwajibkan untuk membuat Tugas Akhir sebagai syarat untuk memperoleh derajat sarjana pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,.

Demi lebih sempurnanya Tugas Akhir ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar Tugas Akhir ini dapat disajikan dengan lebih sempurna.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayah bunda tercinta yang senantiasa memberikan dorongan moral maupun material.
2. Ir. H. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan dosen pembimbing I.

3. Ir. Tadjuddin BMA., MS, selaku dosen pembimbing II.
4. Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
5. Semua pihak yang telah membantu hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas amal yang telah saudara lakukan.

Akhir kata, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya bila ada kesalahan yang dilakukan baik yang disadari maupun tanpa disadari selama penyelesaian Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dapat memperluas pengetahuan di bidang Teknik Sipil.

Yogyakarta, September 1996

Penulis

ABSTRAKSI

Kayu merupakan salah satu bahan untuk struktur yang sudah tertentu ukuran dan besar kekuatannya. Hal ini tidak selalu sesuai dengan kebutuhan konstruksi di lapangan. Dalam penelitian ini mencoba untuk mengetahui kebutuhan kayu sesuai dengan tegangan dalam yang terjadi, di mana tegangan tersebut semakin mengecil ketika mendekati garis netral.

Tampang kayu yang optimum berdasarkan tegangan dalam yang terjadi dari penelitian ini adalah tampang II dan tampang III karena menggunakan 28,57 % kayu kelas 1, dan sisanya kayu kelas 3 dan kelas 4 (kayu Mahoni dan kayu Suren), dan mampu menaikkan momen sebesar 127,2 % untuk tampang II (kayu Kempas dan kayu Mahoni) dan 350,91 % untuk tampang III (kayu Kempas dan kayu Suren) dari momen rencana. Untuk tegangan lentur tampang II, kayu Kempas mengalami kenaikan tegangan lentur sebesar 16,63 % dan kayu Mahoni 15,92 % dari tegangan lentur ijin masing-masing kayu. Sedangkan untuk tampang III (kayu Kempas dan kayu Suren) mengalami kenaikan tegangan lentur sebesar 144,68 % pada kayu kempas dan 130,06 % untuk kayu Suren dari tegangan lentur ijin masing-masing kayu.

Pembuatan balok Hetzer akan lebih menguntungkan jika dilakukan secara fabrikasi dan dibuat peralatan sedemikian rupa sehingga dapat dipakai untuk bebagai macam dimensi perencanaan balok Hetzer. Masalah perekatan harus mendapat perhatian yang utama karena perekat adalah unsur utama untuk struktur berlapis majemuk.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kayu merupakan salah satu bahan untuk struktur pada bangunan Teknik Sipil. Penggunaan kayu sebagai bahan untuk struktur sudah dimulai berabad-abad yang lalu sehingga perkembangannya, terutama di Jerman pada permulaan abad XX telah dan masih terus mengalami transisi dari suatu bidang pengetahuan pertukangan tradisional ke suatu ilmu pengetahuan berdasarkan perhitungan matematis.[2]

Kekuatan kayu sebagai bahan untuk struktur dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain berat jenis, kadar lengas, mata kayu, retak, miring arah serat dan sebagainya. Sebagai contoh sebuah kayu yang banyak mengandung mata kayu akan mengurangi kekuatan kayu tersebut. Dalam suatu pohon penyebaran mata kayu ini tidak sama, jadi jika ingin memilih suatu bagian kayu yang dapat memberikan kekuatan, maka prosentase mata kayu dalam suatu kayu untuk struktur harus dibuat sekecil mungkin. Demikian juga dengan kadar lengas, retak dan miring arah serat dibuat sekecil mungkin.

Dalam perdagangan, ukuran dan kekuatan masing-masing penampang kayu terbatas, sedangkan pemakaian untuk bahan struktur terkadang pada suatu penampang diperlukan kekuatan yang sangat besar dan terkadang juga sebaliknya. Tegangan dalam yang terjadi pada suatu penampang tidak sama, sebagai contoh jika terjadi tegangan lentur pada suatu balok telah diketahui bahwa tegangan yang terjadi di tengah-tengah penampang lebih kecil dari pada sisi-sisi penampang. Tegangan maksimum terjadi pada sisi bawah dan sisi atas. Untuk itu diperlukan suatu penampang yang dapat memenuhi kebutuhan akan tegangan tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

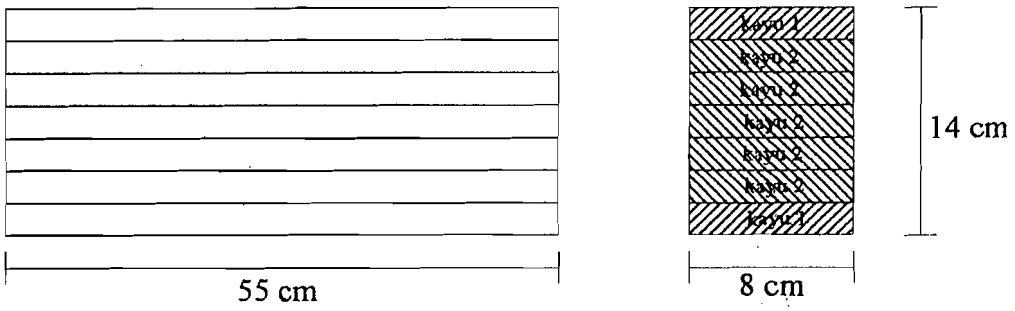
Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan lentur pada balok Hetzer dengan beberapa variasi kelas kuat kayu sesuai dengan tegangan dalam kayu yang terjadi.

Dengan diadakannya penelitian ini, diharapkan dapat memanfaatkan kayu secara optimal sesuai dengan keadaan tegangan dalam kayu yang terjadi dan sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diambil beberapa batasan masalah agar diperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Adapun batasan masalah tersebut adalah :

1. Benda uji berbentuk balok dengan ukuran 55 × 14 × 8 cm, seperti yang terlihat pada gambar 1.1. di bawah ini.



Gambar 1.1. Ukuran benda uji

2. Tinggi Benda Uji ≤ 30 cm, sehingga faktor C tidak berpengaruh.
3. Papan disusun berdasarkan kelas kuat yang didapat dari hasil laboratorium, di mana kelas kuat yang lebih rendah diapit oleh kelas kuat yang lebih tinggi.
4. Untuk setiap lapis papan dibuat menerus tanpa sambungan.
5. Tebal masing-masing papan diambil 20 mm.
6. Pengujian hanya dilakukan pada kuat lentur, sedangkan pengujian lain hanya dipakai sebagai data pembantu.
7. Kadar lengas kayu ≤ 15% dan perbedaan kadar lengas antar papan dalam satu penampang balok Hetzer ≤ 3%.
8. Hubungan antara papan-papan dengan perekat dianggap kokoh.

1.4 Metode Penelitian

1.4.1 Rencana pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian diusahakan sesuai dengan rencana yang telah disusun. Pembuatan benda uji dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas

Kehutanan Universitas Gadjah Mada dan uji kuat lentur di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

1.4.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini alat-alat yang digunakan :

1. Timbangan.
2. Mesin pemasah kayu.
3. Mesin pemotong kayu.
4. Mesin pengempaan hydrolis.
5. Mesin uji desak kayu.
6. Mesin uji lentur kayu.
7. Mistar/meteran.
8. Sekrap.
9. Jangka sorong.
10. Gelas ukur.
11. Pengaduk.

Adapun bahan yang digunakan :

1. Kayu Kempas, kayu Bangkirai, kayu Mahoni, kayu Suren.
2. Lem Urea Formaldehyda.
3. Tepung terigu.
4. Hardener.

1.4.3 Prosedur Pelaksanaan

1. Mencari kadar lengas benda uji.
2. Mencari berat jenis benda uji.
3. Mencari modulus elastis benda uji.
4. Permukaan kayu dihaluskan untuk mendapatkan permukaan yang rata sehingga akan terbentuk bidang kontak yang sempurna.
5. Kayu dipotong sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan.
6. Lem dilaburkan pada permukaan kayu dengan menggunakan sekrap.
7. Setelah dua permukaan direkatkan satu sama lain dan telah membentuk tampang rencana, kemudian dengan mesin penekan hidrolis benda uji ditekan untuk mendapatkan hasil rekatan yang baik.
8. Jumlah sampel masing-masing tampang dibuat 3 buah.

Pengujian kuat lentur benda uji dilaksanakan setelah benda uji diangin-anginkan selama 3 hari untuk memastikan bahwa perekat sudah merekat dengan sempurna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

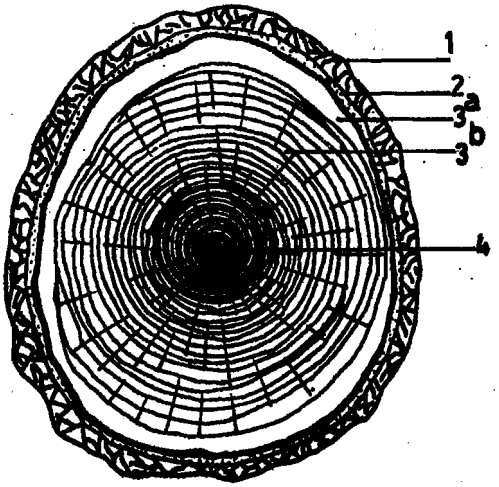
2.1 Pengertian Kayu

Kayu adalah bahan yang dipergunakan untuk struktur bangunan yang didapat dari tumbuh-tumbuhan dalam alam. Tumbuh-tumbuhan yang dimaksud di sini adalah pohon-pohonan. [3]

Kayu adalah bahan alam yang bersifat heterogen, baik dalam arti susunan komponen kayu maupun dalam arti sifat-sifat kayunya. Dari segi fisika dan mekanika, kayu dikenal mempunyai sifat anisotropis yang berarti perbedaan nilai sifat kayu bila diukur dari beberapa arah terjadi. Sifat yang diketahui ini ternyata sangat merugikan pemakai kayu. Faktor-faktor yang menyebabkan berkurangnya kekuatan dan sifat-sifat menyebabkan cara penggunaan kayu ini berbeda dari bahan-bahan lain untuk bangunan. [7]

2.1.1 Bagian-bagian Kayu

Jika sebatang pohon dipotong melintang, maka dari luar ke dalam akan diperoleh gambaran yang secara kasar dapat dinamakan bagian-bagian kayu pohon yang bersangkutan, seperti terlihat pada gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2.1. Potongan melintang pohon

Keterangan gambar : [3]

1. Kulit, yaitu bagian yang terluar, fungsi kulit adalah :
   a. Sebagai pelindung bagian yang lebih dalam pada kayu. Dapat diumpamakan sebagai baju pada manusia yang melindungi badan terhadap pengaruh-pengaruh dari luar yang merugikan. Pengaruh-pengaruh tersebut misalnya iklim, serangan serangga dan jamur.
   b. Sebagai jalur lintasan cairan bahan makanan dari akar di dalam tanah, ke daun di pucuk-pucuk pohon.
2. Kambium, yaitu jaringan yang berupa lapisan tipis dan bening yang melingkari pohon. Tugas kambium ke arah luar membentuk kulit yang baru untuk mengganti kulit lama yang telah rusak dan ke dalam membentuk kayu yang baru. Dengan adanya kambium ini, maka pohon semakin lama semakin besar.

3. Kayu, yang merupakan daging pohon. Ada dua macam kayu pada pohon, yaitu :
   a. Kayu gubal, adalah bagian kayu yang terdiri dari sel-sel yang masih hidup dan masih berfungsi. Tugas kayu gubal adalah menyalurkan bahan makanan dari daun ke bagian-bagian pohon yang lain.
   b. Kayu teras, adalah bagian kayu yang terdiri dari sel-sel yang sudah tua dan mati. Kayu teras ini berasal dari kayu gubal yang makin tua dan mati dan sudah tidak berfungsi lagi. Bagian sel-sel yang sudah tua dan kosong ini terisi zat-zat lain berupa zat-zat ekstraksi. Karena sel-sel kayu teras ini sudah tua dan mati, maka sudah tidak berfungsi lagi pada pertumbuhan pohon. Kayu teras ini hanya berfungsi sebagai pengokoh tumbuhnya pohon saja. Dibandingkan dengan kayu gubal, kayu teras ini lebih awet karena :
      a) Sel-selnya sudah tua, sehingga dinding selnya tebal dan kuat.
      b) Sel-sel kayu teras sudah berisi zat ekstraksi yang dapat menambah keawetan kayu. Pada kayu, yang digunakan adalah kayu terasnya. Pada umumnya warna kayu teras lebih gelap/tua dari pada kayu gubalnya.
4. Hati, merupakan bagian kayu yang di pusat. Hati ini asalnya dari kayu awal, yaitu kayu yang pertama-tama dibentuk oleh kambium dan bersifat rapuh.

2.1.2 Mutu Kayu

Menurut Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia Tahun 1961 mutu kayu dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. Mutu A, dengan syarat-syarat sebagai berikut :

   a. Kadar lengas kering udara antara 12 - 18 %, rata-rata 15 %

   b. Mata kayu $d_1 \leq \frac{1}{6}h$, $d_2 \leq \frac{1}{6}b$, $d_1 \leq 3{,}5$ cm, $d_2 \leq 3{,}5$ cm

   c. Wanvlak $e_1 \leq \frac{1}{10}b$, $e_2 \leq \frac{1}{10}h$

   d. Miring arah serat $\tan\alpha \leq \frac{1}{10}$

   e. Retak-retak $hr \leq \frac{1}{4}b$, $ht \leq \frac{1}{5}b$

2. Mutu B, dengan syarat-syarat sebagai berikut :

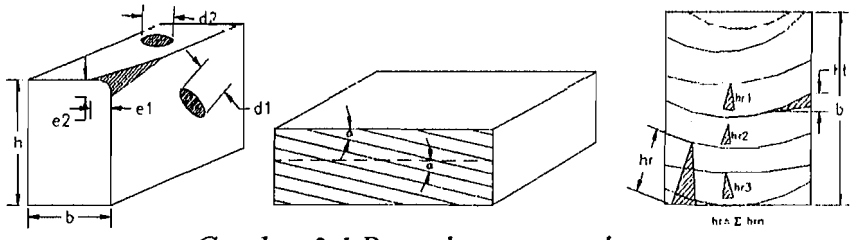
   a. Kadar lengas kering udara ≤ 30 %

   b. Mata kayu $d_1 \leq \frac{1}{4}h$, $d_2 \leq \frac{1}{4}b$, $d_1 \leq 5$ cm, $d_2 \leq 5$ cm

   c. Wanvlak $e_1 \leq \frac{1}{10}b$, $e_2 \leq \frac{1}{10}h$

   d. Miring arah serat $\tan\alpha \leq \frac{1}{7}$

   e. Retak-retak $hr \leq \frac{1}{3}b$, $ht \leq \frac{1}{4}b$



Gambar 2.1 Pengukuran mutu kayu

Di bawah ini disajikan tabel tegangan ijin kayu mutu A sesuai dengan Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia tahun 1961 untuk setiap kelas kayu.

Tabel 2.1 Tegangan Ijin Kayu Mutu A

Tegangan (kg/cm^2)	Kelas Kuat					Jati (Tectonagrandis)
	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Kelas V	
$\bar{\sigma}_{lt}$	150	100	75	50	–	130
$\bar{\sigma}_{tk//}=\bar{\sigma}_{tr//}$	130	85	60	45	–	110
$\bar{\sigma}_{tk\perp}$	40	25	15	10	–	30
$\bar{\tau}_{//}$	20	12	8	5	–	15

sumber : NI-5 PKKI 1961

Tegangan ijin tersebut menurut PKKI 1961 dapat ditentukan dengan korelasi berat jenis, yaitu : $\bar{\sigma}_{lt}$: 170 g

$\bar{\sigma}_{tk//}=\bar{\sigma}_{tr//}$: 150 g

$\bar{\sigma}_{tk\perp}$: 40 g

$\bar{\tau}_{//}$: 20 g

dengan : g = berat jenis kayu kering udara

$\bar{\sigma}_{lt}$ = tegangan lentur ijin (kg/cm^2)

$\bar{\sigma}_{tk//}$ = tegangan desak ijin sejajar arah serat (kg/cm^2)

$\bar{\sigma}_{tr//}$ = tegangan tarik ijin sejajar arah serat (kg/cm^2)

$\bar{\sigma}_{tk\perp}$ = tegangan desak ijin tegak lurus arah serat (kg/cm^2)

$\bar{\tau}_{//}$ = tegangan geser ijin sejajar arah serat (kg/cm^2)

Untuk kayu mutu B harus digandakan dengan faktor 0,75.

Tegangan ijin di atas juga harus dipertimbangkan terhadap keadaan struktur dan lama pembebanan. Kayu Jati termasuk kayu yang stabil dan sering digunakan sehingga tegangan ijin diberikan dalam daftar tersebut.[5]

2.1.3 Kadar Lengas Kayu

Kadar lengas adalah kadar air di dalam kayu yang dinyatakan dalam prosen berat.[3] Perubahan kadar lengas kayu menyebabkan terjadinya kembang susut kayu yang akan berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik kayu, misalnya terhadap kekuatan kayu. [4]

Untuk kayu yang digunakan pada suatu struktur, harus memperhatikan kadar lengas, karena kayu sangat peka terhadap perubahan udara di lingkungan sekitarnya, terutama perubahan kelembabannya. [3]

Sel-sel kayu selalu mengandung air. Sebagian disebut air bebas yang mengisi ruangan sel dan sebagian lagi disebut air ikat yang menembus dinding sel dan kemudian ditahan oleh pori-pori dinding sel. Air-air ini diserap oleh kayu dari uap air yang ada di udara sekitar kayu tersebut. Apabila kayu mengering, yang keluar lebih dahulu adalah air bebas, baru kemudian air ikat meninggalkan dinding-dinding sel. Jika kayu terus mengering, pada saat air bebas habis, keadaan tersebut disebut titik jenuh serat. Apabila kayu mengering di bawah titik jenuh seratnya, maka dinding sel menjadi semakin padat, ini mengakibatkan serat-seratnya menjadi kuat dan kokoh. Turunnya kadar lengas kayu mengakibatkan bertambahnya kekuatan kayu. [6]

2.1.4 Berat Jenis Kayu

Berat jenis kayu adalah suatu nilai yang diperoleh dari perbandingan berat kayu kering udara dengan volumenya. Berat jenis suatu kayu tergantung dari jumlah zat kayu (lignin dan sellulosa) yang menyusun kayu, rongga-rongga atau ruang-ruang di dalamnya.[3] Tabel di bawah ini memuat daftar kelas kuat kayu berdasarkan berat jenisnya.

Tabel 2.2 Kelas Kuat Kayu Berdasar Berat Jenis

Kelas Kuat	B.J. Kering Udara
I	0,90
II	0,90 - 0,60
III	0,60 - 0,40
IV	0,40 - 0,30
V	0,30

Sumber : Pengantar Perkayuan

Untuk menentukan secara praktis kekuatan suatu jenis kayu, dapat dilihat dari berat jenisnya. Pada umumnya semakin tinggi berat jenis suatu kayu, maka semakin tinggi pula kekuatannya. Demikian juga sebaliknya, semakin rendah berat jenis suatu kayu, maka kekuatannya juga rendah. [3]

2.1.5 Modulus Elastis Kayu

Modulus elastis kayu adalah suatu angka yang diperoleh dari batas sebanding antara tegangan dan regangan. Modulus elastis ini biasanya diambil searah serat. Dari penyelidikan diketahui bahwa untuk kayu dengan pembebanan tekan/desak, batas proporsional dicapai pada 75 % dari tegangan patah. Pada batas proporsional, kayu masih bersifat elastis, artinya setelah gaya yang bekerja padanya ditiadakan, maka kayu akan kembali ke bentuk semula. [4]

Tabel 2.3 Modulus Elastis (E) Kayu Sejajar Serat

Kelas Kuat Kayu	E// (kg/cm^2)
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000
V	–

Sumber : PKKI 1961

2.2 Perekat

Perekat berfungsi sebagai penggabung antara dua permukaan kayu atau lebih sesuai dengan kebutuhan perencanaan. Bila cara-cara perekatan diikuti sesuai dengan prosedur yang telah dikeluarkan oleh pabrik-pabrik pembuat perekat, kualitas perekatan ini biasanya melebihi kekuatan kayu yang direkatkan, dalam artian bahwa apabila dua buah kayu atau lebih direkatkan, kemudian setelah merekat dengan

sempurna kayu tersebut diuji geser, maka yang akan kalah (rusak) adalah kayunya, bukan perekatnya. Pemilihan jenis perekat yang tepat, sesuai dengan tujuan perekatan dan penggunaan akhir bahan yang direkat merupakan tindakan yang paling penting. [7]

2.2.1 Perekat Alam

Perekat alam adalah bahan perekat yang diperoleh dari alam tanpa melalui proses kimia yang panjang. Jenis perekat ini dibagi menjadi empat, yaitu : [4]

1. Perekat tumbuhan (vegetable adhesive), yang dibuat dari pati (starch) tumbuhan.
2. Perekat hewan (animal glues), yang dibuat dari tulang, kulit dan ikan.
3. Perekat casein (casein glues), dibuat dari casein yang dikeringkan dari susu.
4. Perekat darah dicampur zat putih telur (blood albumen glues) yang dibuat dari darah binatang yang dikeringkan.

Perekat tumbuhan dan perekat hewan dapat memberikan kekuatan yang tinggi dalam keadaan-keadaan tertentu, tetapi tidak tahan lengas dengan konsekuensi penurunan kekuatan. Dalam keadaan lembab dapat diserang jamur serta bakteri dan bila dalam keadaan kena air dapat larut, jadi dalam penggunaan di lapangan pada umumnya terbatas untuk pemasangan di bawah atap yang tidak dibebani primer, misalnya mebel, di mana kadar lengas kayu biasanya rendah dan perekatan ulang dapat dilaksanakan tanpa banyak kesulitan. [4]

2.2.2 Perekat Buatan

Perekat buatan adalah perekat yang diperoleh dari reaksi bahan-bahan kimia. Pada umumnya perekat buatan ini bahan dasarnya adalah minyak bumi, antara lain Phenol dan Resorcinol. Bahan dasar ini kemudian direaksikan dengan formaldehyde. Menurut proses pengempaan/pengepresannya perekat buatan terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Thermosetting glues.

   Pengerasan perekat dari jenis thermosetting glues ini disebabkan karena pengaruh panas atau karena reaksi kimia dengan bahan katalisator yang disebut pengeras (hardener) atau karena keduanya. Pengaruh panas ini dapat mempercepat pengerasan. Perekat dari jenis ini misalnya Urea Formaldehyde, apabila sudah mengeras tidak dapat dilunakkan kembali.

2. Thermo plastic glues.

   Jenis perekat ini mempunyai sifat menjadi lunak jika terkena panas, dan sambungan akan merenggang pada tegangan yang tinggi. Jika temperatur tinggi, maka daya ikatnya berkurang atau hilang sama sekali, sebaliknya apabila temperatur rendah, maka perekat itu menjadi keras dan mempunyai daya ikat yang besar.

Perekat-perekat buatan ini dapat memberikan kekuatan yang tinggi dan tahan terhadap pengaruh lengas serta tidak diserang jamur. Beberapa macam perekat yang dapat digunakan untuk struktur kayu berlapis majemuk adalah :

Tabel 2.4 Macam Perekat Untuk Konstruksi Kayu Berlapis Majemuk

Macam Perekat	Bentuk Dalam Perdagangan	Cocok Untuk Bangunan
Casein	Tepung	yang terlindung, seperti kuda-kuda dsb.
Urea Formaldehyde Resin	Cairan atau tepung dengan zat pengeras	yang terlindung, di mana warna perlu diutamakan
Resorcinol Resin	Cairan dengan zat pengeras	yang tidak terlindung, seperti jembatan, stadion, bangunan kapal dsb.
Phenolic Resin	Cairan dengan zat pengeras	yang tidak terlindung, seperti jembatan, stadion, bangunan kapal dsb.

Sumber : PKKI 1961

2.3 Struktur Kayu Berlapis Majemuk

Balok Hetzer merupakan salah satu bentuk struktur kayu berlapis majemuk yang disusun dari papan-papan yang menggunakan perekat sehingga membentuk suatu penampang kayu dengan ukuran tertentu. Masing-masing tebal lapisan papan biasanya 20 mm - 30 mm. Kadar lengas papan-papan tersebut ≤ 15 % dan perbedaan kadar lengas antara masing-masing papan harus ≤ 3 %. [2]

Pembangunan suatu balok Hetzer lebih seimbang dari pada balok utuh, maka tegangan normal yang diijinkan menurut PKKI 1961 boleh dinaikkan 10 %, tetapi pada balok yang tingginya lebih dari 30 cm harus dikurangi dengan faktor C. [2]

$$C = \sqrt[9]{\frac{30}{h}} \quad \cdots\cdots (1)$$

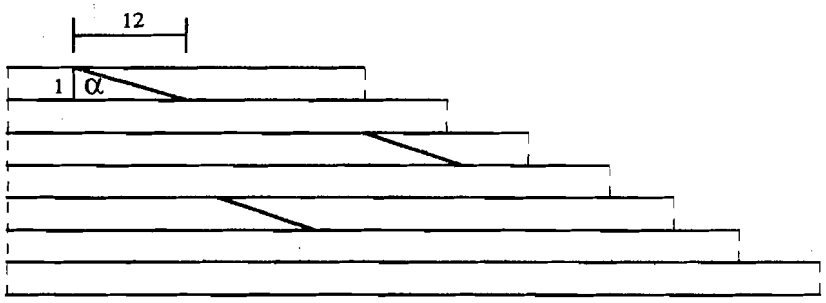
dengan : C = faktor koreksi

h = tinggi balok (cm)

Keuntungan menggunakan balok Hetzer adalah : [2]

1. Dapat dibuat penampang dan panjang yang lebih besar dari balok tunggal biasa.
2. Kayu yang bukan termasuk kayu konstruksi dapat digunakan untuk membentuk suatu penampang yang sama kuatnya atau bahkan tidak menutup kemungkinan lebih kuat dari balok utuh biasa.
3. Pelapisan dapat dilakukan sedemikian rupa sehingga bagian-bagian yang mendapat tegangan-tegangan terbesar dapat diusahakan ditahan oleh kayu yang kualitasnya tinggi

Untuk penyambungan papan-papan, biasanya digunakan sambungan serong dengan miring 1 : 12. Jika tempat sambungan bergeser, maka pengurangan kekuatan untuk seluruh balok sangat kecil dan dapat diabaikan. [4]

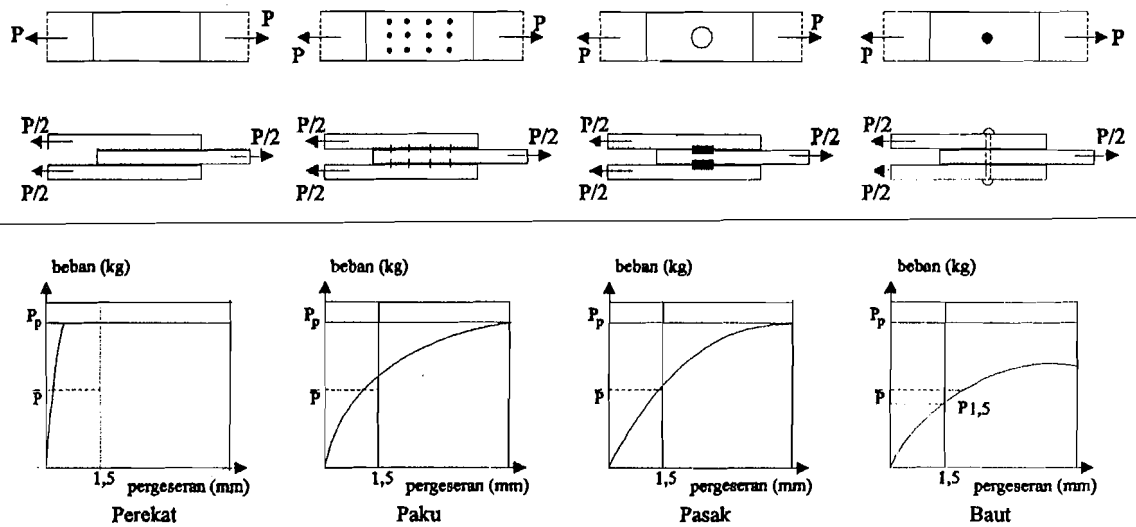


Gambar 2.2 Penyambungan papan

2.4 Teori Perencanaan Tampang

2.4.1 Dasar Perencanaan

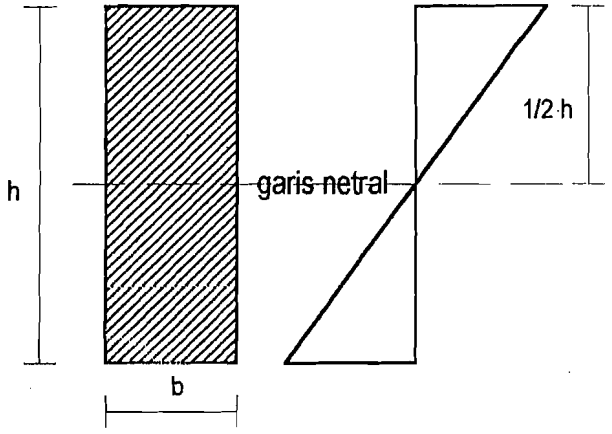
Dalam hubungan dengan menggunakan perekat, hubungan antar kayu adalah hubungan bidang, sehingga tidak ada pengurangan luasan tampang seperti halnya pada hubungan dengan menggunakan alat sambung lain, misalnya dengan menggunakan baut. Oleh karena itu hubungan dengan menggunakan perekat tidak melemahkan penampang kayu yang dihubungkan. Dari grafik hubungan antara pergeseran sambungan dengan P_{patah} yang sudah diteliti di Jerman, terlihat bahwa sambungan dengan perekat dengan besar $P_{patah} = \frac{\overline{P}_{patah}}{2,75}$ yang sama, pergeseran dengan perekat lebih kecil dari pada sambungan lain. [4]



Gambar2.3 Grafik beban - pergeseran sambungan

2.4.2 Landasan Teori

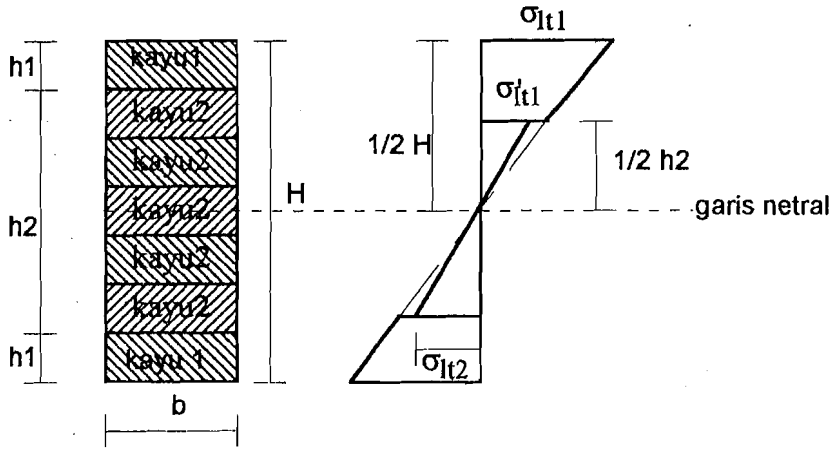
Diagram tegangan dalam kayu adalah sebagai berikut :



Gambar2.4 Diagram tegangan dalam kayu

Terlihat bahwa pada bagian tengah (garis netral) tegangan yang terjadi sama dengan nol. Pada bagian atas dan bawah tegangan yang terjadi adalah yang terbesar, sehingga pada bagian tengah yang tegangannya relatif lebih kecil dapat diganti dengan kayu yang kelas kuatnya lebih rendah. [4]

Sehingga bentuk penampang yang baru adalah :



Gambar 2.5 Diagram tegangan dalam kayu dengan jenis kayu yang berbeda

Dengan perbandingan segitiga, didapat : [4]

$$\frac{\frac{1}{2}h_2}{\sigma_{lt_1'}} = \frac{\frac{1}{2}H}{\sigma_{lt_1}} \quad \cdots\cdots (2)$$

disederhanakan, menjadi : [4]

$$\sigma_{lt_1'} = \frac{\frac{1}{2}h_2}{\frac{1}{2}H} \cdot \sigma_{lt_1} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$\sigma_{lt_2} = \frac{E_2}{E_1} \cdot \sigma_{lt_1'} \quad \cdots\cdots (4)$$

Substitusi persamaan (3) ke persamaan (4), didapat :

$$\sigma_{lt_2} = \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{\frac{1}{2}h_2}{\frac{1}{2}H} \cdot \sigma_{lt_1}$$

disederhanakan, menjadi :

$$\sigma_{lt_2} = \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{h_2}{H} \cdot \sigma_{lt_1} \quad \cdots\cdots (5)$$

Terdapat hubungan bahwa : [4]

$$h_2 = \frac{\sigma_{lt_2}}{\sigma_{lt_1}} \cdot \frac{E_1}{E_2} \cdot H \quad \ldots\ldots (6)$$

$$H = h_2 + 2h_1 \quad \ldots\ldots (7)$$

$$h_1 = \tfrac{1}{2}(H - h_2) \quad \ldots\ldots (8)$$

Dari hubungan persamaan di atas, dapat ditentukan kebutuhan tebal kayu h_1 dan tebal kayu h_2.

Terdapat pula hubungan bahwa : [4]

$$\sigma_{lt_1} = \frac{M}{S} \cdot \frac{E_1}{E_2} \quad \ldots\ldots (9)$$

$$\sigma_{lt_2} = \frac{M}{\frac{H}{h_2} \cdot S} \quad \ldots\ldots (10)$$

dengan : σ_{lt_1} = tegangan lentur ijin kayu 1 (kg/cm^2)

σ_{lt_2} = tegangan lentur ijin kayu 2 (kg/cm^2)

E_1 = modulus elastis kayu 1 (kg/cm^2)

E_2 = modulus elastis kayu 2 (kg/cm^2)

h_1 = tebal kayu 1 (cm)

h_2 = tebal kayu 2 (cm)

H = tebal kayu total (cm)

M = momen yang terjadi (kg.cm)

S = modulus tampang (cm^3)

Dari persamaan (9) dan (10) dapat dihitung momen rencana yang dapat ditahan oleh tampang kayu.

BAB III

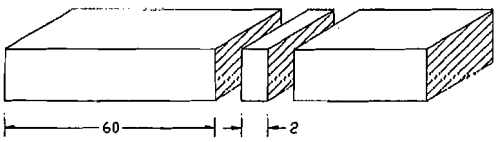
PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Kayu

Contoh kayu yang diperoleh dari perdagangan dibawa ke laboratorium, kemudian dilakukan pengujian dan pengamatan.

3.1.1 Menentukan Kadar Lengas

Tanding kayu yang diambil dari tengah-tengah kayu dengan ukuran 2 cm, ditimbang secara terus menerus selama satu minggu sampai beratnya konstan. [5]



Gambar 3.1 Tanding kayu

Kemudian kadar lengas dihitung dengan rumus sebagai berikut : [5]

$$x = \frac{1{,}15 \cdot G_x - G_{ku}}{G_{ku}} \cdot 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

dengan : x : kadar lengas kayu (%)

G_x : berat benda uji mula-mula (gr)

G_{ku} : berat benda uji setelah kering udara (gr)

Maka kadar lengas benda uji didapat sebagai berikut :

Tabel 3.1 Kadar Lengas Benda Uji

Jenis Kayu	Kadar Lengas (%)
Kempas	15
Bangkirai	15
Mahoni	15
Suren	15

3.1.2 Menentukan Mutu Kayu

Potongan kayu diamati secara fisik. Mutu kayu didasarkan atas mata kayu, wanvlak, miring arah serat, retak-retak, dan kadar lengas. Ternyata mutu kayu benda uji adalah kayu mutu A.

3.1.3 Menentukan Berat Jenis Kayu

Setelah berat benda uji konstan, berarti berat kering udara telah tercapai, maka selanjutnya berat jenis dapat ditentukan. Dengan terlebih dahulu menghitung volume benda uji tersebut pada saat kering udara.

Berat jenis benda uji dihitung dengan persamaan sebagai berikut : [1]

$$g = \frac{W}{V} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (12)$$

dengan : g = berat jenis (gr/cm^3)

W = berat kering udara (gr)

V = volume kering udara (cm^3)

Maka berat jenis masing-masing benda uji adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Berat Jenis Benda Uji

Jenis Kayu	Berat Jenis (gr/cm^3)
Kempas	0,8199
Bangkirai	0,6676
Mahoni	0,497
Suren	0,4448

Dari tabel 3.2 dapat dihitung besar tegangan lentur ijin masing-masing kayu dengan menggunakan persamaan korelasi berat jenis yang diberikan PKKI 1961.

3.1.4 Menentukan Modulus Elastis Kayu

Benda uji dengan panjang ± 20 cm di desak dengan menggunakan mesin desak, sehingga diperoleh perubahan panjang setiap penambahan beban. Kemudian dicari tegangan dan regangannya dengan persamaan sebagai berikut : [1]

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \cdots\cdots (13)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad \cdots\cdots (14)$$

dengan : σ = tegangan yang terjadi (kg/cm^2)

ε = regangan yang terjadi

P = beban desak (kg)

A = luas bidang desak (cm^2)

ΔL = perubahan panjang (cm)

L_0 = panjang mula-mula (cm)

Setelah tegangan dan regangan diperoleh, kemudian digambar grafiknya. Dengan menggunakan teori batas sebanding dari grafik yang diperoleh, maka modulus elastis kayu dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut : [1]

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{..... (15)}$$

dengan : E = modulus elastis kayu (kg/cm^2)

σ = tegangan yang terjadi (kg/cm^2)

ε = regangan yang terjadi

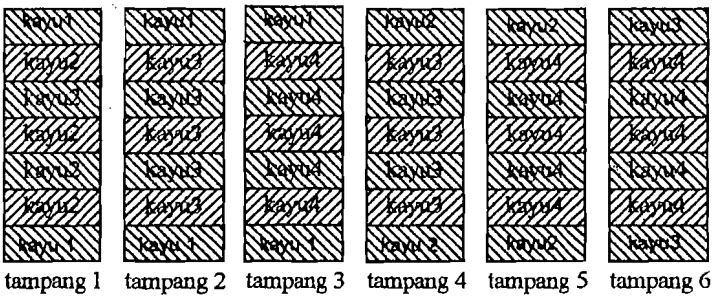
Tabel 3.3 Modulus Elastis Benda Uji

Jenis Kayu	Modulus Elastis (kg/cm^2)
Kempas	157837,8378
Bangkirai	219503,2199
Mahoni	133138,259
Suren	112713,6752

3.2 Perencanaan Tampang Benda Uji

Setelah semua data benda uji diperoleh, maka dengan persamaan (6) dan (8) jumlah kebutuhan papan dapat ditentukan.

Model tampang benda uji dengan ukuran 8 × 14 cm adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Macam tampang benda uji

Sebagai contoh, diambil tampang 2 (kombinasi kayu Kempas dan kayu Mahoni).

Diketahui : $E_1 = 157837{,}8378 \text{ kg/cm}^2$

$E_2 = 133138{,}259 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{lt_1} = 139{,}383 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{lt_2} = 84{,}49 \text{ kg/cm}^2$

Penyelesaian :

$$h_2 = \frac{\sigma_{lt_2}}{\sigma_{lt_1}} \cdot \frac{E_1}{E_2} \cdot H$$

$$= \frac{84{,}49}{139{,}383} \cdot \frac{157837{,}8378}{13138{,}259} \cdot 14$$

$= 10{,}061$ cm

dipakai 5 lembar papan kayu Mahoni dengan tebal 2 cm

$h_1 = 1/2\ (14 - 10{,}061)$

$= 1{,}9695$ cm

dipakai 1 lembar papan kayu Kempas dengan tebal 2 cm

Tabel 3.4 Jumlah Papan Masing-masing Tampang

TAMPANG 1			
Kempas		Bangkirai	
h_1 (cm)	jumlah papan	h_2 (cm)	jumlah papan
2,9015	4	8,197	3
TAMPANG 2			
Kempas		Mahoni	
h_1 (cm)	jumlah papan	h_2 (cm)	jumlah papan
1,9695	2	10,061	5
TAMPANG 3			
Kempas		Suren	
h_1 (cm)	jumlah papan	h_2 (cm)	jumlah papan
1,68	2	10,64	5
TAMPANG 4			
Bangkirai		Mahoni	
h_1 (cm)	jumlah papan	h_2 (cm)	jumlah papan
6,14	6	1,72	1
TAMPANG 5			
Bangkirai		Suren	
h_1 (cm)	jumlah papan	h_2 (cm)	jumlah papan
- 2,08	0	18,16	9
TAMPANG 6			
Mahoni		Suren	
h_1 (cm)	jumlah papan	h_2 (cm)	jumlah papan
-0,4	0	14,8	8

Pada tampang 5 dan 6, kebutuhan papan h_2 terlihat sudah melebihi dimensi yang direncanakan (14 cm) dan sudah berbentuk seperti balok utuh tanpa ada kombinasi jenis kayu, sehingga tidak sesuai dengan tujuan penelitian, oleh karena itu benda uji untuk tampang 5 dan 6 tidak dibuat.

3.3 Menentukan Momen Rencana Tampang

Momen rencana tampang dihitung dari persamaan (9) dan (10), diambil harga momen yang terkecil.

Sebagai contoh, diambil tampang 2 (kombinasi kayu Kempas dan kayu Mahoni).

Diketahui : $E_1 = 157837{,}8378 \text{ kg/cm}^2$

$E_2 = 133138{,}259 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{lt_1} = 139{,}383 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{lt_2} = 84{,}49 \text{ kg/cm}^2$

$H = 14 \text{ cm}$

$h_2 = 10 \text{ cm}$

$b = 8 \text{ cm}$

Penyelesaian :

$$S = \frac{1}{6} \cdot b \cdot H^2$$

$$= \frac{1}{6} \cdot 8 \cdot 14^2$$

$$= 261{,}3333 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{lt_1} = \frac{M}{S} \cdot \frac{E_1}{E_2}$$

$$M_1 = \sigma_{lt_1} \cdot S \cdot \frac{E_2}{E_1}$$

$$= 139{,}383 \cdot 261{,}3333 \cdot \frac{133138{,}259}{157837{,}8378}$$

$$= 30725{,}3127 \text{ kg.cm}$$

$$\sigma_{lt_2} = \frac{M}{\frac{H}{h_2} \cdot S}$$

$$M_2 = \sigma_{lt_2} \cdot S \cdot \frac{h_2}{H}$$

$$= 84{,}49 \cdot 261{,}3333 \cdot \frac{10}{14}$$

$$= 15771{,}4647 \text{ kg.cm}$$

Tabel 3.5 Momen Rencana Tampang

Tampang	$\overline{\sigma}_{lt}$ (kg/cm^2)	M_1 (kg.cm)	M_2 (kg.cm)	Momen Rencana (kg.cm)
Tampang 1	$\overline{\sigma}_{lt_1}$ = 139,383	50656,4012	21185,1706	21185,1706
Tampang 2	$\overline{\sigma}_{lt_2}$ =113,442	30725,3127	15771,4647	15771,4647
Tampang 3	$\overline{\sigma}_{lt_3}$ = 84,490	26011,7786	14114,9849	14114,9849
Tampang 4	$\overline{\sigma}_{lt_4}$ = 75,616	17989,6196	3154,2929	3154,2929

3.4 Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Cara membuat benda uji :

1. Kayu dipotong sesuai dengan ukuran yang direncanakan, yaitu 2 × 8 × 55 cm.
2. Permukaan kayu diserut untuk mendapatkan permukaan yang rata, sehingga akan terbentuk bidang kontak yang sempurna.
3. Membuat adonan perekat jenis Urea Formaldehyda, yaitu mencampur Urea Formaldehyda + tepung terigu + hardener dengan perbandingan 100 : 20 : 1. Untuk satu permukaan dengan luasan 8 × 55 cm perbandingan campuran yang diperlukan adalah 15,22 ml : 2,4 gr : 0,12 gr.
4. Perekat dioleskan pada permukaan kayu dengan menggunakan sekrap.
5. Setelah permukaan-permukaan direkatkan satu sama lain dan telah membentuk tampang yang direncanakan kemudian ditekan dengan mesin kempa hidrolis sebesar 100 kg/cm^2 selama 1 jam untuk mendapatkan hasil rekatan yang baik.
6. Sebelum diuji kuat lenturnya, benda uji diangin-anginkan selama ± 3 hari agar perekat mengeras dan merekat dengan sempurna.

3.5 Rawatan Benda Uji

Benda uji diangin-anginkan di tempat yang sejuk dengan suhu kamar ±25° C. Selama perawatan, benda uji dihindarkan dari air karena dikhawatirkan akan terserap

oleh benda uji yang akan mempengaruhi perekat yang belum sempurna bereaksi dan akan mempengaruhi kadar lengas kayu. [7]

3.6 Uji Kuat Lentur

Uji kuat lentur dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dengan menggunakan mesin uji lentur.

Cara pelaksanaan :

1. Sebelum dilaksanakan pengujian, benda uji diberi tanda dengan spidol untuk titik perletakan serta titik pembebanan.
2. Benda uji diletakkan pada tumpuan sesuai dengan tanda dan di bawah benda uji dipasang dial untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi.
3. Mesin uji dihidupkan setelah beban diletakkan pada tempat yang sudah diberi tanda. Pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan sampai pada beban tertentu benda uji mengalami retak, maka pembebanan telah mencapai beban rencana, kemudian mesin dimatikan.
4. Hasil retak diperjelas dengan spidol.
5. Hasil lendutan dan beban maksimum dicatat sesuai dengan jarum penunjuk pada dial.

BAB IV

HASIL PENGUJIAN

4.1 Pemeriksaan Kayu

4.1.1 Kadar Lengas Kayu

Tabel di bawah ini diperoleh dari menimbang benda uji sampai beratnya konstan. Kadar lengas masing-masing benda uji dicari dengan menggunakan persamaan (11).

Tabel 4.1 Berat Benda Uji

Jenis Kayu	Ukuran (p.l.t) cm	Hari I (gr)	Hari II (gr)	Hari III (gr)	Hari IV (gr)	Hari V (gr)	Hari VI (gr)	Hari VII (gr)
Kempas	5,55.3,89.1,98	35,1	35,05	35,05	35,05	35,05	–	
Bangkirai	6,32.3,91.1,97	32,55	32,5	32,5	32,5	32,5	–	–
Mahoni	4,99.3,09.1,99	15,6	15,5	15,25	15,25	15,25	15,25	–
Suren	3,55.3,03.1,83	7,9	7,9	7,9	7,9	–	–	–

1. Kayu Kempas, kadar lengas 15 % dicapai pada hari ke dua.

$$x = \frac{1{,}15 \cdot 35{,}05 - 35{,}05}{35{,}05} \cdot 100\%$$

$$= 15\ \%$$

2. Kayu Bangkirai, kadar lengas 15 % dicapai pada hari ke dua.

$$x = \frac{1{,}15 \cdot 32{,}5 - 32{,}5}{32{,}5} \cdot 100\%$$

$$= 15\ \%$$

3. Kayu Mahoni, kadar lengas 15 % dicapai pada hari ke tiga.

$$x = \frac{1{,}15 \cdot 15{,}25 - 15{,}25}{15{,}25} \cdot 100\%$$

$$= 15\ \%$$

4. Kayu Suren, kadar lengas 15 % dicapai pada hari pertama.

$$x = \frac{1{,}15 \cdot 7{,}90 - 7{,}90}{7{,}90} \cdot 100\%$$

$$= 15\ \%$$

4.1.2 Mutu Kayu

1. Kayu Kempas

- Kadar lengas : 15 %
- Mata kayu : $d_1 = 0$; $d_2 = 0$
- Wanvlak : $e_1 = 0$
- Miring arah serat : $\tan\alpha = \frac{0{,}2}{10} = 0{,}02 \leq \frac{1}{10}$
- Retak-retak : $h_r = 0$; $h_t = 0$

2. Kayu Bangkirai

- Kadar lengas : 15 %
- Mata kayu : $d_1 = 0$; $d_2 = 0$
- Wanvlak : $e = 0$
- Miring arah serat : $\tan\alpha = \frac{0,45}{7,75} = 0,058 \leq \frac{1}{10}$
- Retak-retak : $h_r = 0$; $h_t = 0$

3. Kayu Mahoni

- Kadar lengas : 15 %
- Mata kayu : $d_1 = 0$; $d_2 = 0$
- Wanvlak : $e = 0$
- Miring arah serat : $\tan\alpha = \frac{0,31}{10} = 0,031 \leq \frac{1}{10}$
- Retak-retak : $h_r = 0$; $h_t = 0$

4. Kayu Suren

- Kadar lengas : 15 %
- Mata kayu : $d_1 = 0$; $d_2 = 0$
- Wanvlak : $e = 0$
- Miring arah serat : $\tan\alpha = \frac{0,32}{10} = 0,032 \leq \frac{1}{10}$
- Retak-retak : $h_r = 0$; $h_t = 0$

Dari pengamatan kayu di atas dapat diketahui bahwa kayu-kayu tersebut termasuk mutu A.

4.1.3 Berat Jenis Kayu

Dari tabel 4.1 dihitung berat jenis benda uji berdasar berat kering udara dengan menggunakan persamaan (12).

1. Kayu Kempas

$$BJ\ (g) = \frac{35{,}05}{5{,}55 \cdot 3{,}89 \cdot 1{,}98}$$

$$= 0{,}8199\ gr/cm^3$$

2. Kayu Bangkirai

$$BJ\ (g) = \frac{32{,}5}{6{,}32 \cdot 3{,}91 \cdot 1{,}97}$$

$$= 0{,}6676\ gr/cm^3$$

3. Kayu Mahoni

$$BJ\ (g) = \frac{15{,}25}{4{,}99 \cdot 3{,}99 \cdot 1{,}99}$$

$$= 0{,}497\ gr/cm^3$$

4. Kayu Suren

$$BJ\ (g) = \frac{7{,}9}{3{,}65 \cdot 2{,}63 \cdot 1{,}85}$$

$$= 0{,}4448\ gr/cm^3$$

4.1.4 Modulus Elastis Kayu

Dari tabel 3.2 sampai tabel 3.5 dapat dihitung Modulus Elastis kayu benda uji dengan menggunakan persamaan (15).

1. Kayu Kempas

Panjang mula-mula (L_0) = 200 mm

Luas (A) = b . t

= 6,65 . 4,61

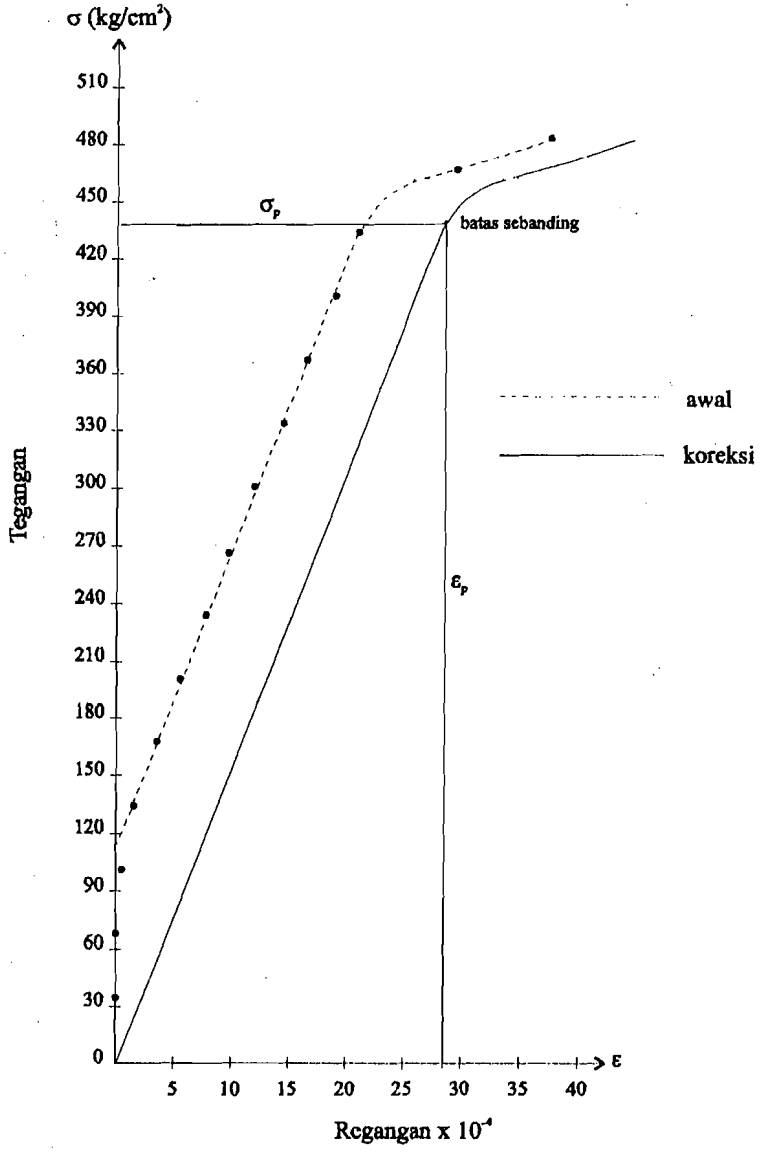
= 30,6565 cm^2

Tabel 4.2 Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Kempas

Beban		Perpendekan (Strainometer)	Tegangan	Regangan	Koreksi
KN	kg	$\times 10^{-2}$ mm	(kg/cm^2)	($\times 10^{-4}$)	($\times 10^{-4}$)
10	1019,368	0	33,251	0	2,28
20	2038,736	0	66,053	0	4,25
30	3058,104	1	99,754	0,5	5,80
40	4077,472	3	133,005	1,5	8,667
50	5096,84	7	166,256	3,5	10,667
60	6116,208	11	199,507	6,5	12,667
70	7135,576	15	232,759	7,5	14,25
80	8154,944	19	266,013	9,5	14.95
90	9174,312	24	299,262	12	19,20
100	10193,68	29	332,513	14,5	21,25
110	11213,048	33	365,764	16,5	23,75

Lanjutan

120	12232,416	38	399,015	19	25,30
130	13251,784	42	432,2667	21	28,167
140	14271,152	59	465,518	29,5	35,70
145	14780,836	75	482,144	37,5	43,70



Grafik 4.1 Tegangan regangan kayu Kempas

Dengan menggunakan perbandingan segi tiga, dari grafik 4.1 perlu koreksi sebesar :

$$\frac{19,5}{299,2617} = \frac{432,2667}{(x+21)}$$

$x = 7,167 \cdot 10^{-4}$ (pergeseran grafik ke kanan)

Batas sebanding : $\sigma_p = 438,2 \text{ kg/cm}^2$

$$\varepsilon_p = 27,75 \times 10^{-4}$$

Modulus elastis kayu :

$$E = \frac{438,2}{27,75 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 157837,8378 \text{ kg/cm}^2$$

2. Kayu Bangkirai

Panjang mula-mula (L_0) = 200 mm

Luas (A) = b . t

= 6,86 . 3,93

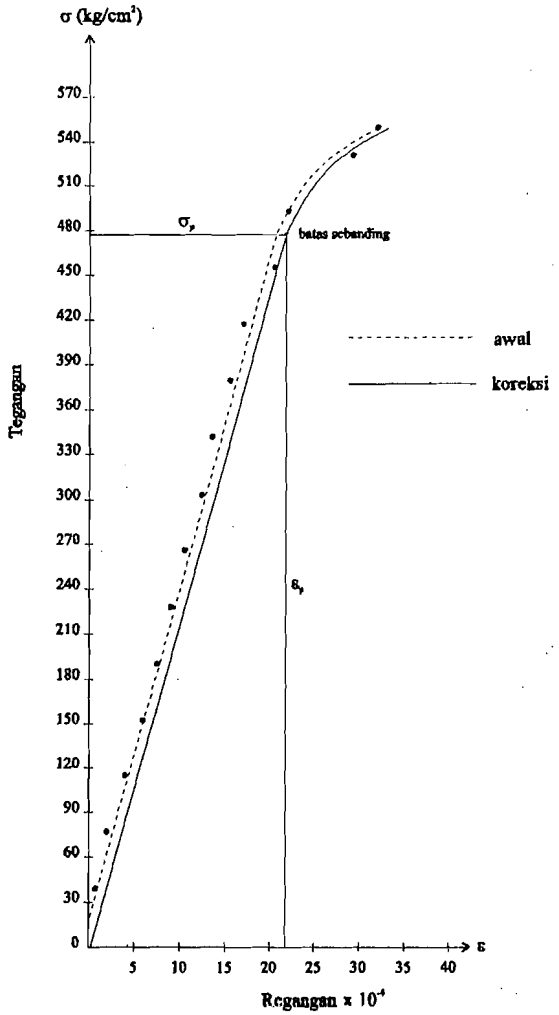
= 26,9598 cm^2

Tabel 4.3 Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Bangkirai

Beban		Perpendekan (Strainometer)	Tegangan	Regangan	Koreksi
KN	kg	$\times 10^{-2}$ mm	(kg/cm^2)	($\times 10^{-4}$)	($\times 10^{-4}$)
10	1019,368	2	37,81	1	1,6249
20	2038,736	4	75,61	2	3,30
30	3058,104	8	113,432	4	5,10

Lanjutan

40	4077,472	12	151,243	6	6,70
50	5096,84	15	189,053	7,5	8,30
60	6116,208	18	226,864	9	9,8749
70	7135,576	21	264,675	10,5	12
80	8154,944	24	302,485	12	12,40
90	9174,312	27	340,296	13,5	15,30
100	10193,68	31	378,107	15,5	17,10
110	11213,048	34	415,917	17	17,8749
120	12232,416	41	453,728	20,5	20,70
130	13251,784	44	491,539	22	22,75
140	14271,152	64	529,349	32	33,15
145	14780,836	76	548,255	38	38,75



Grafik 4.2 Tegangan regangan kayu Bangkirai

Dengan menggunakan perbandingan segi tiga, dari grafik 4.2 perlu koreksi sebesar :

$$\frac{378,107}{16,25} = \frac{415,917}{(x+17)}$$

$x = 0,8749 \cdot 10^{-4}$ (pergeseran grafik ke kanan)

Batas sebanding : $\sigma_p = 477,2 \text{ kg/cm}^2$

$\varepsilon_p = 21,74 \times 10^{-4}$

Modulus elastis kayu :

$$E = \frac{477,2}{21,74 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 219503,2199 \text{ kg/cm}^2$$

3. Kayu Mahoni

Panjang mula-mula (L_0) = 200 mm

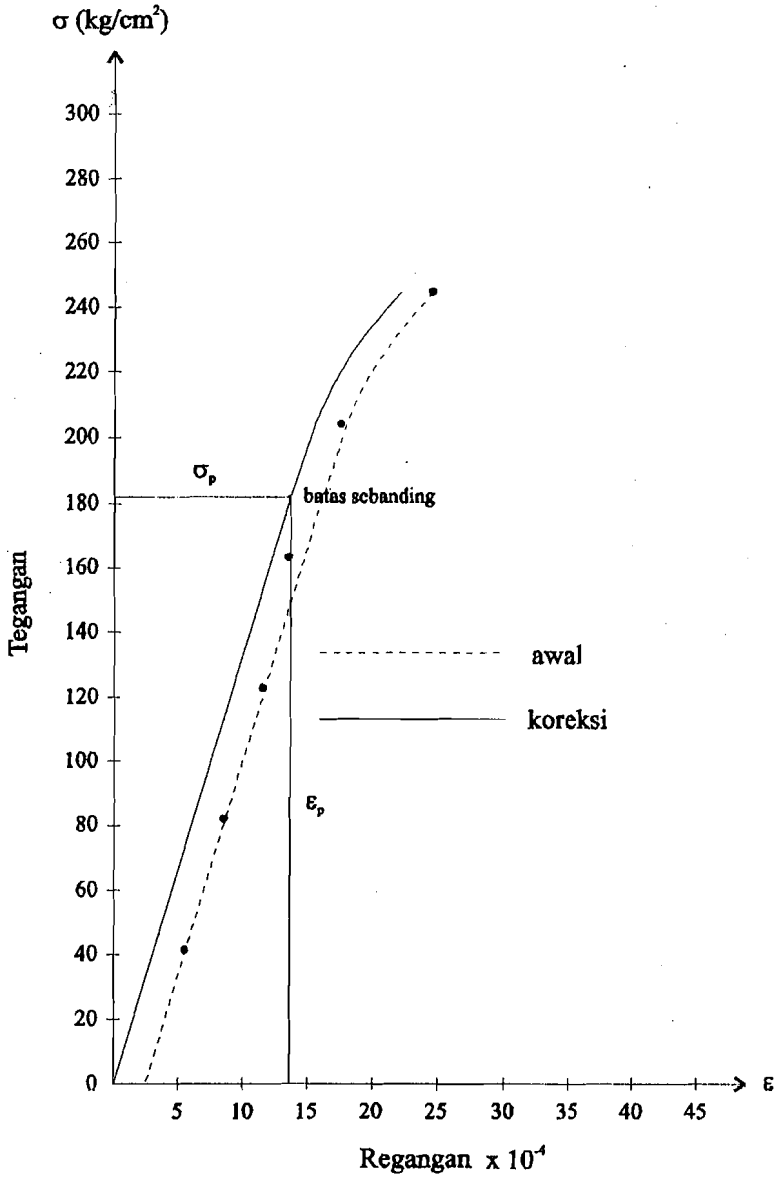
Luas (A) = b . t

= 7,77 . 3,23

= 25,0971 cm^2

Tabel 4.4 Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Mahoni

Beban		Perpendekan (Strainometer) $\times 10^{-2}$ mm	Tegangan (kg/cm^2)	Regangan ($\times 10^{-4}$)	Koreksi ($\times 10^{-4}$)
KN	kg				
10	1019,368	11	40,6169	5,5	3,051
20	2038,736	17	81,2339	8,5	6,051
30	3058,104	23	121,8509	11,5	9,051
40	4077,472	27	162,4679	13,5	11,68
50	5096,84	35	203,0848	17,5	15,34
60	6116,208	49	243,7018	24,5	21,225



Grafik 4.3 Tegangan regangan kayu Mahoni

Dengan menggunakan perbandingan segi tiga, dari grafik 4.3 perlu koreksi sebesar :

$$\frac{182}{13,67} = \frac{141,3831}{(x+8,17)}$$

$x = 2,449 \cdot 10^{-4}$ (pergeseran grafik ke kiri)

Batas sebanding : $\sigma_p = 182\ kg/cm^2$

$\varepsilon_p = 13{,}67 \times 10^{-4}$

Modulus elastis kayu :

$$E = \frac{182}{13{,}67 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 133138{,}259\ kg/cm^2$$

4. Kayu Suren

Panjang mula-mula (L_0) = 200 mm

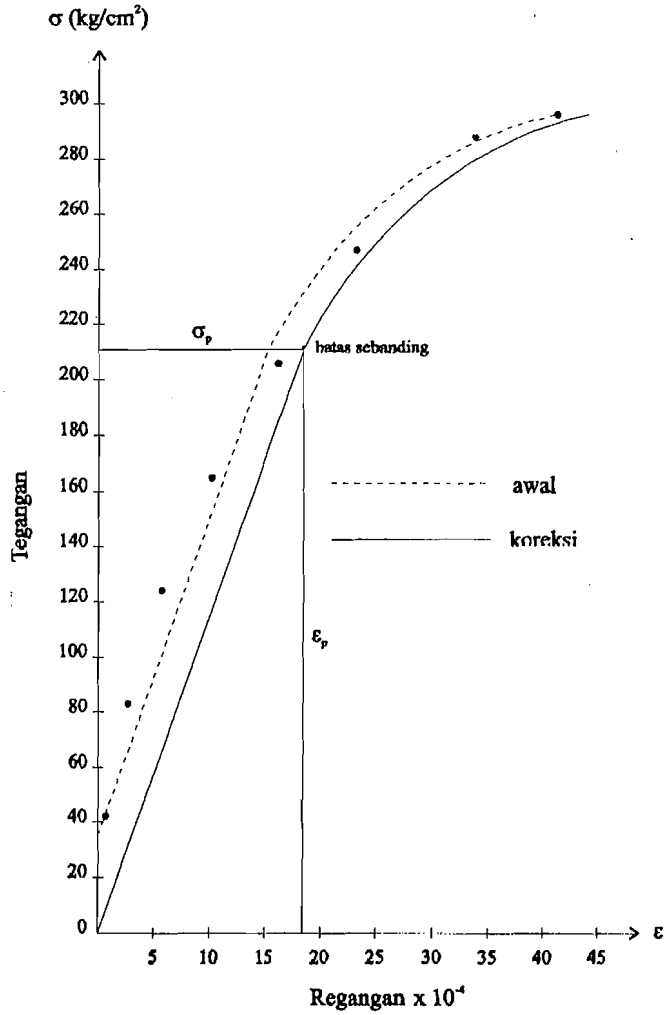
Luas (A) = b . t

= 8,05 . 4,61

= 24,8745 cm^2

Tabel 4.5 Pengamatan Desak Searah Serat Kayu Suren

Beban		Perpendekan (Strainometer)	Tegangan	Regangan	Koreksi
KN	kg	$\times 10^{-2}$ mm	(kg/cm^2)	($\times 10^{-4}$)	($\times 10^{-4}$)
10	1019,368	2	40,98	1	3,60
20	2038,736	6	81,96	3	7,5
30	3058,104	12	122,94	6	10,85
40	4077,472	21	163,92	10,5	15
50	5096,84	33	204,902	16,5	17,80
60	6116,208	47	245,88	23,5	27,25
70	7135,576	68	286,86	34	38,20
72	7339,449	83	295,06	41,5	45,25



Grafik 4.4 Tegangan regangan kayu Suren

Dengan menggunakan perbandingan segi tiga, dari grafik 4.4 perlu koreksi sebesar :

$$\frac{81,96}{163,92} = \frac{7,5}{(x+10,5)}$$

$x = 4,5 \cdot 10^{-4}$ (pergeseran grafik ke kanan)

Batas sebanding : $\sigma_p = 211$ kg/cm^2

$\varepsilon_p = 18,72 \times 10^{-4}$

PERPUSTAKAAN YOGYAKARTA

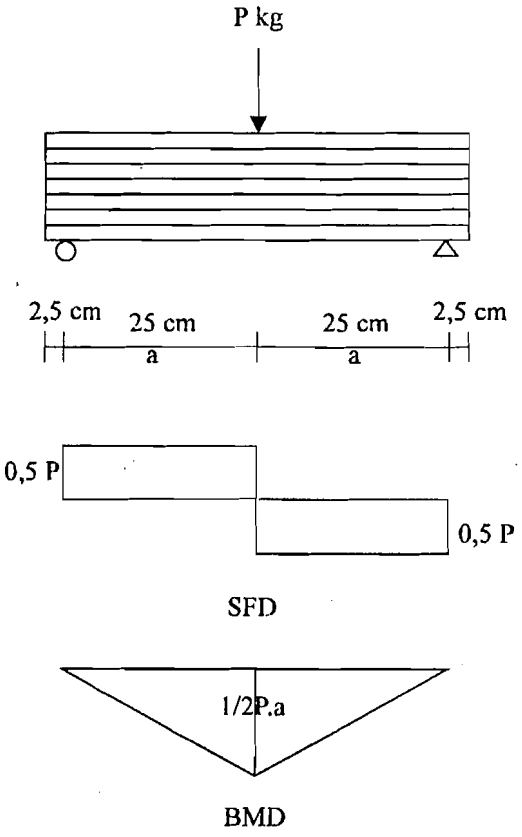
Modulus elastis kayu :

$$E = \frac{211}{18{,}72 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 112713{,}6752 \text{ kg/cm}^2$$

4.2 Kuat Lentur Benda Uji

Setelah benda uji diangin-anginkan selama 3 hari, kemudian dites lentur di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Tes lentur dilaksanakan seperti terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Balok dengan beban terpusat dan diagram gaya

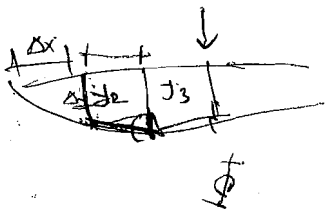
Besarnya momen yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$M = \frac{1}{4} P \cdot a \quad \ldots\ldots (16)$$

dengan : M : momen yang terjadi (kg.cm)

P : beban maksimum (kg)

a : jarak beban dari tumpuan (cm)



Dari tabel 4.6 sampai tabel 4.9 di bawah ini dapat dilihat beban maksimum yang mengakibatkan benda uji patah dan besar lendutan yang terjadi.

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Lentur Tampang I

(Kayu Kempas dan Kayu Bangkirai)

No.	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)
1	100	15	100	80	100	40
2	200	27	200	94	200	51
3	300	35	300	104	300	63
4	400	43	400	115	400	69
5	500	51	500	128	500	83
6	600	61	600	139	600	91
7	700	70	700	148	700	98
8	800	80	800	157	800	106
9	900	89	900	172	900	115
10	1000	99	1000	180	1000	123
11	1100	110	1100	191	1100	131

lanjutan

12	1200	123	1200	201	1200	138
13	1300	138	1300	213	1300	148
14	1400	145	1400	225	1400	157
15	1500	155	1500	239	1500	165
16	1600	167	1600	251	1600	175
17	1700	181	1700	264	1700	183
18	1800	192	1800	278	1800	194
19	1900	204	1900	293	1900	201
20	2000	214	2000	310	2000	206
21	2100	225	2100	328	2100	215
22	2200	239	2200	339	2200	227
23	2300	251	2300	360	2300	236
24	2400	267	2400	376	2400	251
25	2500	279	2500	391	2500	262
26	2600	296	2600	489 *	2600	271
27	2700	327 *	2700	528 *	2700	288
28	2800	341	2800	560	2800	299
29	2900	365	3200	1000	2900	313
30	3000	380			3000	327
31	3510	1100			3100	336
32					3200	352
33					3300	365

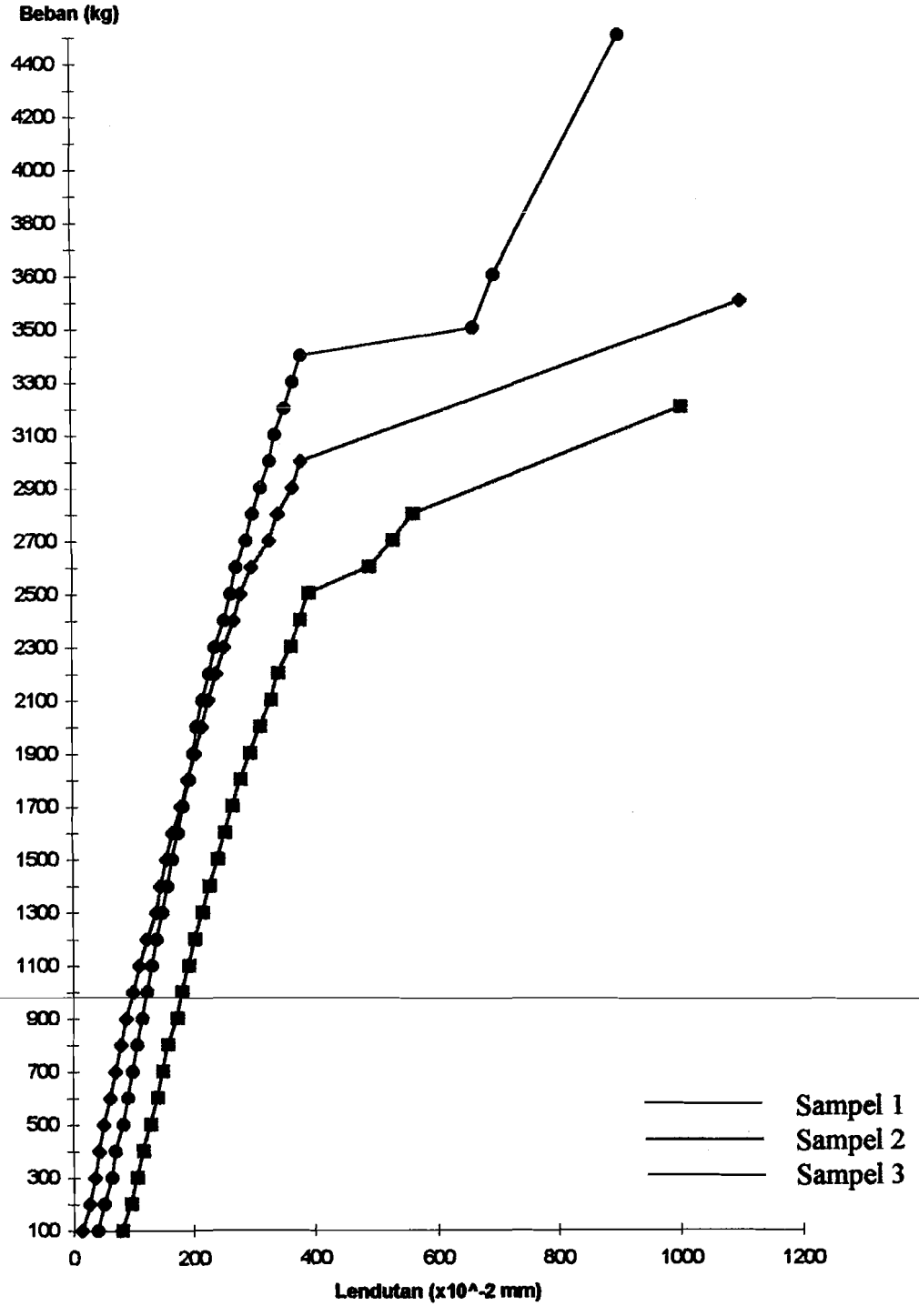
lanjutan

34					3400	379 *
35					3500	658
36					3600	693
37					4430	900

Keterangan : *Benda uji mengalami kerusakan akibat geser, terjadi penurunan beban sesaat kemudian naik lagi hingga batas beban maksimum

Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

$$P_{max} \text{ rata-rata} = \frac{3510 + 3200 + 4430}{3} = 3713{,}3333 \text{ kg}$$



Grafik 4.5 Besar lendutan tampang I (kayu Kempas dan kayu Bangkirai)

Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Lentur Tampang II

(Kayu Kempas dan Kayu Mahoni)

No.	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)
1	100	49	100	81	100	29
2	200	60	200	94	200	38
3	300	71	300	107	300	49
4	400	79	400	118	400	58
5	500	94	500	130	500	68
6	600	106	600	141	600	77
7	700	117	700	151	700	82
8	800	130	800	162	800	90
9	900	143	900	175	900	98
10	1000	153	1000	190	1000	108
11	1100	166	1100	202	1100	113
12	1200	178	1200	216	1200	127
13	1300	191 *	1300	230	1300	135
14	1400	205	1400	249	1400	145
15	1500	228	1500	266 *	1500	154
16	1600	237	1600	284	1600	164
17	1700	259	1700	300	1700	176
18	1800	279	1800	321	1800	188
19	1900	294	1900	344	1900	202

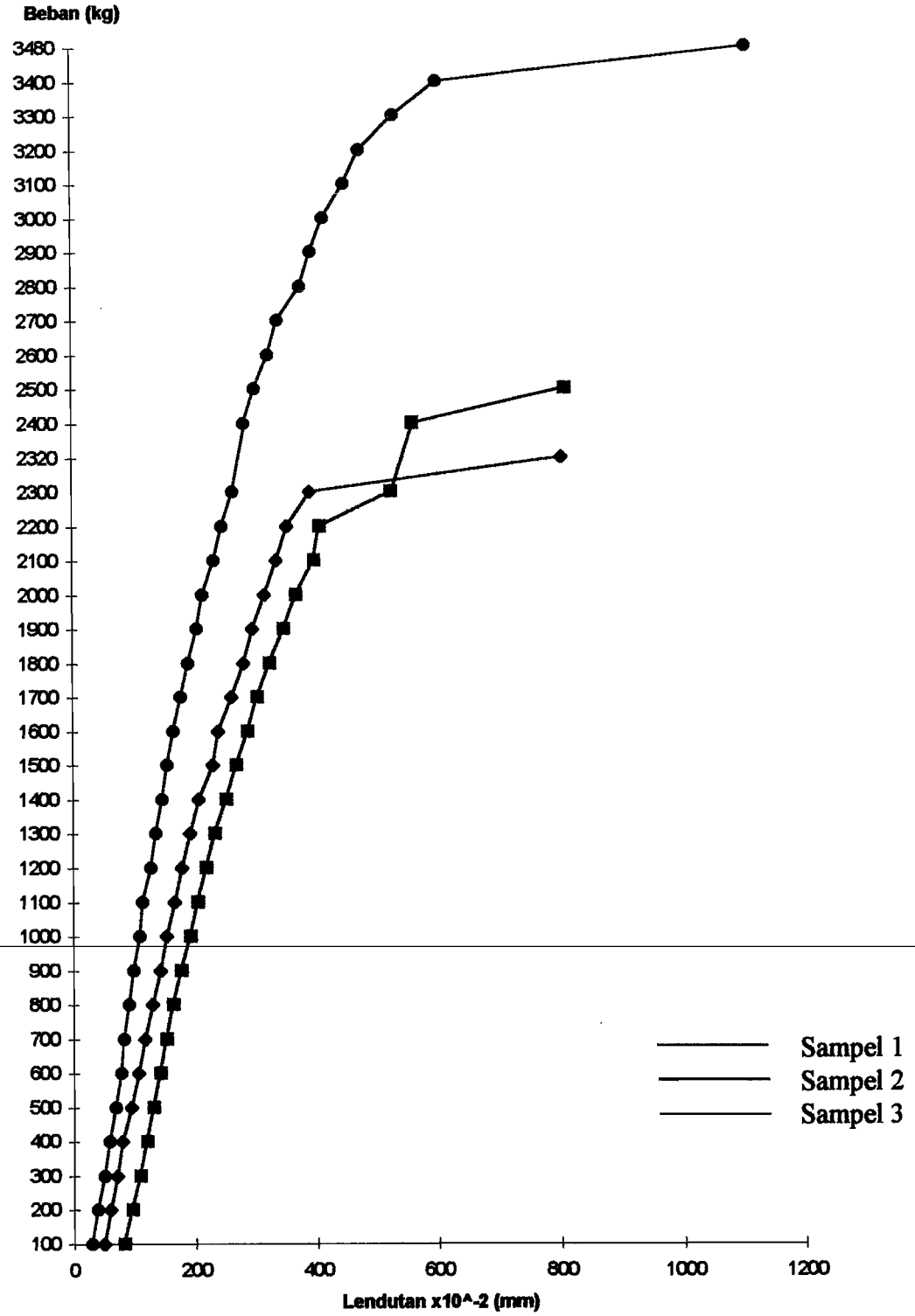
lanjutan

20	2000	313	2000	365	2000	212
21	2100	333	2100	394 *	2100	230
22	2200	351	2200	404	2200	243
23	2300	389 *	2300	521	2300	261
24	2320	800	2400	556	2400	280
25			2500	805	2500	297 *
26					2600	320
27					2700	336
28					2800	373
29					2900	391
30					3000	411
31					3100	446
32					3200	471 *
33					3300	527
34					3400	598
35					3480	1100

Keterangan : *Benda uji mengalami kerusakan akibat geser, terjadi penurunan beban sesaat kemudian naik lagi hingga batas beban maksimum

Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

$$P_{max} \text{ rata-rata} = \frac{2320 + 2800 + 3480}{3} = 2866{,}6667 \text{ kg}$$



Grafik 4.6 Besar lendutan tampang II (kayu Kempas dan kayu Mahoni)

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Lentur Tampang III

(Kayu Kempas dan Kayu Suren)

No.	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)
1	100	41	250	56	250	82
2	200	50	500	75	500	109
3	300	57	750	91	750	126
4	400	64	1000	142	1000	155
5	500	72	1250	177	1250	187
6	600	79	1500	194	1500	218
7	700	86	1750	212	1750	245
8	800	93	2000	236	2000	279
9	900	99	2250	256	2250	315
10	1000	104	2500	283	2500	354
11	1100	111	3600	313 *	2750	387
12	1200	117	3750	404	3000	433
13	1300	123	4075	418 *	3250	468
14	1400	130	4100	687	3500	524
15	1500	136	4250	700	3750	574
16	1600	142			4000	618
17	1700	149			4250	667
18	1800	156			4500	729
19	1900	163			4750	779 *

lanjutan

20	2000	170			5450	800
21	2100	177				
22	2200	184				
23	2300	193				
24	2400	198				
25	2500	207				
26	2600	215				
27	2700	225				
28	2800	233				
29	2900	240				
30	3000	247				
31	3100	259				
32	3200	265				
33	3300	274				
34	3400	283				
35	3500	293				
36	3600	300				
37	3700	311				
38	3800	319				
39	3900	326				
40	4000	333				
41	4100	345				

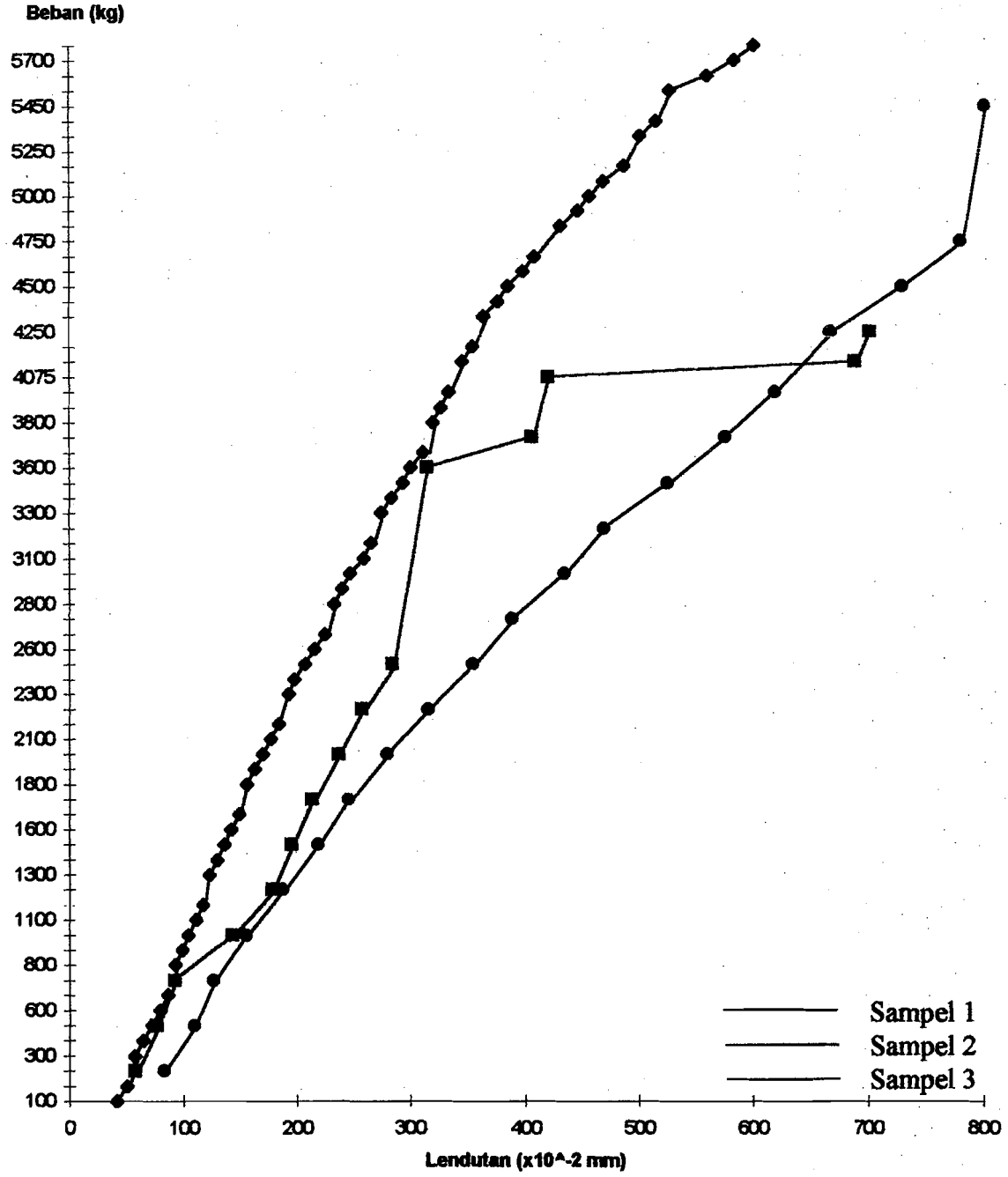
lanjutan

42	4200	354				
43	4300	363				
44	4400	375				
45	4500	384				
46	4600	397				
47	4700	407				
48	4800	430				
49	4900	445				
50	5000	455				
51	5100	468				
52	5200	486				
53	5300	500				
54	5400	514				
55	5500	526				
56	5600	559				
57	5700	582 *				
58	5725	600				

Keterangan : *Benda uji mengalami kerusakan akibat geser, terjadi penurunan beban sesaat kemudian naik lagi hingga batas beban maksimum

Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

$$P_{max} \text{ rata-rata} = \frac{5725 + 4250 + 5450}{3} = 5141{,}6667 \text{ kg}$$



Grafik 4.7 Besar lendutan tampang III (kayu Kempas dan kayu Suren)

Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Lentur Tampang IV

(Kayu Bangkirai dan Kayu Mahoni)

No.	Benda Uji I		Benda Uji II		Benda Uji III	
	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)	P (kg)	δ (10^{-2} mm)
1	100	32	100	39	100	32
2	200	36	200	46	200	41
3	300	41	300	56	300	51
4	400	46	400	62	400	55
5	500	55	500	71	500	63
6	600	63	600	76	600	69
7	700	68	700	81	700	76
8	800	71	800	88	800	80
9	900	76	900	93	900	86
10	1000	83	1000	98	1000	91
11	1100	88	1100	104	1100	98
12	1200	93	1200	109	1200	103
13	1300	99	1300	116	1300	108
14	1400	106	1400	121	1400	113
15	1500	112	1500	128	1500	118
16	1600	117	1600	132	1600	123
17	1700	123	1700	138	1700	129
18	1800	129	1800	145	1800	135
19	1900	135	1900	151	1900	141

lanjutan

20	2000	141	2000	158	2000	147
21	2100	148	2100	165	2100	153
22	2200	154	2200	171	2200	160
23	2300	163	2300	179	2300	167
24	2400	170	2400	186	2400	176
25	2500	177	2500	194	2500	182
26	2600	186	2600	200	2600	189
27	2700	193	2700	209	2700	198
28	2800	203 *	2800	216	2800	206
29	2900	209	2900	222	2900	212
30	3000	320 *	3000	229	3000	221
31	3100	331	3100	238	3100	347 *
32	3200	349	3200	246	3200	360
33	3300	364	3300	253	3300	370
34	3400	384	3400	263 *	3400	384
35	3500	403	3500	322	3500	398
36	3600	415	3600	332	3600	412
37	3700	433	3700	343	3700	428
38	3800	450	3800	352	3800	438
39	3900	455	3900	451 *	3900	448
40	4000	475	4000	463	4000	463 *
41	4100	493	4100	480	4100	552

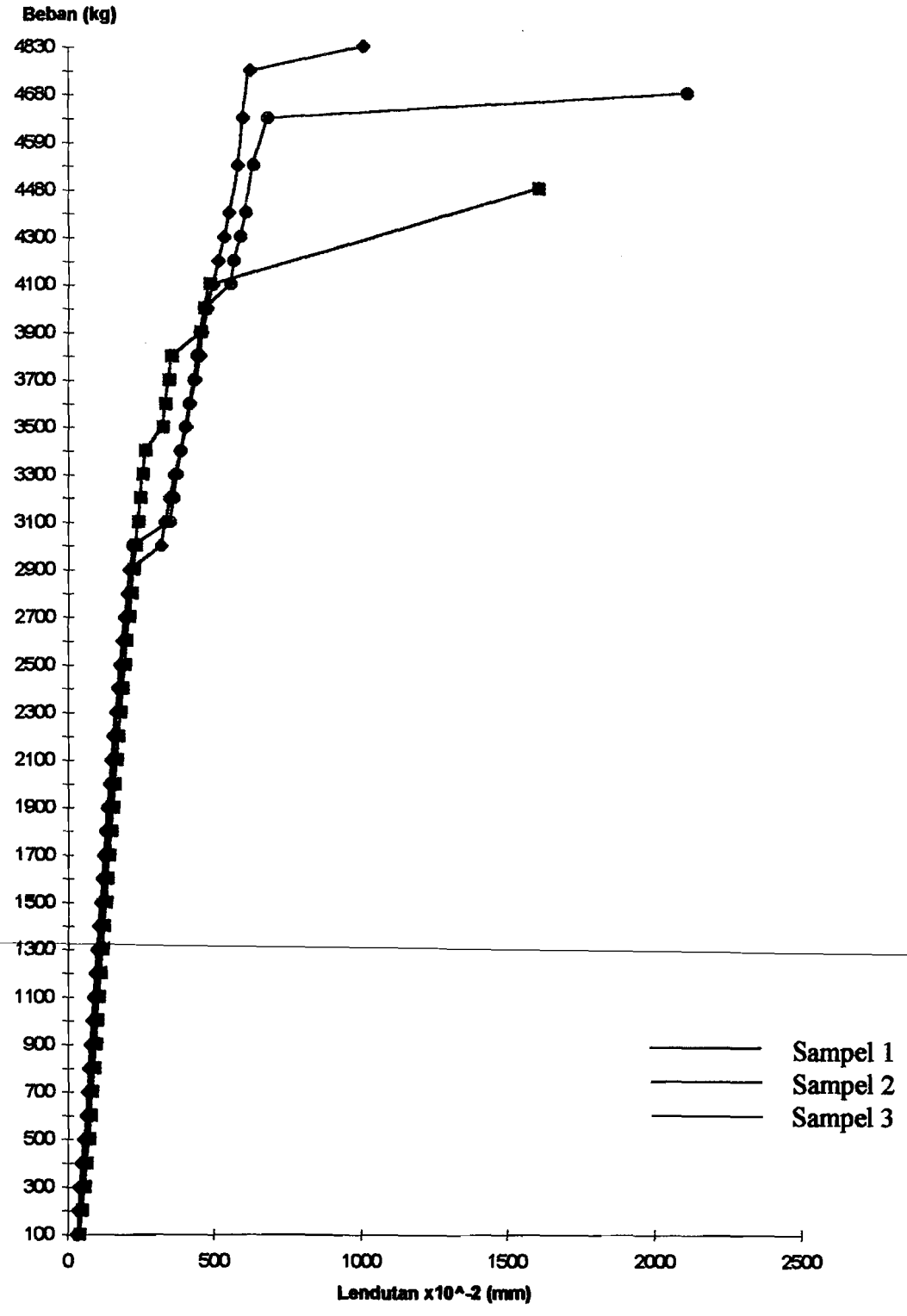
lanjutan

42	4200	512	4480	1600	4200	563
43	4300	531			4300	585
44	4400	548			4400	603
45	4500	576			4500	628
46	4600	593			4590	676 *
47	4700	616			4680	2100
48	4830	1000				

Keterangan : *Benda uji mengalami kerusakan akibat geser, terjadi penurunan beban sesaat kemudian naik lagi hingga batas beban maksimum

Dari hasil pengujian lentur ke tiga sampel, didapatkan beban rata-rata yang dapat didukung oleh balok sebagai berikut :

$$P_{max} \text{ rata-rata} = \frac{4830 + 4480 + 4680}{3} = 4663{,}3333 \text{ kg}$$



Grafik 4.8 Besar lendutan tampang IV (kayu Bangkirai dan kayuMahoni)

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Kuat Lentur Benda Uji

Setelah dilakukan uji kuat lentur, maka beban yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.6 sampai dengan tabel 4.9. Kemudian dengan menggunakan persamaan (16) dihitung besarnya momen yang terjadi, sedangkan untuk menghitung besarnya tegangan lentur yang terjadi menggunakan persamaan (9) dan persamaan (10). Besarnya momen dan tegangan lentur yang terjadi dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 Besar Momen dan Tegangan Lentur

Tampang	$\overline{\sigma}_{lt}$ (kg/cm^2)		Momen rencana	$P_{rata\text{-}rata}$	Momen Benda Uji	σ_{lt} Benda Uji (kg/cm^2)	
	$\overline{\sigma}_{lt_1}$	$\overline{\sigma}_{lt_2}$	(kg.cm)	(kg)	(kg.cm)	σ_{lt_1}	σ_{lt_2}
I	139,383	113,492	21185,1706	3730,00	46625,000	128,292	76,433
II	139,383	84,490	15771,4647	2866,67	35833,375	162,557	97,942
III	139,383	75,616	14114,9849	5091,67	63645,875	341,048	173,961
IV	113,492	84,490	3154,2929	4663,33	58291,625	434,391	31,865

Dari tabel 5.1 dapat diketahui besarnya kenaikan atau penurunan tegangan dan momen dari masing-masing tampang. Untuk menghitung kenaikan atau penurunan tegangan maupun momen yang terjadi, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Momen} = \frac{\text{Momen yang terjadi} - \text{Momen rencana}}{\text{Momen rencana}} \times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (17)$$

$$\% \sigma_{lt} = \frac{\sigma_{lt} \text{ yang terjadi} - \sigma_{lt} \text{ rencana}}{\sigma_{lt} \text{ rencana}} \times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (18)$$

Sebagai contoh, kita ambil tampang I :

$$\text{Prosentase momen tampang I} = \frac{46625{,}00 - 21185{,}1706}{21185{,}1706} \times 100\%$$

$$= 120\ \%$$

$$\text{Prosentase } \sigma_{lt_1} = \frac{128{,}292 - 139{,}383}{139{,}383} \times 100\%$$

$$= -\ 7{,}96\ \% \text{ (penurunan)}$$

$$\text{Prosentase } \sigma_{lt_2} = \frac{76{,}433 - 113{,}402}{113{,}402} \times 100\%$$

$$= -\ 32{,}65\ \% \text{ (penurunan)}$$

Dengan cara yang sama, dihitung juga tampang II, III dan IV, hasilnya disajikan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Prosentase Kenaikan dan Penurunan Momen dan Tegangan

Tampang	Momen (%)		σ_{lt_1} (%)		σ_{lt_2} (%)	
	Naik	Turun	Naik	Turun	Naik	Turun
I	120,00	–	–	7,96	–	32,65
II	127,20	–	16,63	–	15,92	–
III	350,91	–	144,68	–	130,06	–
IV	1748	–	282,75	–	–	62,29

Pada tampang I terjadi penurunan tegangan, hal ini disebabkan gagal sambung akibat pembebanan yang menimbulkan gelincir antar permukaan kayu tersebut. Gagal sambung terjadi akibat pencampuran perekat yang kurang homogen, sehingga lekatan papan kurang sempurna .

Untuk tampang II dan III terjadi kenaikan momen dan tegangan yang relatif besar. Hal ini dapat tercapai karena papan-papan merekat relatif sempurna sehingga tidak terjadi gagal sambung dan beban yang diderita dapat ditahan oleh lapisan papan secara bersama-sama seperti balok utuh, sehingga kerusakan yang terjadi adalah patah geser pada papan yang kelas kuatnya lebih rendah.

Pada tampang IV, momen dan σ_{lt_1} terjadi peningkatan dari yang direncanakan. Sedangkan σ_{lt_2} terjadi penurunan yang disebabkan besarnya perbedaan tinggi papan dalam tampang tersebut, yaitu 6 lapis dari kayu Bangkirai dan satu lapis kayu Mahoni, sehingga lapisan kayu Mahoni yang terletak pada tengah-tengah tampang IV berperilaku seolah-olah sebagai garis netral dan menderita tegangan lentur relatif mendekati nol.

5.2 Pola Retak dan Lendutan Benda Uji

Pemberian beban secara bertahap mengakibatkan terjadinya kerusakan dan lendutan secara bertahap pula. Efeknya mulai terlihat pada saat dial pembebanan rata-rata menunjukkan angka 2000 kg, di mana pada saat itu terjadi pemampatan benda uji pada titik tumpuan, sedangkan pemampatan yang lebih besar terjadi pada

titik pembebanan. Pada benda uji tampang II, III dan IV, efek kerusakan pemampatan ini akan diteruskan ke kayu yang kelas kuatnya lebih rendah dari masing-masing tampang. Semakin besar perbedaan kelas kuat kayu dalam suatu tampang, maka kelas kuat kayu yang lebih rendah akan semakin besar kerusakannya.

Lendutan rata-rata yang terjadi adalah seperti yang terlihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3. Lendutan Rata-rata Benda Uji

Tampang	$P_{rata\text{-}rata}$ (kg)	$\delta_{rata\text{-}rata}$ (mm)
I	3730,00	10,00
II	2866,67	5,00
III	5091,67	4,67
IV	4663,33	15,67

Dari tabel (5.3) dapat dilihat bahwa lendutan rata-rata pada tampang II dan tampang III lebih kecil dibandingkan tampang I dan tampang IV. Pada tampang I lendutan yang besar terjadi akibat gagal sambung dan sifat elastis dari kayu penyusun tampang. Pemberian beban yang besarnya konstan secara terus menerus mengakibatkan lendutan semakin besar karena beban yang diberikan terdistribusi oleh gelincir dan sifat elastik bahan yang membantu menyalurkan beban yang terjadi.

Pada tampang IV lendutan yang relatif besar ini terjadi karena susunan lapisan yang terdiri dari 85,71% kayu kelas kuat 2 dan 14,29 % kayu kelas kuat 3, sehingga menghasilkan struktur yang lebih elastis dan memberikan lendutan yang lebih besar jika dibandingkan dengan tampang II dan tampang III.

5.3 Tampang Benda Uji

Pada tampang I seharusnya memberikan hasil momen dan tegangan lentur yang maksimal karena merupakan kombinasi antara kayu kelas kuat 1 dan kelas kuat 2, tetapi karena proses pembuatan benda uji kurang sempurna mengakibatkan terjadinya gagal sambung antar permukaan kayu, sehingga menimbulkan gelincir yang mengakibatkan terjadinya penurunan tegangan lentur dari tegangan lentur ijin.

Dari hasil penelitian ini, terlihat bahwa tampang II dan III menunjukkan kenaikan, baik pada momen maupun tegangan lentur, sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai acuan untuk pemanfaatan kayu secara optimal sesuai dengan keadaan tegangan dalam kayu yang terjadi dan kebutuhan di lapangan. Keadaan ini akan tercapai jika pembuatan balok Hetzer benar-benar diperhatikan mulai dari proses pemilihan papan sampai dengan pengepresan sehingga susunan papan tersebut membentuk satu kesatuan yang dapat menahan beban bersama-sama.

Untuk tampang IV meskipun mengalami kenaikan tegangan, tetapi perlu mendapat perhatian pada lendutan yang relatif besar dan jumlah kombinasi lapisan papannya. Pada tampang ini jumlah lapisannya adalah 6 lapis kayu Bangkirai dan 1 lapis kayu Mahoni, sehingga sudah seperti balok kayu Bangkirai utuh.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melaksanakan penelitian di laboratorium, penyusun merasa mendapat cukup banyak tambahan pengetahuan dalam bidang struktur kayu berlapis majemuk.

6.1 Kesimpulan

Dari pelaksanaan penelitian tentang uji kuat lentur balok Hetzer, penyusun dapat mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian didapat tampang II dan III adalah tampang yang optimum. Prosentase penggunaan kayu tampang II sebesar 28,57 % untuk kayu kelas 1 dan 71,43 % untuk kayu kelas 3. Sedangkan untuk tampang III prosentase penggunaan kayu kelas 1 sebesar 28,57 % dan kayu kelas 4 sebesar 71,43 %. Beban yang dapat ditahan sebesar 2866,67 kg untuk tampang II dan 5091,67 kg untuk tampang III.
2. Semakin baik proses pembuatan balok Hetzer, maka akan memberikan kekuatan yang maksimal, baik momen maupun tegangan lenturnya.
3. Penurunan tegangan lentur yang terjadi pada kayu 2 dalam tampang IV bukan merupakan penurunan tegangan lentur ijin, tetapi karena posisi kayu 2 tersebut

terletak pada tengah-tengah tampang, sehingga tegangan lentur yang terjadi pada daerah tersebut relatif mendekati nol.

4. Kerusakan awal yang terjadi pada kayu dengan kelas kuat yang lebih rendah adalah patah geser, tetapi masih mampu menahan beban hingga beban maksimal di mana terjadi kerusakan lentur pada sisi kayu bagian bawah.
5. Pada daerah tumpuan dan daerah beban terpusat terjadi kerusakan pemampatan tampang kayu akibat tertekan beban. Kerusakan ini akan diteruskan ke lapisan kayu di bawahnya pada daerah pembebanan terpusat, dan lapisan kayu di atasnya pada daerah tumpuan.
6. Meskipun pada lapisan tertentu telah terjadi gagal sambung, ternyata masih dapat menahan beban lentur karena gaya geser yang terjadi akan terdistribusi ke masing-masing lapisan yang terpisah, tetapi akan menyebabkan terjadinya lendutan yang semakin besar karena masing-masing lapisan akan bekerja sendiri-sendiri.
7. Meskipun telah terjadi kerusakan pada sisi atas dan sisi bawah akibat lentur, setelah beban dihilangkan, kayu mampu mengurangi lendutan karena sifat elastis yang dimilikinya.
8. Lendutan rata-rata yang terbesar terjadi pada tampang IV, karena kayu pada tampang ini paling elastis dibanding dengan tampang yang lain.

6.2 Saran

Dalam melakukan pembuatan balok Hetzer, untuk lebih menghasilkan suatu balok Hetzer yang baik penyusun dapat memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Pada proses pembuatan balok Hetzer sebaiknya permukaan papan harus benar-benar rata agar didapatkan hasil rekatan yang sempurna.
2. Jika kayu yang digunakan terpaksa harus kayu yang sedikit cacat, usahakan bagian ini diletakkan sedemikian rupa sehingga tidak terletak pada bagian sisi-sisi terluar.
3. Dalam pembuatan perekat, perbandingan campuran yang telah ditentukan oleh pabrik yang memproduksi perekat tersebut harus mendapat perhatian khusus, terutama pada saat pencampuran harus benar-benar homogen.
4. Pada saat pelaburan, perekat harus benar-benar merata keseluruh permukaan kayu.
5. Setelah pengempaan, balok Hetzer sebaiknya diangin-anginkan selama ± 3 hari sebelum digunakan, agar diperoleh hasil rekatan yang sempurna.
6. Balok Hetzer merupakan balok yang tersusun dari papan-papan yang tipis (20mm-30mm), maka kayu-kayu sisa yang memenuhi syarat seperti yang tercantum dalam PKKI 1961 dapat dimanfaatkan.
7. Perlu penelitian yang lebih mendalam tentang balok Hetzer antara lain tentang tegangan geser, tegangan puntir, kekuatan sambungan, biaya, waktu dan lain sebagainya.
8. Karena balok Hetzer ini menggunakan perekat dari jenis Urea Formaldehyda, maka cocok digunakan untuk struktur yang terlindung, dimana warna perlu diutamakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad Antono, 1985, **BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK I**, Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik JTS-FT UGM, Yogyakarta.
2. Frick, Heinz, 1982, **ILMU KONSTRUKSI BANGUNAN KAYU**, Kanisius, Yogyakarta.
3. F.X. Soerjanto Basar Moeljono, 1974, **PENGANTAR PERKAYUAN**, Kanisius, Yogyakarta.
4. K.H. Felix Yap, 1991, **KONSTRUKSI KAYU**, Bina Cipta, Bandung.
5. M. Gere, James., P. Timoshenko, Stephen., Hans. J. Wospakrik, 1987, **MEKANIKA BAHAN**, Erlangga, Jakarta.
6. ———, 1961, **PERATURAN KONSTRUKSI KAYU INDONESIA**, Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
7. Suwarno Wiryomartono, 1976, **KONSTRUKSI KAYU JILID 1**, Bahan Kuliah JTS-FT UGM, Yogyakarta.
8. T.A. Prayitno, 1984, **PEREKATAN KAYU**, Bahan Kuliah Fakultas Kehutanan INSTIPER, Yogyakarta.