

PERPUSTAKAAN FTSP UII	
HADIAH/BELI	
TGL TERIMA :	5 Juni 2004
NO. JUDUL :	001227
NO. INV. :	5120001227001
NO. INDUK :	

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI
UJI KUAT LENTUR PADA BALOK PAPAN PRISMATIS
TEGAK LURUS SERAT DAN DIAGONAL SERAT
DENGAN PENGAKU



Diselesaikan Oleh :

Purwono yudho

No.Mhs : 97511336

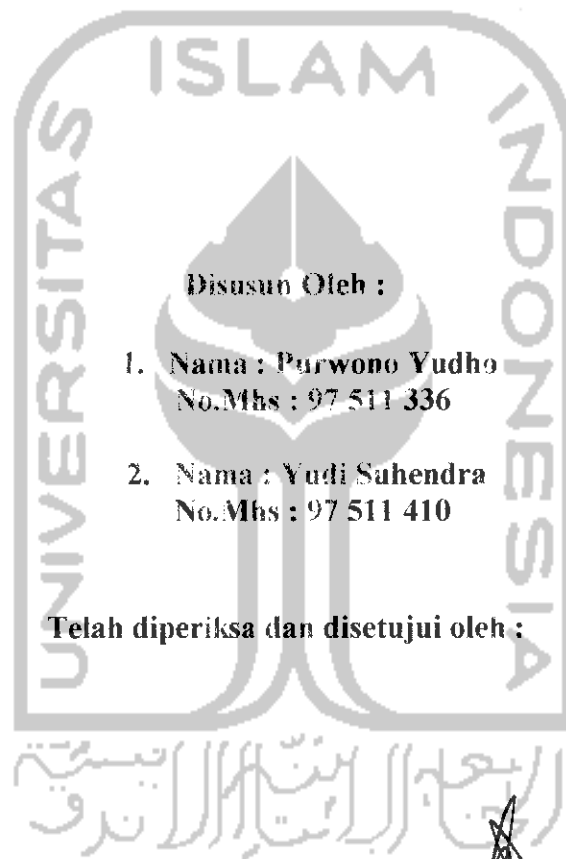
Yudi Suhendra

No.Mhs : 97511410

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2004

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI KOMPARASI
UJI KUAT LENTUR PADA BALOK PAPAN PRISMATIS
TEGAK LURUS SERAT DAN DIAGONAL SERAT
DENGAN PENGAKU**



Disusun Oleh :

1. Nama : Purwono Yudho
No.Mhs : 97 511 336
2. Nama : Yudi Suhendra
No.Mhs : 97 511 410

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir.H. Tadjuddin BMA, MT.
Dosen Pembimbing I

Tanggal : 2-4-04

Ir.H. Suharyatmo, MT.
Dosen Pembimbing II

Tanggal

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr.wb.

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar tanpa hambatan yang cukup berarti.

Tugas akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat dalam rangka menempuh jenjang Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini telah banyak diperoleh bantuan, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Ir.H. Widodo,MSCE,PhD , selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir.H. Munadhir,MS , selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir.H.Tadjuddin BMA,MT , selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ide-ide dasar dan bimbingannya hingga selesainya penelitian penulis.
4. Bapak Ir.H. Suharyatmo,MT , selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan ide-ide dasar dengan penuh kesabaran dan ketekunan telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Manfaat Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
BAB III LANDASAN TEORI	6
3.1 Balok.....	6
3.2 Balok Papan Profil I dengan paku.....	8
3.3 Kekuatan Balok Papan.....	9
3.3.1 Kekuatan pada Elemen Sayap.....	10
3.3.2 Kekuatan pada Elemen Badan.....	12
3.4 Kekuatan lentur Batas pada Gelagar.....	12
3.5 Hubungan Beban-Lendutan.....	13
3.6 Hubungan Momen-Kelengkungan.....	16
3.7 Daktilitas.....	19

BAB IV METODE PENELITIAN	21
4.1 Tinjauan Umum.....	21
4.2 Persiapan Bahan dan Alat.....	21
4.2.1 Bahan.....	21
4.2.2 Alat yang digunakan.....	22
4.3 Model Benda Uji.....	26
4.4 Pembuatan Benda uji.....	27
4.5 Jumlah Benda Uji.....	28
4.6 Pengujian Benda Uji.....	29
4.6.1 Pengujian Kuat Tarik Kayu.....	29
4.6.2 Pengujian Geser Sejajar Serat Kayu.....	29
4.6.3 Pengujian Desak Kayu.....	29
4.6.4 Pengujian Kuat Lentur.....	30
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
5.1 Hasil penelitian.....	32
5.1.1 Hasil Uji Kuat Geser Kayu // Serat.....	32
5.1.2 Hasil Uji Kuat Tarik Kayu // Serat.....	33
5.1.3 Hasil Uji Kuat Desak Kayu // Serat.....	35
5.1.4 Hasil Uji Kuat Lentur Balok.....	40
5.1.4.1 Hubungan Beban-Lendutan.....	40
5.1.4.2 Hubungan Momen-Kelengkungan.....	49
5.1.4.3 Analisa Kerusakan pada Sampel Uji.....	54
5.2 Pembahasan.....	54
5.2.1 Kuat Geser kayu // Serat, Kuat Tarik kayu // Serat, Kuat Desak // Serat Berdasarkan PPKI.....	54
5.2.2 Kuat Lentur Balok berdasar Hubungan beban- Lendutan.....	55
5.2.3 Daktilitas Simpangan ditinjau dari Hubungan Beban-Lendutan.....	57
5.2.4 Kuat Lentur balok Ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan.....	57
5.2.5 Daktilitas Kelengkungan ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan.....	59

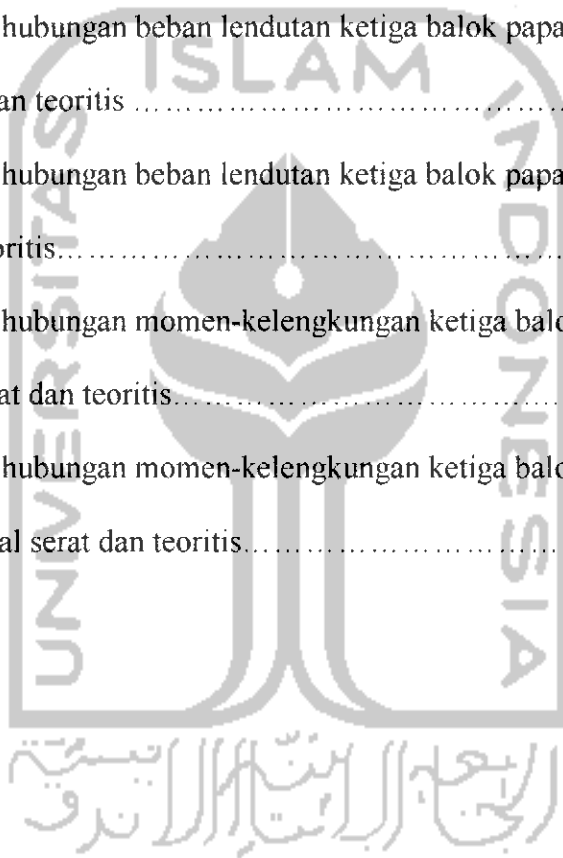
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1 Kesimpulan.....	60
6.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	63



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Balok sederhana dengan pembebanan merata.....	6
Gambar 3.2 Distribusi tegangan lentur pada berbagai tahap pembebanan.....	7
Gambar 3.3 Balok papan profil I dengan paku.....	9
Gambar 3.4 Diagram tegangan desak yang diijinkan dan sudut arah gaya.....	10
Gambar 3.5 Perilaku elemen sayap.....	10
Gambar 3.6 Pelat yang ditekan merata.....	11
Gambar 3.7 Perilaku elemen badan.....	12
Gambar 3.8 Balok sederhana dengan pembebanan titik.....	14
Gambar 3.9 Grafik hubungan beban-lendutan pada balok.....	15
Gambar 3.10 Deformasi segmen balok dalam lenturan.....	16
Gambar 3.11 Distribusi regangan pada penampang balok.....	17
Gambar 3.12 Kurva lendutan.....	18
Gambar 4.1 Universal testing material shimatsu umh 30.....	22
Gambar 4.2 Bentuk fisik loading frame.....	23
Gambar 4.3 Dukungan rol dan sendi.....	24
Gambar 4.4 Dial Gauge.....	25
Gambar 4.5 Dongkrak hidrolik.....	26
Gambar 4.6 Model benda uji.....	27
Gambar 4.7 Perletakan benda uji.....	31
Gambar 5.1 Bentuk benda uji geser kayu// serat.....	32
Gambar 5.2 Bentuk sampel uji tarik kayu // serat.....	33
Gambar 5.3 Bentuk sampel uji desak kayu // serat.....	36
Gambar 5.4 Grafik tegangan – regangan sampel 1.....	37

Gambar 5.5	Grafik tegangan – regangan sampel 2.....	38
Gambar 5.6	Grafik tegangan - regangan sampel 3.....	39
Gambar 5.7	Perletakan benda uji.....	42
Gambar 5.8	Grafik hubungan beban lendutan ketiga balok papan tegak lurus Serat	45
Gambar 5.9	Grafik hubungan beban lendutan ketiga balok papan diagonal serat....	46
Gambar 5.10	Grafik hubungan beban lendutan ketiga balok papan tegak lurus serat dan teoritis	47
Gambar 5.11	Grafik hubungan beban lendutan ketiga balok papan diagonal serat dan teoritis.....	48
Gambar 5.12	Grafik hubungan momen-kelengkungan ketiga balok papan tegak lurus serat dan teoritis.....	53
Gambar 5.13	Grafik hubungan momen-kelengkungan ketiga balok papan diagonal serat dan teoritis.....	53



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Tegangan yang diijinkan untuk kayu.....	8
Tabel 3.2 Modulus kenyal (E) kayu sejajar serat.....	8
Tabel 5.1 Ukuran sampel uji dan hasil uji geser kayu // serat.....	33
Tabel 5.2 Ukuran sampel uji tarik kayu // serat.....	34
Tabel 5.3 Hasil uji tarik kayu // serat	35
Tabel 5.4 Ukuran sampel uji desak kayu // serat.....	36
Tabel 5.5 Hasil uji desak kayu // serat sampel 1.....	37
Tabel 5.6 Hasil uji desak kayu // serat sampel 2	38
Tabel 5.7 Hasil uji desak kayu // serat sampel3.....	39
Tabel 5.8 Hasil analisis uji desak kayu // serat	40
Tabel 5.9 Benda uji balok papan prismatis	41
Tabel 5.10 Hasil uji balok papan tegak lurus serat dengan $a/h=1,0$ sampel 1.....	42
Tabel 5.11 Hasil uji balok papan tegak lurus serat dengan $a/h= 1,0$ sampel 2.....	42
Tabel 5.12 Hasil uji balok papan tegak lurus serat dengan $a/h = 1,0$ sampel 3.....	43
Tabel 5.13 Hasil uji balok papan diagonal serat dengan $a/h = 1,0$ sampel 4.....	43
Tabel 5.14 Hasil uji balok papan diagonal serat dengan $a/h = 1,0$ sampel5.....	44
Tabel 5.15 Hasil uji balok papan diagonal serat dengan $a/h = 1,0$ sampel 6.....	44
Tabel 5.16 Hasil perhitungan secara teoritis	46
Tabel 5.17 Analisa kekakuan balok dari data hubungan beban-lendutan	48
Tabel 5.18 Analisa daktilitas lendutan dari data hubungan beban-lendutan.....	48
Tabel 5.19 Momen kelengkungan hasil penelitian pada sampel 1.....	49
Tabel 5.20 Momen kelengkungan hasil penelitian pada sampel 2.....	50

Tabel 5.22 Momen kelengkungan hasil penelitian pada sampel 4.....	51
Tabel 5.23 Momen kelengkungan hasil penelitian pada sampel 5.....	51
Tabel 5.24 Momen kelengkungan hasil penelitian pada sample 6.....	52
Tabel 5.25 Analisa kekakuan dari data hubungan momen-kelengkungan	53
Tabel 5.26 Analisa daktilitas kelengkungan dari data hubungan momen -kelengkungan	54
Tabel 5.27 Hasil analisa pengujian benda uji.....	55
Tabel 5.28 Hasil analisa modulus elastisitas	55



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kartu peserta tugas akhir
- Lampiran 2 Perhitungan jumlah paku
- Lampiran 3 Perhitungan beban teoritis



DAFTAR SIMBOL

a	: jarak antar pengaku, cm
A	: luas penampang, cm ²
A _f	: luas sayap, cm ²
A _w	: luas badan, cm ²
b	: lebar pelat sayap, cm
E	: modulus elastisitas, kg/cm ²
σ	: tegangan, kg/cm ²
F _{cr}	: tegangan kritis balok, kg/cm ²
h	: tinggi pelat badan, cm
I	: momen inersia, cm ⁴
k	: koefisien tekuk
L	: panjang balok, cm
M	: momen, kg.cm
P	: beban, kg
t	: tebal pelat sayap, cm
t _w	: tebal pelat badan, cm
ε	: regangan
Φ	: kelengkungan, 1/cm
μ	: rasio Poisson, daktilitas
π	: konstanta, 3,14
θ	: sudut kemiringan lengkung kenyal, °
ρ	: jari-jari kelengkungan, cm
σ	: tegangan normal kayu, kg/cm ²
τ	: tegangan geser kayu, kg/cm ²
Δ	: lendutan, cm

ABSTRAK

Seperti yang diketahui negara Indonesia merupakan daerah tropis sangat kaya dengan kayu. Kayu mempunyai ukuran yang sangat terbatas dan biasanya hanya digunakan untuk struktur yang berbentuk pendek. Untuk struktur bentang panjang digunakan batang-batang tersusun. Sedangkan untuk menahan lentur dan meningkatkan kemampuan kayu sebagai struktur bentang panjang adalah dengan menggunakan balok papan. Balok papan cukup menarik untuk diteliti karena disatu sisi mempunyai nilai inersia yang cukup besar sehingga diharapkan memiliki kapasitas momen lentur yang relatif besar, tetapi disisi lain mempunyai rasio kelangsingan elemen yang cukup besar sehingga terjadi tekuk pada pelat badannya. Untuk mengurangi akibat tekuk tersebut maka balok papan tersebut diberi pengaku transfel, dan diharapkan struktur menjadi kaku dan kuat.

Berdasarkan hal diatas maka penelitian ini merupakan salah satu usaha untuk mengetahui perilaku balok papan prismatis tegak lurus serat dan diagonal serat dengan pengaku yang dapat dilihat dari hubungan momen kelengkungan serta mengetahui seberapa besar kuat lentur dari balok papan prismatis tersebut.

Dalam penelitian ini data yang diperlukan diperoleh dari data hasil uji yang dilakukan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik dan Laboratorium Mekanika Rekayasa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Data hasil uji Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik berupa data hasil uji geser, Uji tarik dan uji desak. Dari hasil tersebut didapat kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sample. Sedangkan data hasil uji Laboratorium Mekanika Rekayasa berupa data beban lendutan yang kemudian data tersebut dianalisis untuk memperoleh grafik hubungan momen-kelengkungan.

Adapun hasil analisis pengujian benda uji didapatkan modulus elastisitas termasuk kelas kuat kayu 1 sedangkan tegangan tarik, tegangan geser dan tegangan desak termasuk kelas kuat 2, maka dapat ditarik kesimpulan benda uji yang digunakan termasuk kelas kuat 2 menurut PKKI. Kuat lentur paling besar yang dialami oleh balok papan tegak lurus serat dan diagonal serat pada beban sebesar 5600 kg. Lendutan paling panjang terjadi pada balok papan diagonal serat sebesar 7,170 cm. Untuk momen paling besar yang dialami oleh balok papan tegak lurus serat dan diagonal sebesar 16800 kg cm. Dengan momen yang sama besar didapatkan kelengkungan paling panjang terjadi pada balok papan diagonal.

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut arah serat maka semakin besar nilai kekakuannya. Sedangkan untuk kekuatan menahan beban (P) mengalami penurunan seiring dengan besarnya sudut arah serat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seperti yang di ketahui negara Indonesia merupakan daerah tropis, dan sangat kaya dengan kayu. Kayu sebagai bahan konstruksi banyak digunakan di Indonesia, antara lain untuk keperluan bangunan gedung, rumah tinggal, jembatan. Secara tradisional, kayu telah dipakai untuk berbagai keperluan masyarakat. Dalam perkembangan teknologi bahan bangunan, kayu tetap menunjukkan keandalannya. Kayu mudah dalam pelaksanaan pekerjaannya. Ditinjau dari struktur, bangunan kayu lebih aman terhadap bahaya gempa, dan ditinjau dari segi arsitektur bangunan kayu mempunyai nilai estetika yang tinggi. Sebagai bahan bangunan yang dapat dibudidayakan, kayu menjadi bahan bangunan yang relatif ekonomis.

Kayu mempunyai ukuran yang sangat terbatas, dan biasanya hanya digunakan untuk struktur yang berbentuk pendek. Untuk struktur lentur bentang panjang digunakan batang-batang tersusun, untuk menahan lentur dan meningkatkan kemampuan kayu sebagai struktur bentang panjang adalah dengan menggunakan balok papan.

Balok papan yang elemen penampangnya disusun sedemikian rupa, yang terdiri dari sayap atas, sayap bawah dan badan cukup menarik untuk diteliti karena

di satu sisi mempunyai nilai inersia yang cukup besar sehingga diharapkan memiliki kapasitas momen lentur yang relatif besar, tetapi di sisi lain mempunyai rasio kelangsingan elemen yang cukup besar sehingga terjadi tekuk (*buckling*) pada plat badannya. Untuk menekan bahaya tekuk tersebut maka balok papan tersebut diberi pengaku transversal, dan diharapkan struktur menjadi kaku (*rigid*) dan kuat. Untuk mendapatkan kekuatan yang optimal maka jarak antar pengaku ini harus didesain dengan tepat.

Berdasarkan hal diatas maka dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi komperasi uji kuat lentur balok papan prismatis tegak lurus serat dan diagonal serat dengan pengaku.

1.2. Manfaat Penelitian

Untuk mengetahui kuat lentur dari balok papan prismatis tegak lurus serat dan diagonal serat dengan pengaku serta meningkatkan kemampuan kayu sebagai bahan kontruksi dengan menggunakan balok papan tegak lurus serat dan diagonal serat sebagai komponennya.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan kuat lentur dari balok papan prismatis
2. Mempelajari perilaku balok papan prismatis dari hubungan momen-kelengkungan.

1.4. Rumusan Masalah

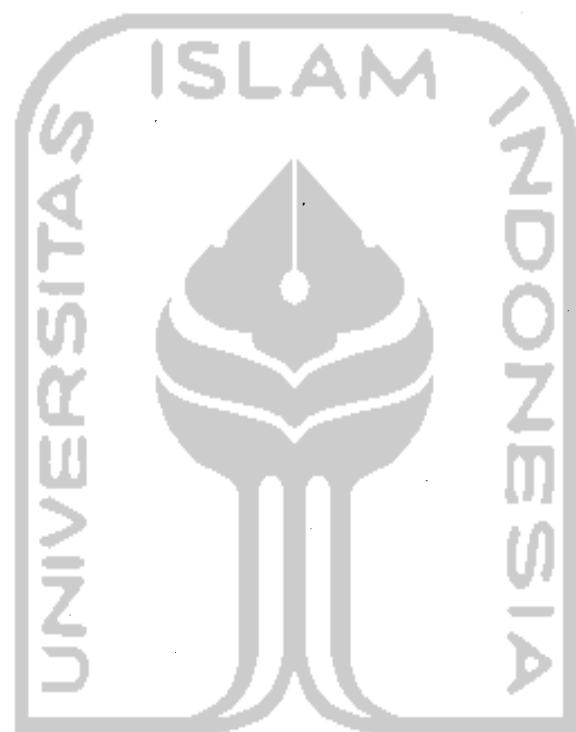
Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Nilai kuat lentur balok papan yang aktual
2. Kerusakan yang terjadi akibat gaya geser pada balok papan

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Kayu yang dipakai adalah kayu kruing termasuk kelas kuat 2 dengan berat jenis $0,79 \text{ g/cm}^3$
2. Alat sambung menggunakan paku dengan ukuran 2" BWG 12, diameter 2.77 mm
3. Profil yang dipakai adalah penampang dengan bentuk I
4. Benda yang diuji terdiri dari 2 Variasi yaitu searah serat dan diagonal serat, masing – masing variasi ada 3 sampel dengan rasio jarak antar pengaku (a/h) = 1,0



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Berikut ini merupakan hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian kami, yaitu :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Ade Mujtahid dan Rudy H (2000) dalam tugas akhirnya menerangkan bahwa perilaku balok papan prismatis adalah rasio jarak antar pengaku (a/h) = 0,5 penurunan kekakuan balok papan sebesar 57,13 %, factor kekakuan balok (EI) sebesar 69,77 %, penurunan momen sebesar 69,77 % dan daktilitas yang terjadi sebesar 57,13 % mengakibatkan kerusakan pada balok papan dan pengaku transversal adalah badan akibat gaya geser.

Perbedaan penelitian tersebut diatas dengan penelitian kami yaitu arah serat pada badan balok. Sedangkan persamaan penelitian tersebut diatas dengan penelitian kami adalah sama-sama menggunakan pengaku.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Etty Dwi Suryani dan Ani Sumaryanti (2001) dalam tugas akhirnya menerangkan bahwa kekakuan dari balok papan non-prismatis dipengaruhi oleh rasio tinggi haunchesnya (h/H) = 0,5 adalah 33,58 %, penurunan momen sebesar 13,697 %, factor kekakuan balok (EI) sebesar 25,806 % dan daktilitas yang terjadi sebesar 25,806 %.

Mengakibatkan kerusakan pada balok papan dan pengaku transversal adalah badan akibat gaya geser.

Perbedaan penelitian tersebut diatas dengan penelitian kami yaitu perilaku balok yang kami teliti adalah perilaku balok prismatis dan tidak menggunakan haunches.



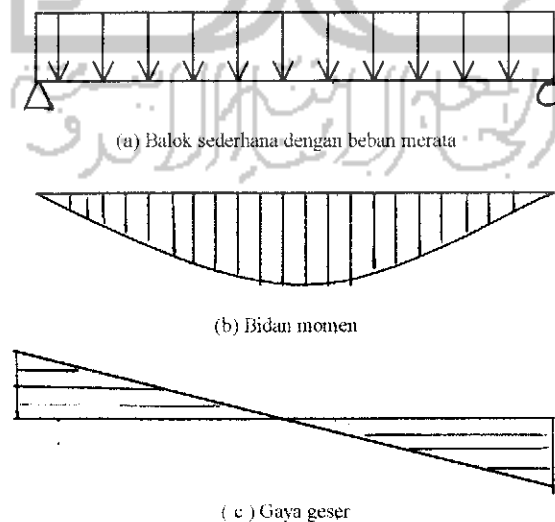


BAB III

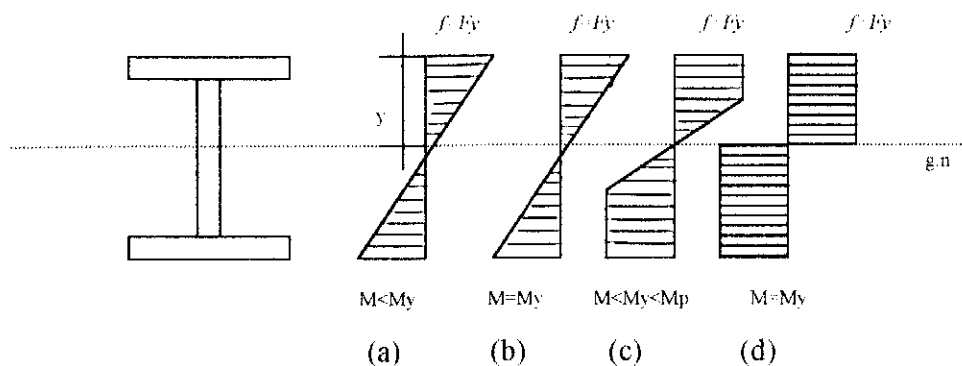
LANDASAN TEORI

3.1 Balok

Pada dasarnya, komponen struktur yang mengalami lentur banyak dijumpai sebagai balok maupun gelagar. Balok gelagar yang mengalami beban momen positif akan mengalami tegangan desak pada tepi atas dan tarik pada tepi bawah. Selain itu, akibat beban, balok juga mengalami lendutan. Sebagai contoh adalah balok dengan tumpuan sederhana dengan penampang bentuk I yang dibebani secara merata, seperti terlihat pada (Gambar 3.1a), akibat beban tersebut balok akan menerima momen (Gambar 3.1b) dan gaya geser (Gambar 3.1c), akibat momen maka serat bagian atasnya akan mengalami tekan dan serat bagian bawah mengalami tarik atau balok mengalami lentur.



Gambar 3.1. Balok sederhana dengan pembebanan merata



Gambar 3.2. Distribusi tegangan lentur pada berbagai tahap pembebanan

Distribusi tegangan pada penampang balok yang mengalami peningkatan momen lentur ditunjukkan pada gambar 3.2. Momen lentur dengan beban layanan, penampang bersifat elastik (Gambar 3.2a), dan kondisi elastik akan terjadi sampai tegangan pada serat terluar mencapai tegangan leleh F_y (Gambar 3.2b). Dalam keadaan masih elastis, distribusi tegangan lentur pada penampang balok adalah linier. Tegangan pada serat letaknya y dari sumbu netral adalah

$$f = \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.1)$$

dengan : f = tegangan yang terjadi pada serat yang ditinjau (kg/cm^2)

y = jarak serat yang ditinjau dari sumbu netral (cm)

I = momen inersia penampang (cm^4)

M = momen pada penampang yang ditinjau (kgcm)

Tegangan maksimum akibat momen terjadi pada serat terluar yaitu serat yang terletak terjauh dari sumbu netral. Tegangan maksimum mulai terjadi pada elemen badan, sehingga penampang mengalami kondisi plastik dan elastik (Gambar 3.2c). Akibat pembebanan beban, akan tercapai keadaan dimana seluruh serat mengalami tegangan sebesar tegangan maksimum. Dalam keadaan ini serat berada pada kondisi plastis (Gambar 3.2d).

Untuk keperluan perencanaan suatu konstruksi perlu diketahui tegangan ijin modulus kenyal bagi setiap macam kayu. Dibawah ini diberikan daftar tegangan ijin dan modulus kenyal untuk kayu yang dikutip dari PKKI.

Tabel 3.1 Tegangan yang diijinkan untuk kayu

	Kelas Kuat				
	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV	Kelas V
$\bar{\sigma}_{11}$ (kg/cm ²)	150	100	75	50	-
$\bar{\sigma}_{k_{ij}} = \sigma_{r_{ij}}$ (kg/cm ²)	130	85	60	45	-
$\bar{\sigma}_{k_{\perp}}$ (kg/cm ²)	40	25	15	10	-
$\bar{\epsilon}_{\perp}$ (kg/cm ²)	20	12	8	5	-

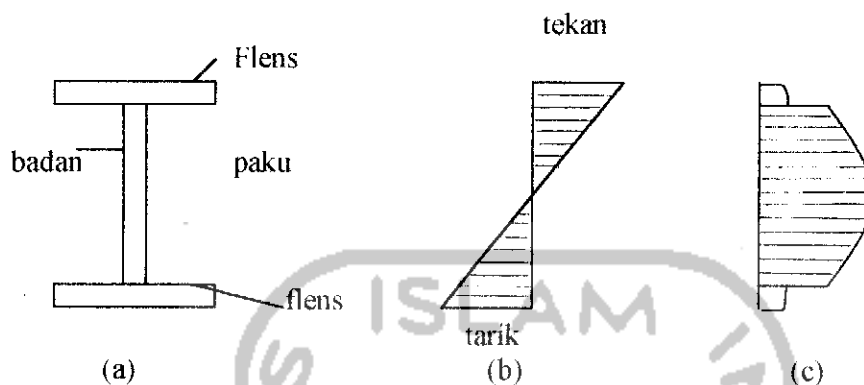
Tabel 3.2 Modulus kenyal (E) kayu sejajar serat

Kelas kuat kayu	E (kg/cm ²)
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

3.2. Balok Papan Profil I dengan Paku

Dapat dilihat dari persamaan 3.1 ternyata balok profil I lebih hemat dari pada balok segiempat. Jika dibanding dengan balok segiempat, maka balok I mempunyai momen inersia yang lebih besar, dengan luas penampang yang sama. Dengan demikian, profil I lebih besar tahanan momennya dibanding profil segiempat.

Dalam penelitian ini dicari perilaku balok papan prismatis yang disusun membentuk penampang I dengan menggunakan paku (Gambar 3.3a).

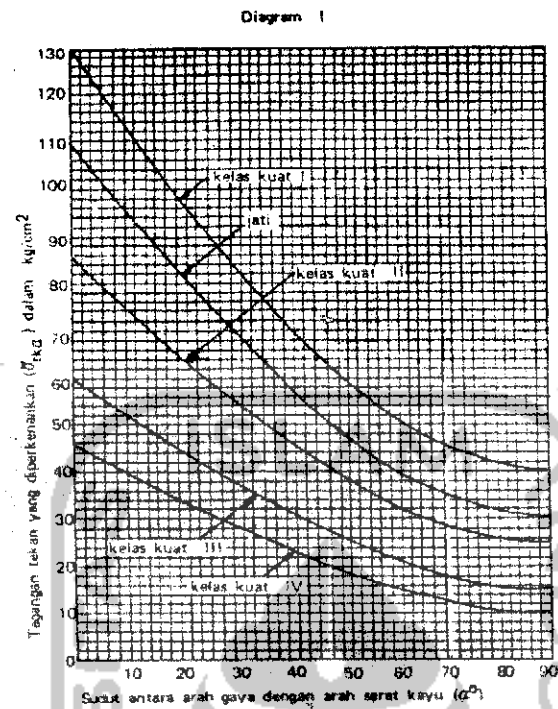


Gambar 3.3. Balok Papan Profil I dengan Paku

3.3. Kekuatan Balok Papan

Balok papan merupakan profil built-up yang tersusun dari elemen pelat, yaitu pelat sayap dan pelat badan, sehingga kekuatan penampang balok tersebut didasarkan atas rasio kerampingan keseluruhan, yang hanya dapat terpenuhi bila elemen pelat tidak mengalami tekuk lokal. Apabila terjadi tekuk lokal pada elemen pelat dapat menyebabkan terjadinya kegagalan premature pada keseluruhan penampang.

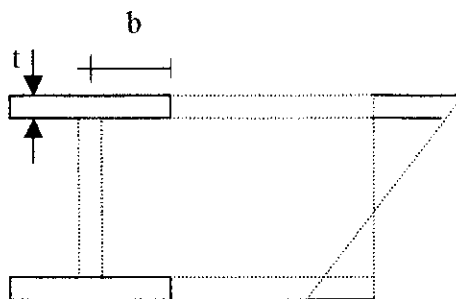
Pada balok papan akan mengalami gaya geser pada pembebanan yang terjadi dikarenakan arah serat, maka arah serat sangat berpengaruh pada beban lentur dan gaya aksial pada batang yang seratnya miring, penyimpangan arah gaya terhadap arah serat kayu juga dapat terjadi karena beban membentuk sudut α terhadap serat kayu (Gambar 3.4)



Gambar 3.4 Diagram Tegangan Desak yang Diijinkan dan Sudut Arah Gaya

3.3.1. Kekuatan Pada Elemen Sayap

Balok papan dengan profil I yang terbuat dari pelat terdiri dari dua elemen yaitu sayap atas yang menahan tekan dan sayap bawah yang menahan tarik (Gambar 3.5). Pada elemen sayap terlihat bahwa tumpuannya terletak ditengah pelat sayap, sehingga dalam perhitungannya nanti lebar sayap (b) dihitung setengahnya.



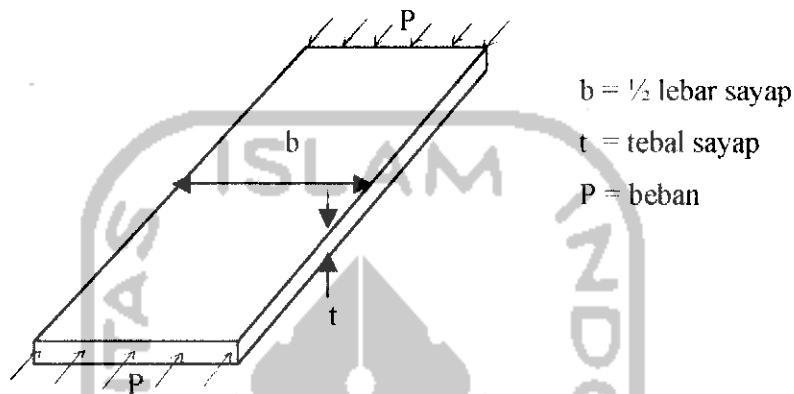
$$b = \frac{1}{2} \text{ lebar sayap}$$

$$t = \text{tebal sayap}$$

Gambar 3.5 Perilaku Elemen Sayap

1. Tekuk Elastis pada Pelat Sayap

Pelat yang mengalami tekanan, seperti pada elemen sayap tekan, perilakunya sama dengan kolom. Tekuk pelat yang mengalami tekanan merata ditunjukkan pada Gambar 3.6.



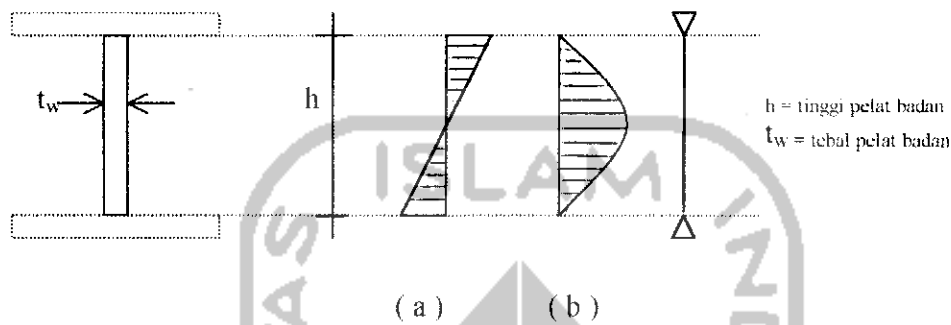
Gambar 3.6 Pelat yang ditekan merata

2. Tekuk Vertikal Pada Pelat Sayap

Batas maksimum pada kerampingan pelat badan h/t_w akan didasarkan pada kekakuan yang dibutuhkan oleh pelat badan untuk mencegah sayap tekan mengalami tekuk secara vertikal. Dalam hal ini diasumsikan pelat sayap merupakan batang tekan yang independen dari bagian gelagar lainnya. Suatu gelagar yang melengkung dan komponen-komponen gaya pada sayap, yang menyebabkan gaya tekan pada pinggir-pinggir badan balok yang berdekatan dengan sayap tersebut, bila badan balok tetap stabil saat terkena komponen-komponen gaya tersebut, maka badan tidak mengalami tekuk vertikal.

3.3.2. Kekuatan Pada Elemen Badan

Balok papan dengan pengaku pada balok papan akan mengalami lentur (Gambar 3.7a) dan geser (Gambar 3.7b).



Gambar 3.7 Perilaku elemen badan

Selain menahan lentur, elemen badan juga menahan sebagian besar geser. Karena balok papan memiliki pelat badan yang tipis, maka stabilitas balok papan merupakan hal utama yang harus diperhatikan.

3.4. Kekuatan Lentur Batas Pada Gelagar

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh *John E. Charles G. Salmon dan Johnson* dengan bahan penelitiannya adalah baja profil I dengan mutu baja A36, badan akan tertekuk akibat tegangan lentur.

Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, tekuk seperti ini tidak menyebabkan gelagar kehilangan daya gunanya. Kapasitas momen batas gelagar yang tinggi merupakan fungsi dari :

$$M_u = f \left\{ \frac{h}{t_w}, \frac{L}{r_y}, \frac{b}{t}, \frac{A_w}{A_f} \right\} \quad (3.2)$$

Dimana :

h/t_w = menentukan ketidakstabilan badan (tekuk lentur)

L/r_y = menentukan ketidakstabilan lateral pada sayap (tekuk puntir lateral)

B/t_f = menentukan tekuk setempat (atau tekuk puntir) pada sayap

A_w/A_f = menentukan pengaruh puna tekuk badan pada sayap

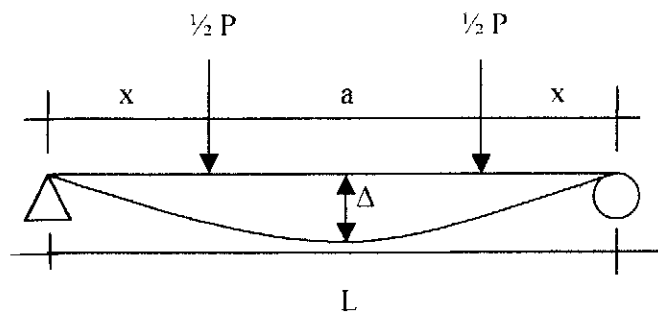
Dengan anggapan bahwa tekuk puntir lateral dan tekuk lokal dicegah seperti anggapan yang digunakan, variabel dari fungsi di atas menjadi :

$$M_u = f \left\{ \frac{h}{t_w}, \frac{A_w}{A_f} \right\} \quad (3.3)$$

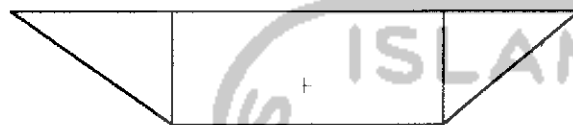
3.5. Hubungan Beban-Lendutan

Apabila balok diberi beban maka akan menyebabkan lentur, sehingga balok akan mengalami lendutan. Meskipun sudah dicek aman terhadap lentur dan geser, suatu balok bisa tidak layak apabila balok terlalu fleksibel. Lendutan yang terlihat dengan mata dapat mengurangi keyakinan terhadap kekuatan lentur.

Lynn S. Beedle (1958) menyimpulkan bahwa balok dukungan sederhana yang diberi beban memiliki satu titik yang momennya maksimum. Makin besar beban yang diberikan, makin besar pula momennya. Jika beban besar, material akan terdeformasi semakin cepat dan defleksinya juga akan semakin besar dan balok akan mengalami geser. Mekanika balok yang dibebani ditunjukkan pada Gambar 3.8



(a) Lendutan balok



(b) Diagram momen

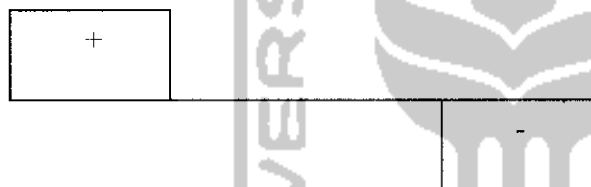
P – beban (kg)

a = jarak beban (cm)

 Δ = lendutan balok (cm)

L = panjang balok (cm)

x = jarak beban ketumpuan (cm)



(c) Diagram geser

Gambar 3.8 Balok sederhana dengan pembebanan titik

Hubungan beban-lendutan ini ditunjukkan oleh :

M = momen akibat pembebanan gaya luar

m = momen akibat pembebanan 1 satuan

$$\Delta = \int \frac{M \cdot m}{EI} dx$$

Untuk bentuk pembebanan seperti gambar 3.8 maka rumus lendutan diatas

menjadi :

$$\Delta = \frac{P.L^3}{25.E.I} \quad (3.4)$$

dengan : Δ = lendutan

M = momen

E = modulus elastisitas

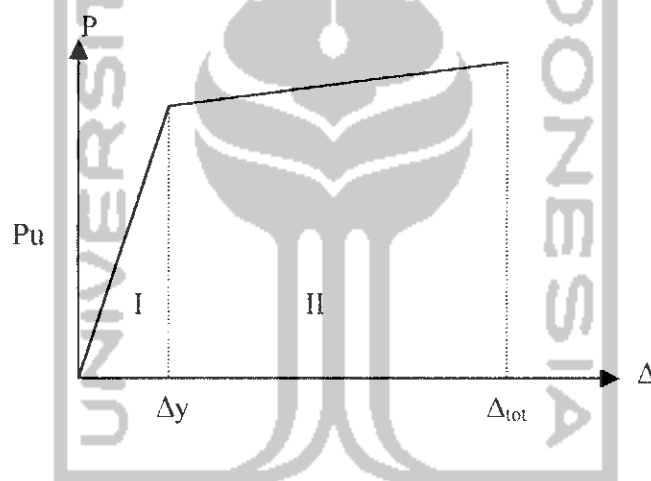
x = jarak bidang momen ketitik lendutan yang dicari

I = momen inersia penampang

Φ = luas bidang momen

Adapun penjabaran dari rumus 3.4 dapat dilihat pada lampiran.

Hubungan beban-lendutan pada balok yang dibebani lentur dapat disederhanakan menjadi bentuk bi-linier, yang ditunjukkan dengan Gambar 3.9

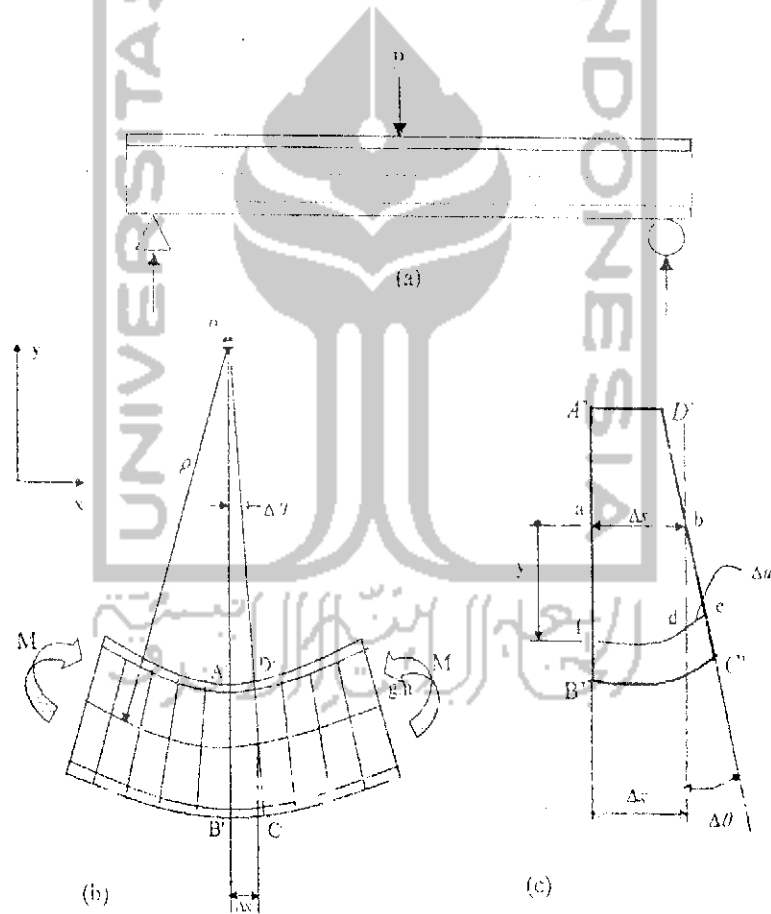


Gambar 3.9 Grafik hubungan beban-lendutan pada balok

Pada daerah I, yaitu daerah praretak, balok masih bersifat elastis penuh. Tegangan lentur yang terjadi kurang dari kuat lentur kayu. Kekakuan lentur EI masih mengikuti E kayu dan momen penampang balok kayu. Pada daerah II, yaitu daerah pasca layan, tegangan pada daerah ini mencapai tegangan maksimum. Pada daerah ini, diagram lendutannya lebih landai daripada daerah-daerah sebelumnya. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya kekakuan lentur akibat bertambahnya jumlah dan lebar retak di sepanjang bentang.

3.6. Hubungan Momen-Kelengkungan

Perilaku struktur yang mengalami lentur dapat diketahui dari hubungan momen kelengkungan (*momen curvature*) yang menggambarkan perilaku balok pada berbagai kondisi, yaitu saat kondisi elastis, leleh, elastis-plastis dan plastis. Gambar 3.16a adalah sebuah balok sederhana dengan penampang I yang menerima beban terpusat P , dengan anggapan sebelum beban P bekerja balok dalam keadaan lurus. Setelah beban P bekerja, balok menerima momen sehingga balok melengkung dengan jari-jari kelengkungan ρ (Gambar 3.10b).



Gambar 3.10 Deformasi segmen balok dalam lenturan (PKKI 1961)

Dalam pandangan yang diperbesar dari elemen A'B'C'D dalam Gambar 3.10c, dapat dilihat bahwa dalam balok yang melentur, sudut yang termasuk antara dua irisan yang berdampingan adalah $\Delta\theta$. Jika y adalah jarak serat yang diregangkan ke garis netral, maka deformasi Δu dari setiap serat dinyatakan :

$$\Delta u = y\Delta\theta \quad (3.5)$$

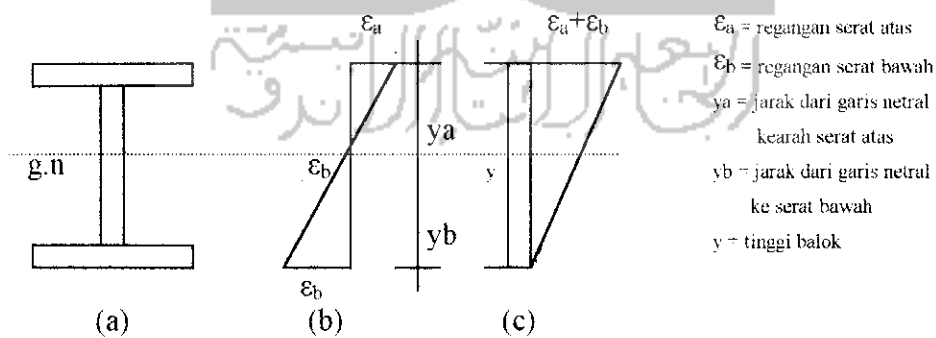
Dengan substitusi persamaan tersebut, maka didapat hubungan antara kurva elastis dan regangan linier, yaitu

$$\theta = \frac{l}{\rho} = \frac{\epsilon}{y} \quad (3.6)$$

Karena sifat bahan tidak diperhitungkan, maka kelengkungan pada persamaan 3.10 digunakan untuk semua keadaan.

Kelengkungan pada balok dapat diperoleh dengan dua cara, yaitu :

1. Mengukur regangan yang terjadi pada penampang balok, yaitu dengan strain gauge. Distribusi regangan pada penampang balok dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Distribusi regangan pada penampang balok

Maka kelengkungannya adalah :

$$\phi = \frac{\delta a}{y_a} = \frac{\delta b}{y_b} \quad (3.7)$$

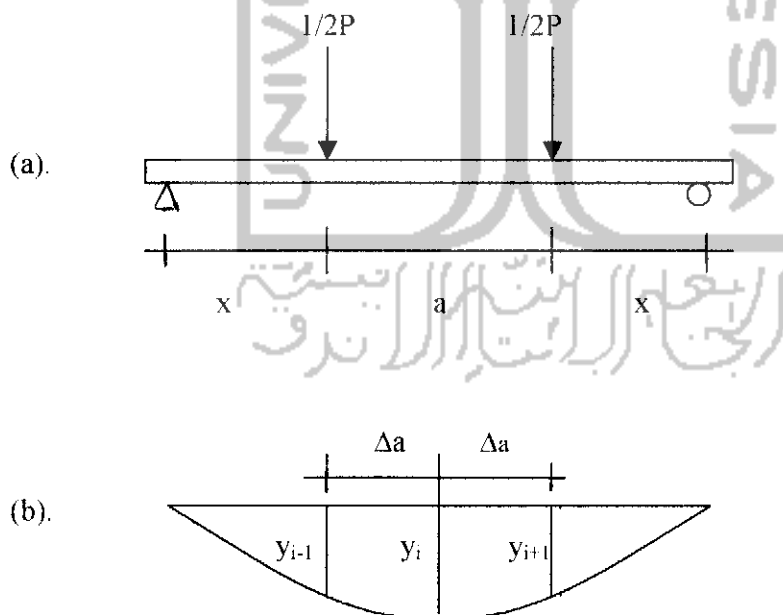
Dengan demikian kelengkungan dirumuskan :

$$\phi = \frac{\delta a + \delta b}{y_a + y_b} \quad (3.8)$$

Karena letak garis netral berubah-ubah, maka rumus ini kurang optimum untuk menghitung kelengkungan balok.

2. Mengukur defleksi minimal 3 titik diskrit pada balok.

Dengan pengujian kuat lentur balok didapat defleksi pada titik-titik diskrit, yaitu y_i, y_{i+1}, y_{i-1} , dengan jarak sama sebesar Δx . Pendekatan kemiringan kurva menggunakan metode *Central Difference*.



Gambar 3.12 Kurva Lendutan

Dari Gambar 3.12 didapat kelengkungan yaitu

$$\Phi = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{\Delta x^2} \quad (3.9)$$

Sedangkan hubungan momen kelengkungan dan factor kekakuan lentur (EI)

sebagai

$$\Phi = \frac{M}{EI} \quad (3.10)$$

Dimana : M = momen

I = momen inersia

E = modulus elastisitas

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari momen (M) adalah :

$$M = \frac{1}{2} P(x + 0.5a) - \frac{1}{2} P \cdot 0.5a \quad (3.11)$$

3.7 Daktilitas

Prosedur dari suatu perencanaan biasanya selalu didasarkan pada kekuatan ultimit yang membutuhkan kesatuan daktalitas yang besar, terutama untuk memperbaiki tegangan-tegangan dekat lubang atau perubahan yang mendadak pada bentuk batang, seperti untuk perencanaan sambungan.

Kekakuan inelastis yang daktil bisa meningkatkan beban yang mampu dipikul batang disbanding dengan beban yang ditahan jika struktur tetap dalam keadaan elastis. Bila seluruh tinggi balok meleleh, diperoleh batas atas dari kekuatan momen yang disebut kekuatan plastis.

Proses pembebanan diluar daerah elastis akan menyebabkan perubahan pada daktalitasnya. Sedangkan daktalitas itu sendiri dirumuskan :

$$\text{Daktalitas} = \frac{\varepsilon_{tot}}{\varepsilon_y} \quad (3.12)$$

dimana : ε_{tot} = regangan total

ε_y = regangan pada saat leleh pertama

Dalam penelitian, setelah didapat besarnya lendutan dari hubungan beban-lendutan, maka daktalitas simpangan dapat dicari dengan :

$$\mu_{simpangan} = \frac{\Delta_{tot}}{\Delta_y} \quad (3.13)$$

dimana : $\mu_{simpangan}$ = daktalitas simpangan

Δ_{tot} = lendutan total

Δ_y = lendutan pada beban maksimum

Sedangkan daktalitas kelengkungan diperoleh dari hubungan momen-kelengkungan, yaitu perbandingan antara Φ_{tot} dan Φ_y , yang dirumuskan :

$$\mu_{kelengkungan} = \frac{\Phi_{tot}}{\Phi_y} \quad (3.14)$$

dimana : $\mu_{kelengkungan}$ = daktalitas kelengkungan

Φ_{tot} = kelengkungan total

Φ_y = kelengkungan pada momen maksimum



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan umum

Metode penelitian merupakan suatu urutan atau tata cara pelaksanaan yang diuraikan menurut tahapan yang sistematis. Penyusun metode penelitian ini dimaksudkan untuk mendukung validitas penelitian agar tidak melenceng dari tujuan dan batasan masalah yang diteliti. Adapun yang dimaksud antara lain tentang bahan, alat-alat, prosedur penelitian dan pelaksanaan penelitian.

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

Pekerjaan persiapan yang dilakukan meliputi pembuatan benda uji, pengujian pendahuluan meliputi uji geser, tarik dan desak kayu, yang dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, pengujian lentur yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa FTSP-UII, Yogyakarta.

4.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. Kayu

Dalam penelitian ini, digunakan papan 2/20 dan reng 3/5 dari kayu kruig dengan berat jenis $0,79\text{g/cm}^3$.

Kayu ini termasuk kayu mutu A dengan kelas kuat II menurut PPKI, adapun tegangan-tegangan ijin yang diperkenankan adalah sebagai berikut :

$$\bar{\sigma}_{lt} = 100 \text{ kg/cm}^2, \bar{\sigma}_{tk_{II}} = \bar{\sigma}_{tr_{II}} = 85 \text{ kg/cm}^2, \bar{\sigma}_{tk_{\perp}} = 25 \text{ kg/cm}^2, \tau_p = 12 \text{ kg/cm}^2$$

2. Paku

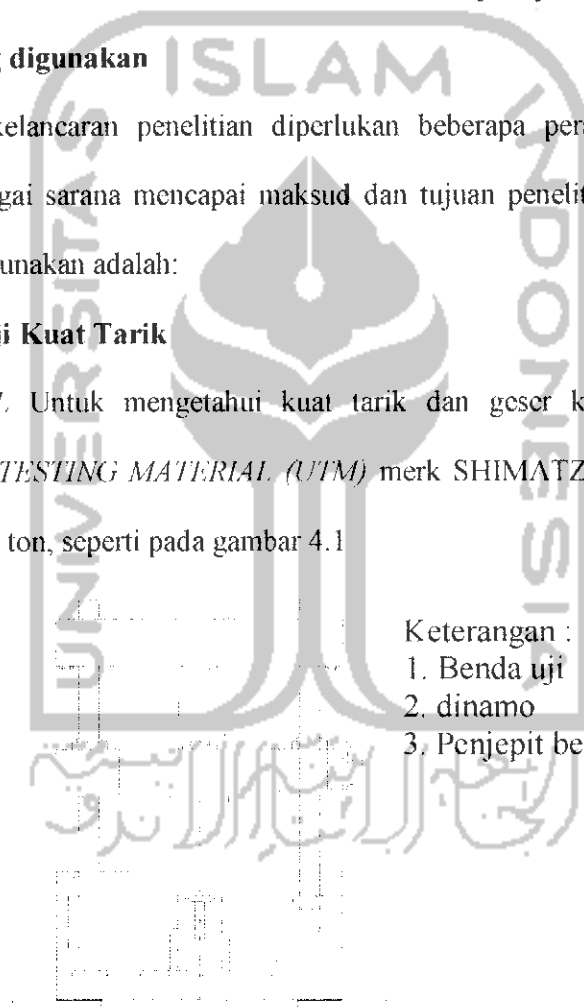
Alat sambung yang digunakan dalam penelitian ini adalah paku dengan ukuran 2" BWG 12, diameter 2,77 mm dan banyaknya Paku 120 buah.

4.2.2 Alat yang digunakan

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang akan digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun alat-alat yang dipergunakan adalah:

1) Mesin Uji Kuat Tarik

UNIVERSAL. Untuk mengetahui kuat tarik dan geser kayu, penelitian ini digunakan *TESTING MATERIAL (UTM)* merk SHIMATZU type UMH 30, kapasitas 30 ton, seperti pada gambar 4.1



Keterangan :

1. Benda uji
2. dinamo
3. Penjepit benda uji

Gambar 4.1 *UNIVERSAL TESTING MATERIAL SHIMATZU UMH 30*

2) Meteran dan kaliper

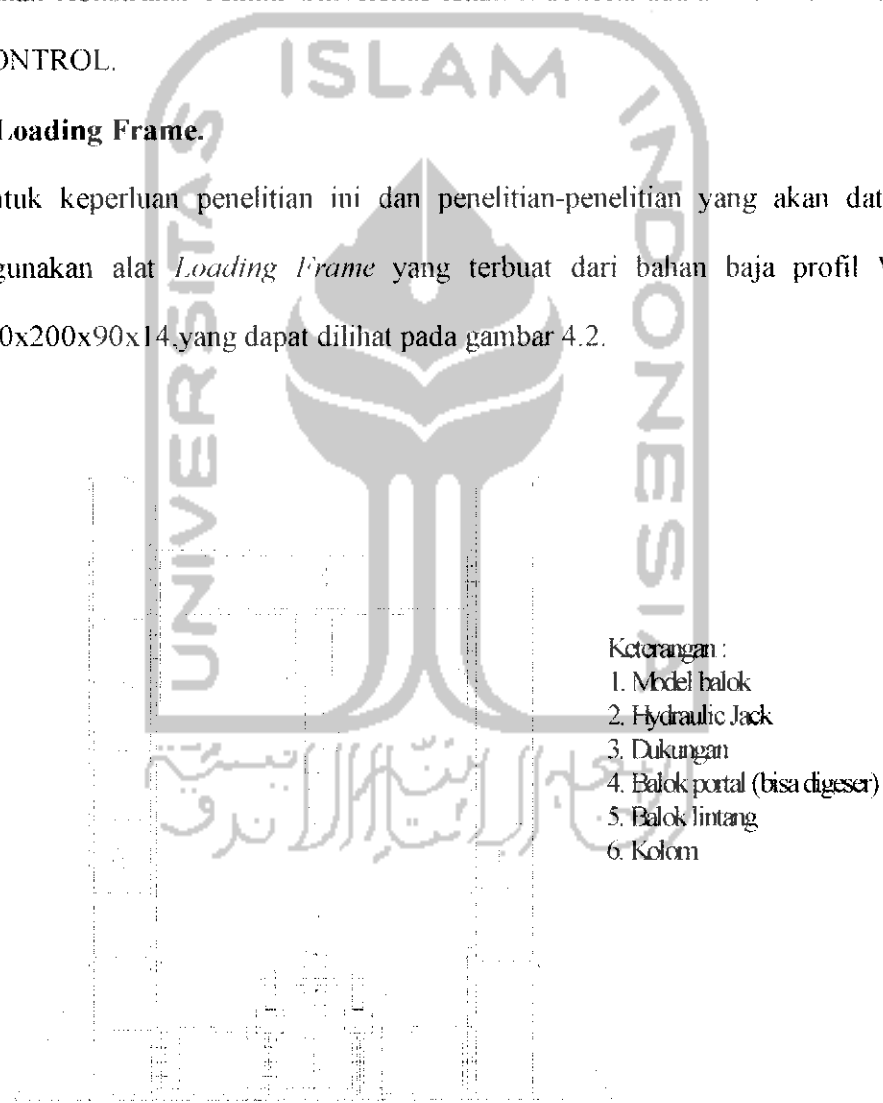
Meteran digunakan untuk mengukur panjang benda uji, jarak antar pengaku dan kaliper digunakan untuk mengukur lendutan secara manual.

3)Mesin Uji Kuat Desak

Untuk mengetahui kuat desak kayu digunakan mesin uji kuat desak. Sedangkan kapasitas mesin uji kuat desak yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia adalah 2000 KN merk CONTROL.

4)Loading Frame.

Untuk keperluan penelitian ini dan penelitian-penelitian yang akan datang digunakan alat *Loading Frame* yang terbuat dari bahan baja profil WF 450x200x90x14,yang dapat dilihat pada gambar 4.2.

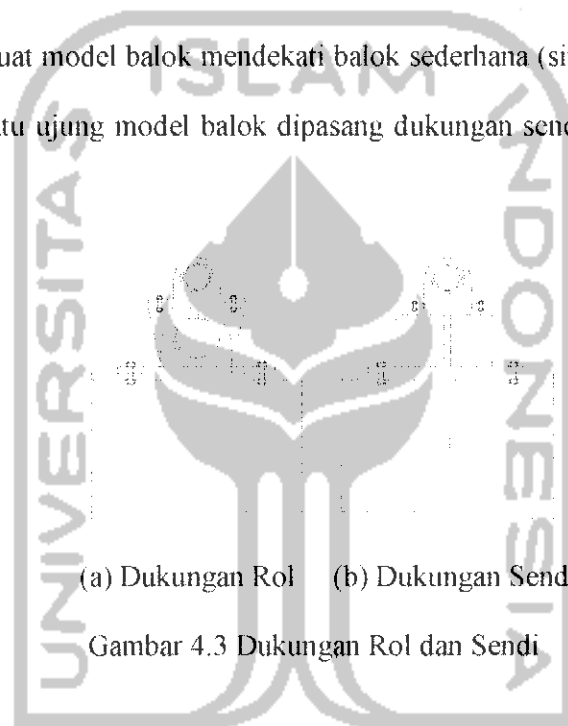


Gambar 4.2 Bentuk Fisik *Loading Frame*

Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat yang berdiri diatas lantai beton (*rigid floor*) dengan perantara pelat dasar dari besi setebal 14 mm. Agar *Loading Frame* tetap stabil, pelat dasar dibaut kelantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450x200x90x14 mm. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji dengan melepas sambungan.

5) Dukungan Rol dan Sendi

Untuk membuat model balok mendekati balok sederhana (*simple beam*), maka pada salah satu ujung model balok dipasang dukungan sendi (*engsel*), seperti Gambar 4.3



Keterangan :
 1. Balok lintang
 2. Roller
 3. Sendi

(a) Dukungan Rol (b) Dukungan Sendi

Gambar 4.3 Dukungan Rol dan Sendi

6) Dial Gauge

Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Untuk penelitian skala penuh digunakan *dial gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 50mm dengan ketelitian 0,01. Pada pengujian balok kecil dipakai *dial gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 20 mm dan dengan ketelitian 0,01. Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan *dial gauge* sebanyak tiga buah. *Dial gauge* pertama terletak sejauh 300mm dari tengah bentang ke arah dukungan rol, *dial gauge* kedua terletak ditengah bentang dan *dial gauge*

ketiga terletak sejauh 300 mm dari tengah bentang ke arah dukungan sendi.

Alat ini dapat dilihat pada gambar 4.4.

Keterangan :

1. Takometer
2. Alat penyetel
3. Dial

Gambar 4.4 dial gauge

7) Transducer

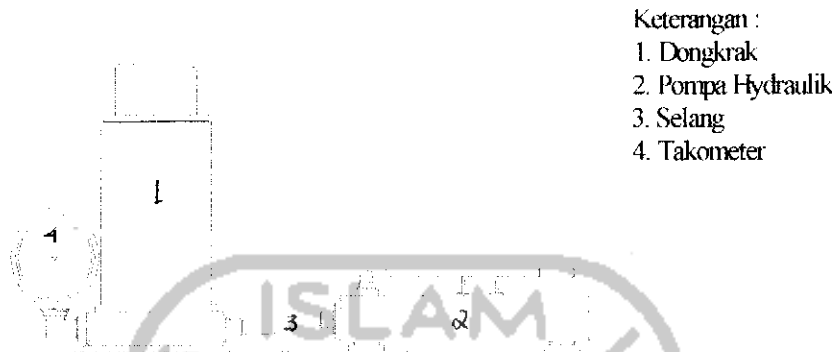
Transducer digunakan sebagai alat pendeteksi besarnya beban yang sedang bekerja pada benda uji dan hasilnya di transfer ke calibration tester. Alat ini mempunyai kapasitas pembacaan hingga 200 kN.

8). Calibrator tester

Alat ini merupakan perangkat digital yang digunakan sebagai media pembacaan beban yang sedang bekerja dari *transducer*.

9) Dongkrak Hidrolik

Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada uji dengan kapasitas maksimum 15 ton. Bentuk fisik alat ini dapat dilihat pada gambar 4.5.

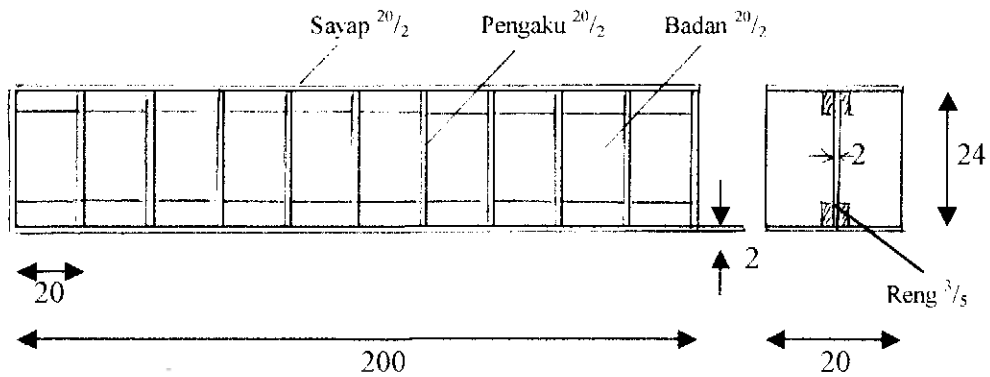


Gambar 4.5. Dongkrak Hidrolik

4.3 Model Benda Uji

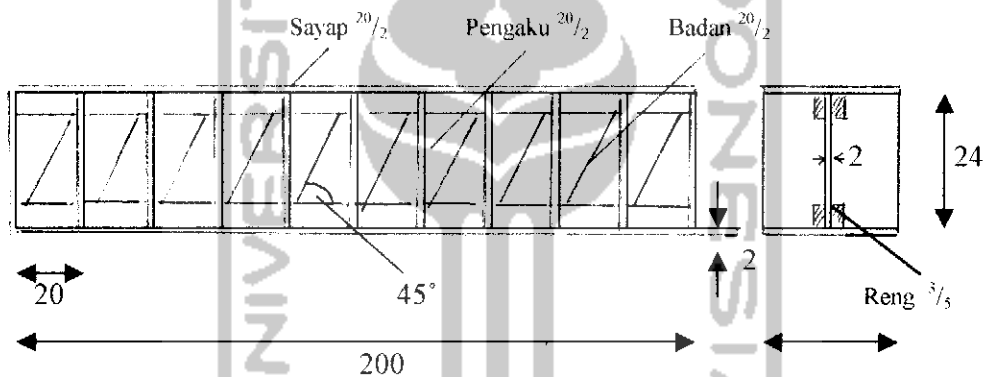
Benda uji dalam penelitian ini berupa gelagar dengan panjang 2,0 m dan bentuk penampangnya adalah bentuk profil I disusun dari papan kayu, dengan dimensi badan 20/2 cm, dimensi sayap 2/20 cm, dan pada badan diberi kayu reng 3/5 cm. Benda uji tegak lurus serat diberi rasio pengaku dengan ukuran, yaitu $(a/h) 20/20=1,0$ sebanyak 3 buah. Benda uji serat diagonal diberi rasio pengaku dengan ukuran, yaitu, $(a/h) = 20/20 = 1,0$ sebanyak 3 buah. Jadi jumlah seluruhnya ada 6 sampel. Bentuk model benda uji dapat dilihat pada gambar 4.6.A dan gambar 4.6.B.

* Benda Uji Tegak Lurus Serat $a/h = 20/20 = 1,0$



Gambar 4.6.A Model Benda Uji Tegak Lurus Serat (Sudut 90^0)

* Benda Uji Serat Diagonal $a/h = 20/20 = 1,0$



Gambar 4.6.B Model Benda Uji Diagonal Serat (Sudut 45^0)

4.4 Pembuatan Benda uji

Setelah persiapan dan perhitungan proporsi dimensi badan, sayap, reng dan jarak antar paku didapat. Maka selanjutnya adalah pembuatan benda uji melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Bahan-bahan disiapkan dan diukur sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan sesuai dengan rencana. Pada tahap ini dilakukan pemotongan

papan kayu untuk badan, sayap, reng dan pengaku sesuai ukuran yang telah direncanakan.

2. Papan untuk badan dipotong tegak lurus dan diagonal serat lebih dahulu. Kemudian papan untuk badan disatukan dengan reng dengan jarak paku pada pemasangan papan untuk badan dengan reng adalah 10 cm, sedangkan jarak paku dari ujung balok adalah 5 cm. Untuk memudahkan pembuatan pengaku maka diusahakan agar lebar antar reng dari ujung yang satu dengan ujung yang lainnya sama.

3. pembuatan pengaku dilakukan dengan teliti agar didapatkan pengaku yang dapat menempel dengan persis pada papan badan dan sayap. Pengaku dipasang secara transversal, menempel pada papan sayap atas-bawah dan papan badan. Pengaku dipaku pada papan sayap atas dan bawah papan sayap bawah.

4.5 Jumlah Benda Uji

Setelah balok papan benda uji selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pengujian balok papan kayu uji lentur. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia. Banyaknya benda uji yang dibuat pada penelitian ini adalah

Variasi tegak lurus serat : 3 buah dengan dimensi papan badan 20/2, papan sayap 2/20, kayu reng 3/5 dengan rasio pengaku $(a/h) = 1,0$. Variasi tegak lurus serat diagonal : 3 buah dengan dimensi papan badan 20/2, papan sayap 2/20, kayu reng 3/5 dan rasio pengaku $(a/h) = 1,0$.

4.6 Pengujian Benda Uji

Sebelum pengujian pada benda uji, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan pada kayu yang dipakai untuk membuat benda uji, meliputi uji tarik, uji geser, dan uji desak. Setelah itu baru dilaksanakan pengujian pada benda uji, yang dilakukan secara bertahap, disesuaikan dengan jumlah benda yang akan diuji.

4.6.1 Pengujian Kuat Tarik Kayu

Pengujian kuat tarik kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian tarik kayu adalah beban maksimum. Tegangan tarik kayu dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas rata-rata. Dalam pengujian tarik kayu sample yang diuji sebanyak 2 buah.

4.6.2 Pengujian Geser Sejajar Serat Kayu

Pengujian geser kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian geser kayu adalah beban maksimum. Tegangan Kayu dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang geser. Dalam pengujian geser kayu, sample yang diuji sebanyak 2 buah.

4.6.3 Pengujian Desak Kayu

Pengujian desak kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada

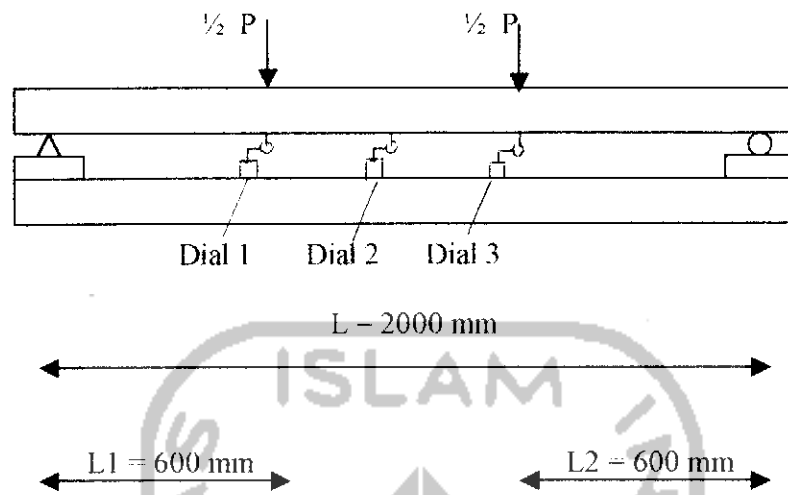
pengujian desak kayu adalah beban maksimum. Tegangan desak kayu dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang. Dalam pengujian desak kayu, sample yang diuji sebanyak 4 buah.

4.6.4 Pengujian Kuat Lentur

Pelaksanaan pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, dengan tahapan sebagai berikut :

1. Sebelum pengujian dilakukan, benda uji diberi tanda sebagai tanda titik pembebanan pada benda uji, kemudian diletakkan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan. Dibawah benda uji dipasang dial (alat pengukur lendutan) untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada waktu dilaksanakan pengujian kuat lentur, posisi benda uji dan letak dial dapat dilihat pada gambar 4.6
2. Benda uji siapdiuji. *Hidraulick Jack* dipompa guna melakukan pembebanan secara perlahan-lahan, beban konstan dan dinaikan secara berangsur-angsur sehingga pada batas kekuatan tertentu atau sampai dengan maksimum benda uji akan mengalami retak atau patah.
3. Pada saat pembacaan *dial* sudah mencapai +400 mm, maka *dial* dilepas dan pembacaan lendutan dilakukan dengan secara manual, yaitu dengan memasang stick disamping balok uji dan setelah *Hidraulic Jack* dipompa, pada stick tersebut digaris sejajar dengan papan sayap bawah bagian luar. Hal ini dilakukan untuk menghindari kerusakan pada *dial* dari kemungkinan terjadinya patah pada papan balok. Hasil pembacaan pada stick kemudian dijumlahkan dengan hasil akhir pembacaan pada dial.

7. Hasil retak diberi tanda pada saat pengujian sedang berlangsung pada bagian benda uji yang mengalami retak.



Gambar 4.6 Perletakan Benda Uji

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

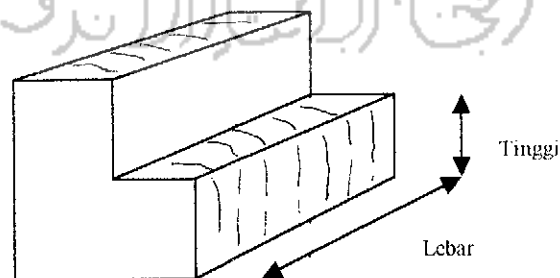
5.1 Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, sebelum dilakukan pengujian pada balok papan, terlebih dahulu dilakukan beberapa uji pendahuluan, yaitu meliputi uji geser, uji tarik dan uji desak, sehingga dari hasil tersebut didapatkan kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sampel.

Setelah itu dilakukan pengujian pada sampel balok papan, yang hasilnya berupa data beban lendutan. Kemudian data tersebut dianalisa untuk memperoleh grafik hubungan momen kelengkungan.

5.1.1 Hasil Uji kuat Geser Kayu // Serat

Uji geser kayu //serat dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan ukurannya ditunjukkan dalam Tabel 5.1



Gambar 5.1 Bentuk benda uji geser kayu // serat

Setelah dilakukan pengujian, didapat beban geser maksimal (P_{geser}). Kemudian dihitung tegangan geser kayu, yang hasilnya ditunjukkan dalam tabel 5.1.

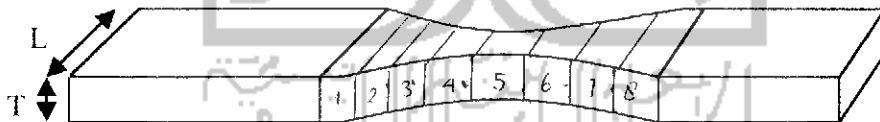
Tabel 5.1 Ukuran sampel uji dan hasil uji geser kayu // serat

Sample	Lebar (L) (cm)	Tebal (T) (cm)	Luas Geser(A) (cm ²)	P_{geser} (Kg)	Teg. Geser $\tau=P/A$ (Kg/cm ²)	Teg.geser rata-rata maks (Kg/cm ²)
1	5,6	4,15	23,24	1570	67,55	66,55
2	5,55	4,10	22,75	1480	65,05	
3	5,57	4,15	23,11	1550	67,07	

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia didapatkan Tegangan Geser rata-rata maks $\tau// = 66,55 \text{ Kg/cm}^2$. Untuk angka aman (SF=3) maka Tegangan geser aman $\tau//$ adalah $22,18 \text{ Kg/cm}^2$.

5.1.2 Hasil Uji kuat Tarik Kayu // Serat

Pengujian tarik kayu //serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang bentuknya seperti pada Gambar 5.2. Dalam penelitian ini, ukuran sampel uji tarik kayu // serat ditampilkan pada tabel 5.2



Gambar 5.2 Bentuk sampel uji tarik kayu // serat

Tabel 5.2 Ukuran sampel uji tarik kayu// serat

No. Titik	Sampel 1		
	Lebar (L) cm	Tebal (T) cm	Luas (A) cm ²
1	1,95	1,15	2,2425
2	1,66	1,10	1,2760
3	1,30	0,98	1,2740
4	1,22	0,91	1,1102
5	1,18	0,86	1,0148
6	1,32	0,92	1,2144
7	1,58	1,09	1,7222
8	1,96	1,15	2,2540

No. Titik	Sampel 2		
	Lebar (L) cm	Tebal (T) cm	Luas (A) cm ²
1	1,96	1,18	2,3128
2	1,65	1,12	1,8480
3	1,30	0,98	1,2740
4	1,25	0,93	1,1625
5	1,18	0,88	1,0384
6	1,31	0,93	1,2183
7	1,61	1,10	1,7710
8	1,95	1,21	2,3595

No. Titik	Sampel 3		
	Lebar (L) cm	Tebal (T) cm	Luas (A) cm ²
1	1,94	1,16	2,2504
2	1,68	1,13	1,8984
3	1,37	0,91	1,2467
4	1,24	0,90	1,1160
5	1,19	0,89	1,0591
6	1,34	0,93	1,2462
7	1,61	1,11	1,7871
8	1,92	1,15	2,2080

Dari penelitian didapat beban tarik maksimal (P_{tarik}) dan daerah patah, yaitu :

- Sampel 1 patah diantara titik 4 dan 6 dengan luas penampang rata-rata
(A_{rt})= 1,1131. cm²
- Sampel 2 patah diantara titik 3 dan 5 dengan luas penampang rata-rata
(A_{rt})=1,1583. cm².

- Sampel 3 patah di antara titik 5 dan 6 dengan luas penampang rata-rata (A_{rt}) = 1,1526 cm²

Setelah itu, kemudian dihitung tegangan tarik kayu untuk masing-masing sampel seperti disajikan pada Tabel 5.3 berikut ini

Tabel 5.3 Hasil uji tarik kayu // serat

Sampel	Luas rata-rata (A) (cm ²)	P _{tarik} (Kg)	Teg. Tarik $\sigma_{tr//} = P/A$ (Kg/cm ²)	Teg. Tarik rata-rata maks (Kg/cm ²)
1	1,1131	420	377,32	354,81
2	1,1583	409	353,10	
3	1,1526	385	334,02	

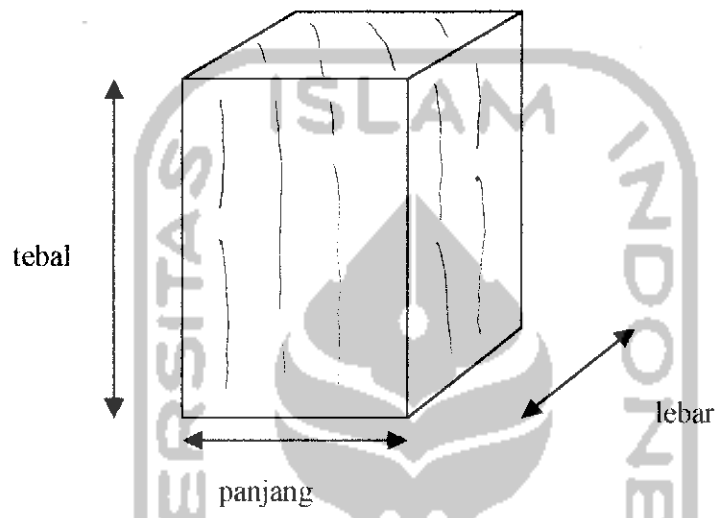
Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Bahan konstruksi Teknik, Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia didapatkan tegangan tarik rata-rata maks $\sigma_{tr//} = 354,81$ Kg/cm². Untuk angka aman (SF=3) maka Tegangan tarik aman adalah $\sigma_{tr//} = 118,27$ Kg/cm².

5.1.3 Hasil Uji Kuat Desak Kayu // S erat

Seperti uji-uji sebelumnya, pengujian desak kayu // serat juga dilakukan dengan membuat 3 sampel, yang ukuran dan bentuknya seperti ditampilkan pada Tabel 5.4 dan Gambar 5.3

Tabel 5.4 Ukuran sampel uji desak kayu // serat

Dimensi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Tebal = t (cm)	19,98	20,00	21,50
Panjang = p (cm)	5,91	6,00	5,46
Lebar = l (cm)	3,91	3,91	4,15
Luas (A) = p x l (cm ²)	23,10	23,46	22,65



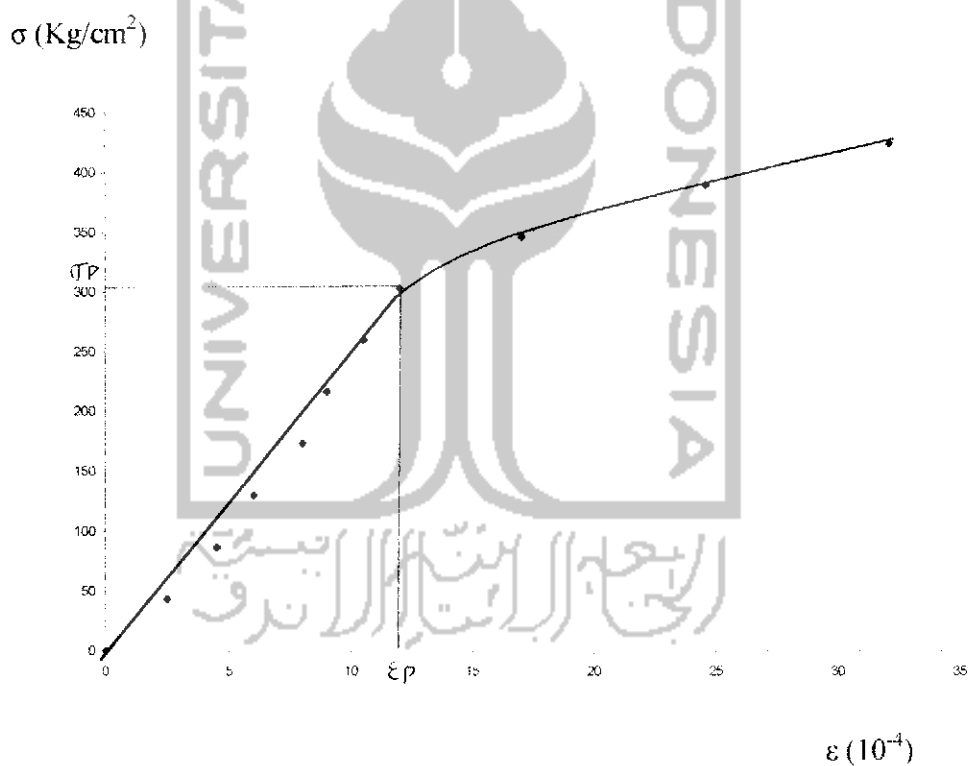
Gambar 5.3 Bentuk sampel uji desak kayu // serat

Hasil pengujian desak kayu //serat untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 5.5 , Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 serta ditunjukkan dengan Gambar 5.4,Gambar 5.5 Dan Gambar 5.6

- Sampel 1 ($A = 5,91 \times 3,91 = 23,10 \text{ cm}^2$ dan $t = 19,98 \text{ cm}$)

Tabel 5.5 Hasil Uji desak kayu // serat sampel 1

P (Kg)	ΔL (10^{-3} cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm ²)	Regangan $\varepsilon = \Delta L/t$ (10^{-4})
0	0	0	0
1000	5	43,29	2,502
2000	9	86,58	4,504
3000	12	129,87	6,006
4000	16	173,16	8,008
5000	18	216,45	9,009
6000	21	259,74	10,510
7000	24	303,03	12,012
8000	34	346,32	17,017
9000	49	389,61	24,524
9800	64	424,24	32,032

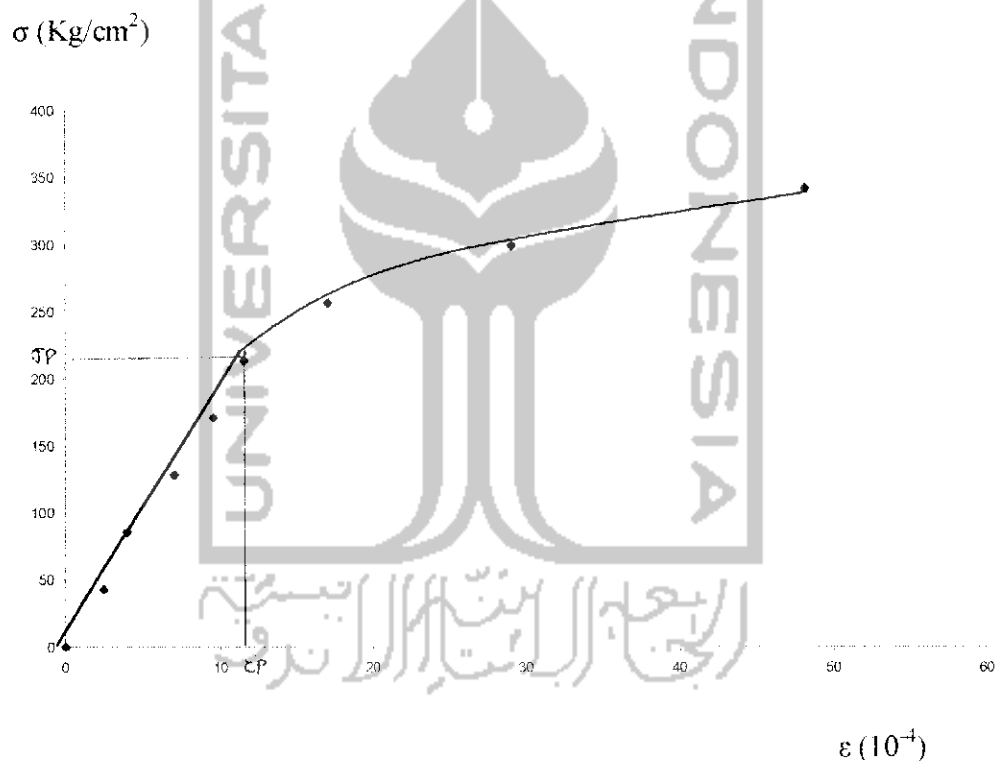


Gambar 5.4 Grafik Tegangan – Regangan Sampel I

- Sampel 2 ($A = 6 \times 3,91 = 23,46 \text{ cm}^2$ dan $t = 20 \text{ cm}$)

Tabel 5.6 Hasil Uji desak kayu // serat sampel 2

Beban P (Kg)	ΔL (10^{-3} cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm ²)	Regangan $\epsilon = \Delta L/t$ (10^{-4})
0	0	0	0
1000	5	42,73	2,5
2000	8	85,47	4
3000	14	128,20	7
4000	19	170,94	9,5
5000	23	213,67	11,5
6000	34	256,41	17
7000	58	299,14	29
8000	96	341,88	48

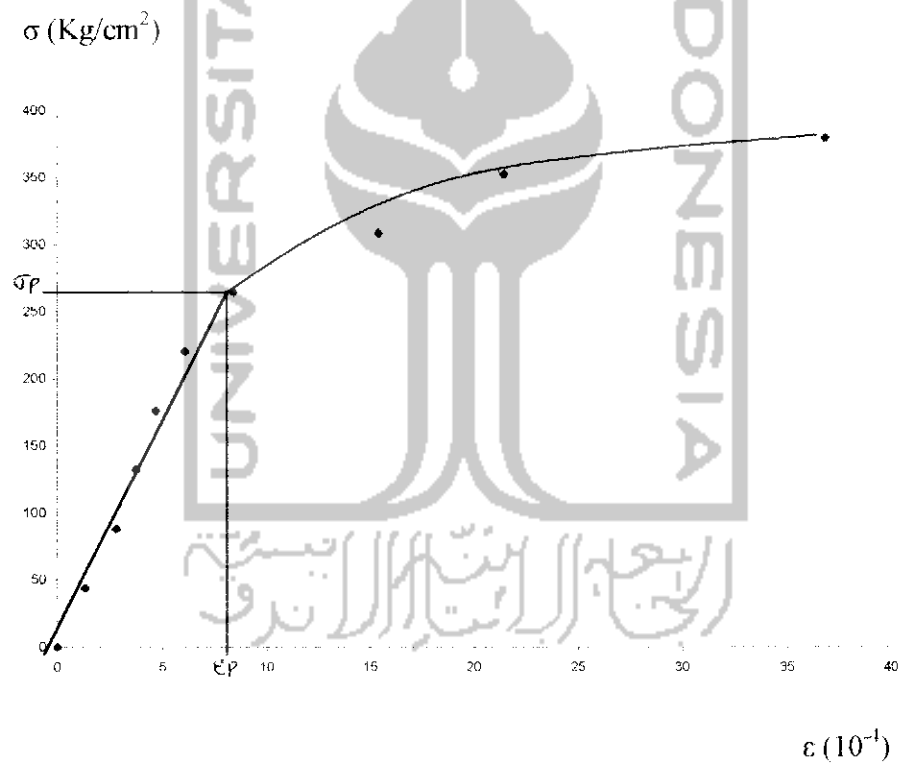


Gambar 5.5 Grafik Tegangan – Regangan Sampel 2

- Sampel 3 ($A = 5,46 \times 4,15 = 22,65 \text{ cm}^2$ dan $t = 21,5 \text{ cm}$)

Tabel 5.7 Hasil Uji desak kayu // serat sampel 3

Beban P (Kg)	ΔL (10^{-3} cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm^2)	Regangan $\epsilon = \Delta L/t$ (10^{-4})
0	0	0	0
1000	5	44,05	1,326
2000	6	88,11	2,791
3000	8	132,16	3,721
4000	10	176,21	4,651
5000	13	220,26	6,047
6000	18	264,32	8,372
7000	33	308,37	15,348
8000	46	352,42	21,395
8600	79	379,69	36,744



Gambar 5.6 Grafik Tegangan – Regangan Sampel 3

Dari hasil penelitian didapat beban desak maksimal (P_{desak}), kemudian dihitung tegangan desak kayu untuk masing-masing sampel seperti disajikan pada Tabel 5.8 berikut ini :

Tabel 5.8 Hasil analisis uji desak kayu //serat

Sampel	Luas A(cm ²)	P _{desak} (Kg)	Teg. Desak $\sigma_{ds//}=P/A$ (Kg/cm ²)	σ_p (Kg/cm ²)	ϵ_p (10 ⁻⁴)	Modulus elastisitas $E=\sigma_p/\epsilon_p$ (Kg/cm ²)
1	23,1	9800	424,24	303,03	12,012	252272,72
2	23,4	8000	341,88	213,67	11,50	185800,00
3	22,6	8600	379,69	264,32	8,372	315719,06
	Teg. desak rata-rata maks (Kg/cm ²)		381,93	Modulus elastisitas Rata-rata (Kg/cm ²)		251263,92

Dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Universitas Islam Indonesia didapatkan tegangan desak rata-rata maks $\sigma_{ds//} = 381,93 \text{ Kg/cm}^2$, Untuk angka aman (SF=3) maka Tegangan desak aman $\sigma_{ds//}$ adalah $127,31 \text{ Kg/cm}^2$. Modulus elastisitas didapatkan rata-rata $251.263,92 \text{ Kg/cm}^2$.

5.1.4 Hasil Uji Kuat Lentur Balok

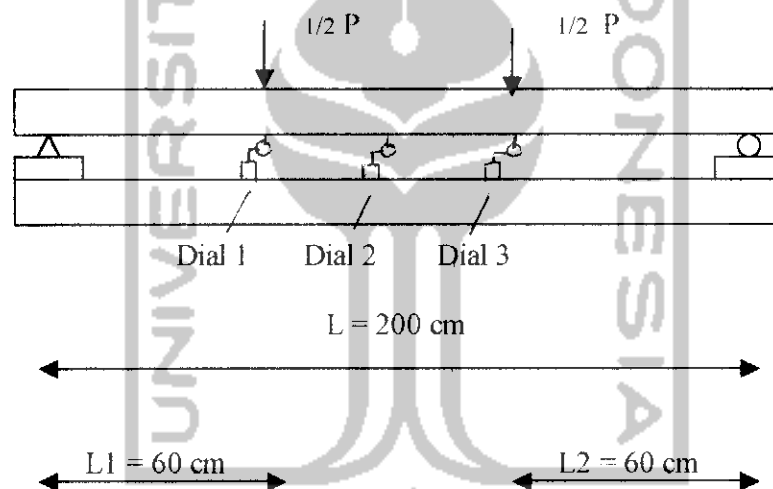
5.1.4.1 Hubungan Beban-Lendutan

Pengujian lentur pada sampel balok papan dilakukan di laboratorium Mekanika Rekayasa, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian yang dilakukan adalah balok papan prismatis tegak lurus dan diagonal serat sebanyak enam benda uji, masing-masing variasi sebanyak tiga buah benda uji seperti disajikan pada Tabel 5.9. Pada sampel balok papan kayu tersebut di beri beban dua titik secara bertahap dengan interval pembebanan 350 Kg pada setiap tahap pembebanan. Kemudian dipasang *dial gauge* sebanyak tiga buah yang diletakkan di bawah model benda uji dengan jarak 60 cm dari tepi kiri,

ditengah bentang dan 60 cm dari tepi kanan. Untuk mengetahui lendutannya dan ditunjukkan pada gambar 5.7. Lendutan yang terjadi masing-masing variasi dicatat, yang hasilnya disajikan pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14, Tabel 5.15.

Tabel 5.9 Benda Uji Balok Papan Prismatis

Variasi	Sampel	Sudut ° Pada Badan Balok
Tegak Lurus Serat	1	90
	2	90
	3	90
Diagonal Serat	4	45
	5	45
	6	45



Gambar 5.7 Perletakan Benda Uji

Tabel 5.10 Hasil uji balok papan tegak lurus serat dengan $a/h=1,0$ (Sampel 1)

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)
0,00	0	0	0
350	0,120	0,165	0,120
700	0,230	0,255	0,255
1050	0,410	0,435	0,415
1400	0,609	0,665	0,610
1750	0,815	0,930	0,842
2100	1,115	1,232	1,105
2450	1,315	1,497	1,340
2800	1,598	1,790	1,600
3150	1,828	2,115	1,878
3500	2,120	2,436	2,150
3850	2,410	2,840	2,490
4200	2,815	3,330	2,905
4550	3,113	3,736	3,250
4900	3,515	4,220	3,672
5250	4,220	4,940	4,275
5600	4,810	5,705	4,945

Tabel 5.11 Hasil uji balok papan tegak lurus serat dengan $a/h=1,0$ (Sampel 2)

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)
0,00	0	0	0
350	0,126	0,145	0,137
700	0,492	0,470	0,416
1050	0,659	0,641	0,698
1400	9,37	1,157	0,989
1750	1,275	1,565	1,342
2100	1,544	1,839	1,619
2450	1,863	2,231	1,946
2800	2,143	2,542	2,225
3150	2,455	2,955	2,530
3500	2,807	3,385	2,876
3850	3,400	4,000	3,435
4200	3,547	4,095	3,560
4550	3,686	4,308	3,685
4900	3,824	4,428	3,810
5250	3,924	4,600	4,023
5075	4,198	5,145	4,354

Tabel 5.12 Hasil uji balok papan tegak lurus serat dengan $a/h=1,0$ (Sampel 3)

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)
0,00	0	0	0
350	0,120	0,155	0,140
700	0,366	0,460	0,436
1050	0,657	0,800	0,741
1400	0,910	1,100	1,020
1750	1,150	1,410	1,210
2100	1,456	1,746	1,540
2450	1,748	2,075	1,725
2800	2,095	2,470	2,150
3150	2,378	2,799	2,440
3500	2,799	3,149	2,815
3850	3,289	3,719	3,295
4200	3,619	4,109	3,695
4550	4,179	4,759	4,285
4900	4,709	5,409	4,815
5075	5,332	6,199	5,696

Tabel 5.13 Hasil uji balok papan diagonal serat dengan $a/h=1,0$ (Sampel 4)

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)
0,00	0	0	0
350	0,191	0,213	0,275
700	0,364	0,410	0,373
1050	0,557	0,636	0,565
1400	0,834	0,968	0,888
1750	1,017	1,304	1,176
2100	1,315	1,662	1,478
2450	1,705	2,140	1,779
2800	2,030	2,410	2,050
3150	2,280	2,720	2,258
3500	2,575	3,080	2,497
3850	3,028	3,660	2,988
4200	3,340	4,045	3,387
4550	3,909	4,715	3,880
4900	4,250	5,125	4,293
5250	4,847	5,790	4,817
5600	6,093	7,170	5,945

Tabel 5.14 Hasil uji balok papan diagonal serat dengan $a/h=1,0$ (Sampel 5)

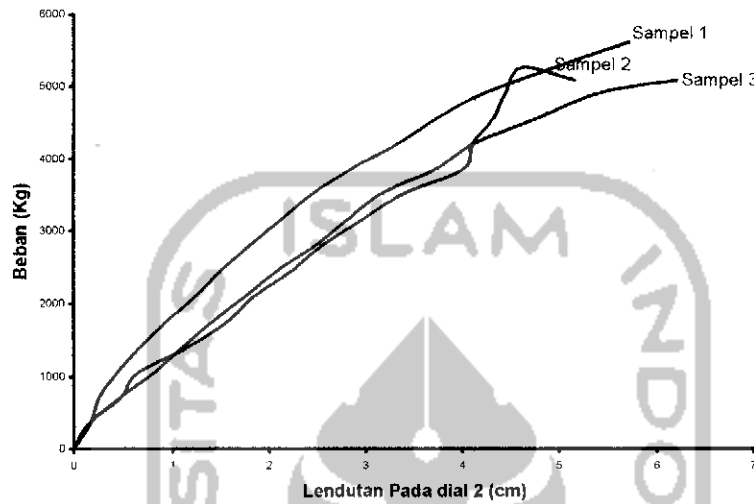
P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)
0,00	0	0	0
350	0,225	0,220	0,280
700	0,295	0,305	0,379
1050	0,565	0,610	0,560
1400	0,855	0,949	0,855
1750	1,130	1,288	1,179
2100	1,456	1,664	1,481
2450	1,853	2,060	1,855
2800	2,164	2,575	2,165
3150	2,485	2,980	2,470
3500	2,945	3,554	2,892
3850	3,439	4,160	3,420
4200	3,813	4,495	3,690
4550	4,305	5,085	3,995
4900	4,848	6,122	4,495
4900	6,250	6,612	5,916

Tabel 5.15 Hasil uji balok papan diagonal serat dengan $a/h=1,0$ (Sampel 6)

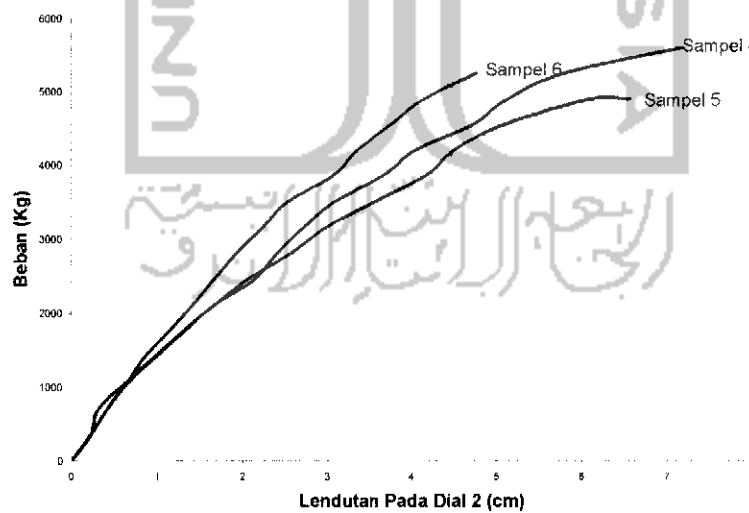
P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)
0,00	0	0	0
350	0,205	0,220	0,160
700	0,366	0,410	0,395
1050	0,510	0,630	0,505
1400	0,826	0,840	0,695
1750	1,090	1,125	0,915
2100	1,335	1,410	1,1,46
2450	1,649	1,660	1,4,65
2800	1,865	1,925	1,6,78
3150	2,164	2,239	1,9,65
3500	2,435	2,530	2,2,15
3850	2,865	3,060	2,5,95
4200	3,130	3,354	2,8,77
4550	3,477	3,756	3,2,25
4900	3,880	4,151	3,6,42
5250	4,415	4,753	3,721

1. Grafik Hubungan Beban – Lendutan

Dari hasil pengujian pada keenam sampel balok papan kayu, maka dapat di buat grafik tegak lurus dan diagonal serat hubungan beban-lendutan seperti pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Beban-Lendutan
Ketiga Balok papan tegak lurus serat



Gambar 5.9 Grafik Hubungan Beban-Lendutan
Ketiga Balok papan Diagonal serat



2. Hubungan Beban – Lendutan Teoritis

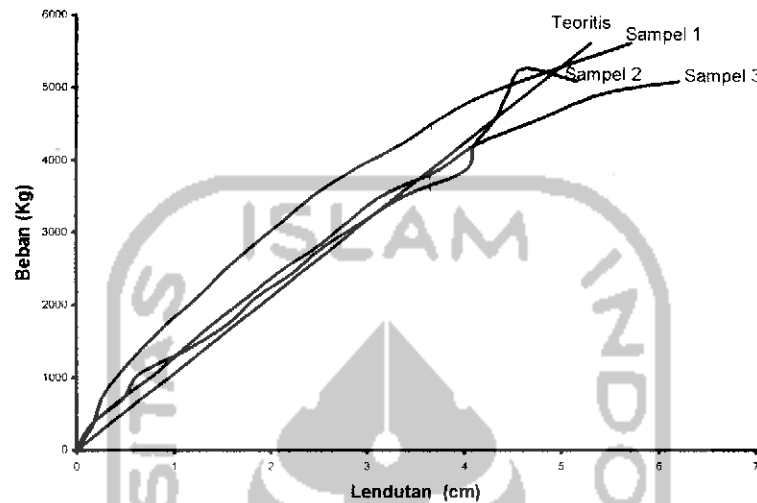
Hubungan beban-lendutan secara teoritis diambil sampai beban maksimum dari data hasil pengujian, yaitu 5600 Kg. Balok yang di uji termasuk balok prismatis maka besar momen inersianya dengan nilai 11280 cm^4 dengan mengenai PPKI pasal 12 ayat 2 maka momen inersia (I) mengalami perlemahan dengan mengalikan 0,3 maka momen inersia menjadi 3384 cm^4 . Setelah itu lendutan (Δ) ditengah bentang dihitung dengan persamaan 3.4, dimana nilai E didapat dari PPKI Daftar 1 kelas kuat kayu 2 dengan nilai $E=100000 \text{ Kg/cm}^2$ jadi nilai $EI = 3.384 \cdot 10^8 \text{ Kg.cm}^2$ dan panjang balok $L= 200 \text{ centimeter}$. Kelengkungannya dihitung dengan persamaan 3.10. dan momen secara teoritis dihitung dengan persamaan 3.11. Untuk hasil hitungan teoritis pada sampel 1 disajikan pada Tabel 5.16

Tabel 5.16 Hasil perhitungan secara teoritis

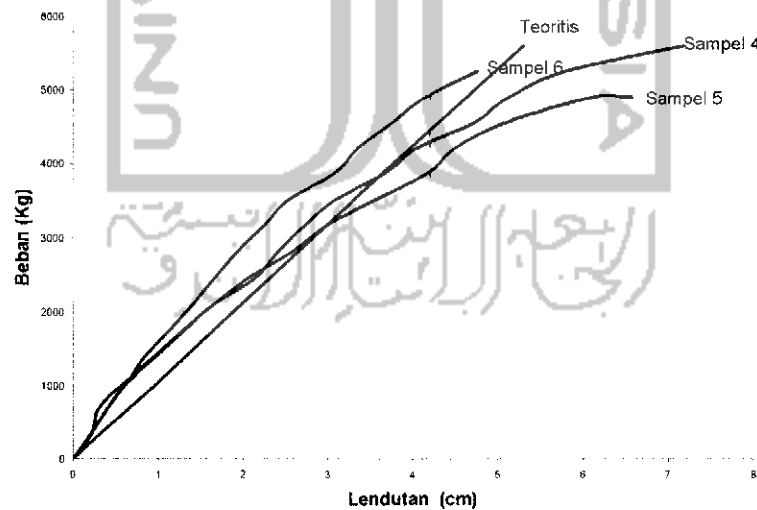
P (Kg)	Lendutan(Δ) (cm)	Momen (Kg.cm)	Kelengkungan ($\Phi=M/EI$) (1/cm)
0,00	0,000	0,000	0
350	0,330	10500	0,00003
700	0,661	21000	0,00006
1050	0,992	31500	0,00009
1400	1,323	42000	0,00012
1750	1,653	52500	0,00015
2100	1,984	63000	0,00018
2450	2,315	73500	0,00021
2800	2,646	84000	0,00024
3150	2,976	94500	0,00027
3500	3,307	105000	0,00030
3850	3,638	115500	0,00033
4200	3,969	126000	0,00036
4550	4,299	136500	0,00039
4900	4,630	147000	0,00042
5250	4,961	157500	0,00045
5600	5,292	168000	0,00048

3. Grafik Hubungan Beban – Lendutan Teoritis

Dari hasil pengujian pada keenam sampel balok papan kayu dan teoritis, maka dapat di buat grafik searah dan diagonal serat hubungan beban-lendutan seperti pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Beban Lendutan Ketiga Balok Papan Tegak Lurus Serat dan Teoritis



Gambar 5.11 Grafik Hubungan Beban Lendutan Ketiga Balok Papan Diagonal Serat dan Teoritis

4. Analisa Data Hubungan Beban – Lendutan

Dari hasil pengamatan grafik hubungan beban lendutan pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11, dapat disimpulkan tentang kekakuan balok dengan $a/h = 1,0$ pada beban ultimit dalam tabel 5. 17 dan dibandingkan hasilnya dari dua variasi dengan balok papan tegak lurus serat sebagai asumsi perbandingannya.

Tabel 5.17 Analisa kekakuan balok dari data hubungan beban-lendutan

Variasi	Sampel	P (Kg)	Lendutan(Δ)		Kekakuan Rata-rata (Kg/cm)	Kekakuan Rata-rata (%)
			Dial 2 (cm)	P/ Δ (Kg/cm)		
Tegak Lurus Serat	1	5600	5,705	981,59	980,523	100
	2	5250	4,600	1141,30		
	3	5075	6,199	818,68		
Diagonal Serat	4	5600	7,170	781,03	875,553	89,29
	5	4900	6,612	741,07		
	6	5250	4,753	1104,56		

Dari data dalam tabel 5.17 dapat diamati dan diteliti pengaruh arah serat pada kekuatan lentur balok papan dan perilaku lendutan yang terjadi pada benda uji. Selain itu, Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 juga dapat disimpulkan tentang daktilitas lendutan yang disajikan dalam tabel 5.18.

Tabel 5.18 Analisa daktilitas lendutan dari data hubungan beban – lendutan

Variasi	Sampel	P (Kg)	Δ		Daktilitas Δ_{tot}/Δ_y	Daktilitas rata-rata	Daktilitas rata-rata (%)
			Δ_y dial 2 (cm)	Δ_{tot} dial 2 (cm)			
Tegak Lurus Serat	1	5600	5,705	5,705	1,00	1,03	100
	2	5250	4,600	5,145	1,11		
	3	5075	6,199	6,199	1,00		
Diagonal Serat	4	5600	7,170	7,170	1,00	1,02	99,02
	5	4900	6,122	6,612	1,08		
	6	5250	4,753	4,753	1,00		

5.1.4.2 Hubungan Momen – Kelengkungan

1. Hubungan Momen – Kelengkungan Teoritis

Nilai momen dan kelengkungan dapat dicari secara teoritis. Hasil perhitungan momen – kelengkungan secara teoritis disajikan pada tabel 5.16 dan untuk hasil selengkapnya dapat dilihat lampiran.

2. Hubungan Momen – Kelengkungan Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian didapatkan data beban-lendutan, sehingga dapat dicari besar momen-kelengkungannya dengan persamaan 3.11 dan untuk kelengkungannya dengan memakai persamaan 3.9, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.19, Tabel 5.20, Tabel 5.21, Tabel 5.22, Tabel 5.23, dan Tabel 5.24

Tabel 5.19 Hubungan Beban-Lendutan-Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian

Pada Sampel 1

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)	Momen (Kg.cm)	Φ (1/cm)
0,00	0	0	0	0,000	0,00
350	0,120	0,165	0,120	10500	0,00005
700	0,230	0,255	0,255	21000	0,00001
1050	0,410	0,435	0,415	31500	0,00002
1400	0,609	0,665	0,610	42000	0,00006
1750	0,815	0,930	0,842	52500	0,00012
2100	1,115	1,232	1,105	63000	0,00015
2450	1,315	1,497	1,340	73500	0,00021
2800	1,598	1,790	1,600	84000	0,00023
3150	1,828	2,115	1,878	94500	0,00032
3500	2,120	2,436	2,150	105000	0,00037
3850	2,410	2,840	2,490	115500	0,00048
4200	2,815	3,330	2,905	126000	0,00058
4550	3,113	3,736	3,250	136500	0,00069
4900	3,515	4,220	3,672	147000	0,00078
5250	4,220	4,940	4,275	157500	0,00086
5600	4,810	5,705	4,945	168000	0,00103

Tabel 5.20 Hubungan Beban-Lendutan-Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian

Pada Sampel 2

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)	Momen (Kg.cm)	Φ (1/cm)
0,00	0	0	0	0,000	0,00
350	0,126	0,145	0,137	10500	0,00001
700	0,492	0,470	0,416	21000	0,00002
1050	0,659	0,641	0,698	31500	0,00004
1400	0,937	1,157	0,989	42000	0,00024
1750	1,275	1,565	1,342	52500	0,00032
2100	1,544	1,839	1,619	63000	0,00032
2450	1,863	2,231	1,946	73500	0,00040
2800	2,143	2,542	2,225	84000	0,00044
3150	2,455	2,955	2,530	94500	0,00057
3500	2,807	3,385	2,876	105000	0,00067
3850	3,400	4,000	3,435	115500	0,00071
4200	3,547	4,095	3,560	126000	0,00067
4550	3,686	4,308	3,685	136500	0,00077
4900	3,824	4,428	3,810	147000	0,00076
5250	3,924	4,600	4,023	157500	0,00078
5075	4,198	5,145	4,354	152250	0,00108

Tabel 5.21 Hubungan Beban-Lendutan-Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian

Pada Sampel 3

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)	Momen (Kg.cm)	Φ (1/cm)
0,00	0	0	0	0,000	0,00
350	0,120	0,155	0,140	10500	0,00003
700	0,366	0,460	0,436	21000	0,00007
1050	0,657	0,800	0,741	31500	0,00012
1400	0,910	1,100	1,020	42000	0,00016
1750	1,150	1,410	1,210	52500	0,00028
2100	1,456	1,746	1,540	63000	0,00031
2450	1,748	2,075	1,725	73500	0,00042
2800	2,095	2,470	2,150	84000	0,00043
3150	2,378	2,799	2,440	94500	0,00048
3500	2,799	3,149	2,815	105000	0,00042
3850	3,289	3,719	3,295	115500	0,00053
4200	3,619	4,109	3,695	126000	0,00056
4550	4,179	4,759	4,285	136500	0,00065
4900	4,709	5,409	4,815	147000	0,00080
5075	5,332	6,199	5,696	152250	0,00085

Tabel 5.22 Hubungan Beban-Lendutan-Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian

Pada Sampel 4

P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)	Momen (Kg.cm)	Φ (1/cm)
0,00	0	0	0	0,000	0,00
350	0,191	0,213	0,275	10500	0,00002
700	0,364	0,410	0,373	21000	0,00005
1050	0,557	0,636	0,565	31500	0,00009
1400	0,834	0,968	0,888	42000	0,00013
1750	1,017	1,304	1,176	52500	0,00025
2100	1,315	1,662	1,478	63000	0,00033
2450	1,705	2,140	1,779	73500	0,00049
2800	2,030	2,410	2,050	84000	0,00046
3150	2,280	2,720	2,258	94500	0,00056
3500	2,575	3,080	2,497	105000	0,00060
3850	3,028	3,660	2,988	115500	0,00081
4200	3,340	4,045	3,387	126000	0,00085
4550	3,909	4,715	3,880	136500	0,00102
4900	4,250	5,125	4,293	147000	0,00106
5250	4,847	5,790	4,817	157500	0,00119
5600	6,093	7,170	5,945	168000	0,00143

Tabel 5.23 Hubungan Beban-Lendutan-Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian

Pada Sampel 5

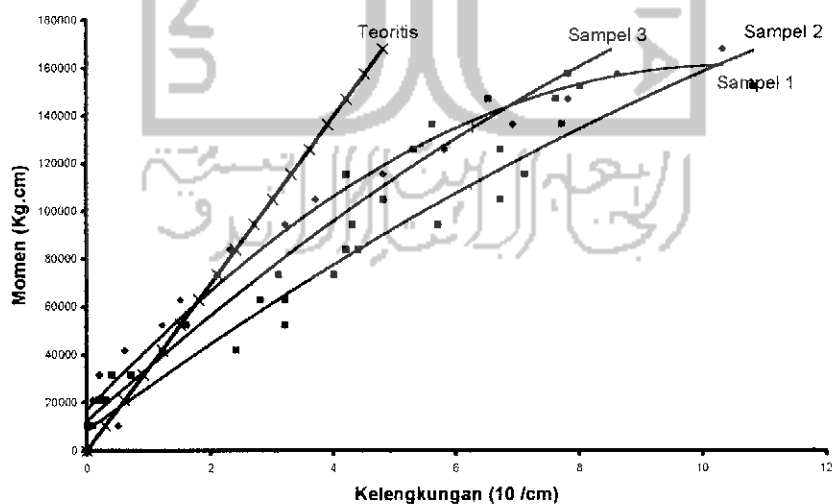
P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)	Momen (Kg.cm)	Φ (1/cm)
0,00	0	0	0	0,000	0,0000
350	0,225	0,220	0,280	10500	0,00004
700	0,295	0,305	0,379	21000	0,00004
1050	0,565	0,610	0,560	31500	0,00005
1400	0,855	0,949	0,855	42000	0,00017
1750	1,130	1,288	1,179	52500	0,00016
2100	1,456	1,664	1,481	63000	0,00021
2450	1,853	2,060	1,855	73500	0,00025
2800	2,164	2,575	2,165	84000	0,00051
3150	2,485	2,980	2,470	94500	0,00062
3500	2,945	3,554	2,892	105000	0,00079
3850	3,439	4,160	3,420	115500	0,00091
4200	3,813	4,495	3,690	126000	0,00092
4550	4,305	5,085	3,995	136500	0,00116
4900	4,848	6,122	4,495	147000	0,00181
4900	6,250	6,612	5,916	147000	0,00066

Tabel 5.24 Hubungan Beban-Lendutan-Momen-Kelengkungan Hasil Penelitian Pada Sampel 6

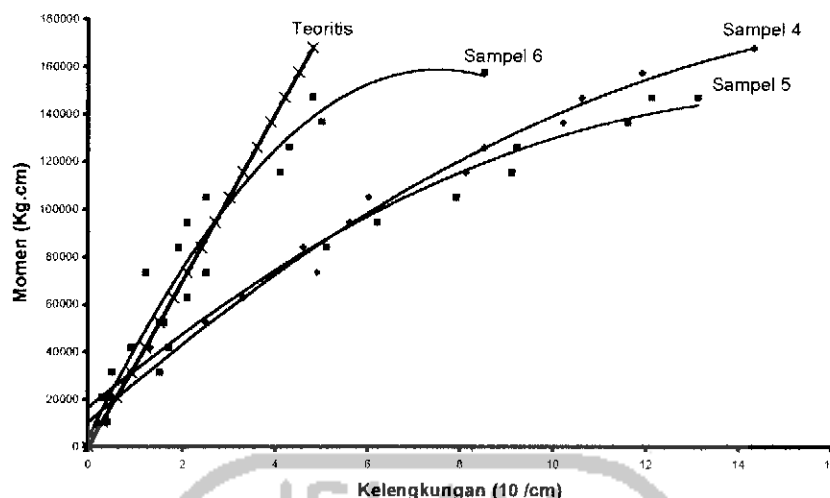
P (Kg)	Dial 1 (cm)	Dial 2 (cm)	Dial 3 (cm)	Momen (KgcM)	Φ (1/cm)
0,00	0	0	0	0,000	0,00
350	0,205	0,220	0,160	10500	0,00004
700	0,366	0,410	0,395	21000	0,00003
1050	0,510	0,630	0,505	31500	0,00015
1400	0,826	0,840	0,695	42000	0,00009
1750	1,090	1,125	0,915	52500	0,00015
2100	1,335	1,410	1,146	63000	0,00021
2450	1,649	1,660	1,465	73500	0,00012
2800	1,865	1,925	1,678	84000	0,00019
3150	2,164	2,239	1,965	94500	0,00021
3500	2,435	2,530	2,215	105000	0,00025
3850	2,865	3,060	2,595	115500	0,00041
4200	3,130	3,354	2,877	126000	0,00043
4550	3,477	3,756	3,225	136500	0,00050
4900	3,880	4,151	3,642	147000	0,00048
5250	4,415	4,753	3,721	157500	0,00085

3. Grafik Momen – kelengkungan

Dari hasil perhitungan secara teoritis dan dari data hasil penelitian, berupa data beban-lendutan, yang kemudian dicari besar momen-kelengkungannya, maka dapat dibuat grafik hubungan momen-kelengkungannya, seperti pada Gambar 5.8



Gambar 5.12 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Ketiga Balok Papan Tegak Lurus Serat dan Teoritis



Gambar 5.13 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan
Ketiga Balok Papan Diagonal Serat dan Teoritis

4. Analisa Data Hubungan Momen – Kelengkungan

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 dapat dicari faktor kekakuan ditengah bentang, seperti ditampilkan pada Tabel 5.25 berikut ini, dan hasilnya dari dua variasi dengan balok tegak lurus serat dan diagonal serat.

Tabel 5.25 Analisa kekakuan dari data hubungan momen – kelengkungan

Variasi	Sampel	M (Kgcm)	Kelengkungan Φ (1/cm)	EI = M/ Φ (Kg.cm ²)	EI Rata-rata (Kgcm ²)	EI Rata-rata (%)
Tegak Lurus Serat	1	168000	0,00103	163106796	81382506,33	100
	2	157500	0,00078	201923076		
	3	152250	0,00085	179117647		
Diagonal Serat	4	168000	0,00143	117482517	75167968,66	96,57
	5	147000	0,00066	222727272		
	6	157500	0,00085	185294117		

Dari Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 juga bisa diamati pengaruh arah serat terhadap daktilitas kelengkungan balok yang disajikan dalam Tabel 5.26.

Tabel 5.26 Analisa daktilitas kelengkungan dari data hubungan momen – kelenkungan

Variasi	Sampel	M (KgcM)	Φ_y (1/cm)	Φ_{tot} (1/cm)	Daktilitas Φ_{tot}/Φ_y	Daktilitas Rata-rata	Daktilitas Rata-rata (%)
Tegak Lurus Serat	1	168000	0,00103	0,00103	1,00	1,163	100
	2	157500	0,00078	0,00108	1,38		
	3	152250	0,00085	0,00085	1,00		
Diagonal Serat	4	168000	0,00143	0,00143	1,00	1,036	89,13
	5	147000	0,00066	0,00181	1,11		
	6	157500	0,00085	0,00085	1,00		

5.1.4.3 Analisa Kerusakan pada sampel Uji

Kerusakan yang terjadi pada ke enam sampel uji pada penelitian ini adalah terjadi retak pada badan, tetapi kerusakan yang paling besar terjadi pada sample balok papan diagonal serat.

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kuat Geser Kayu // Serat, Kuat Tarik Kayu // Serat, Dan Kuat Desak Kayu // Serat Berdasarkan PKKI

Dengan mengamati hasil analisa pengujian benda uji didapat tegangan geser, tegangan tarik, dan tegangan desak kemudian disesuaikan dengan tegangan izin dan modulus elastisitas menurut PKKI disajikan dalam Tabel 5.27 dan Tabel 5.28 berikut ini.

Tabel 5.27 Hasil analisis pengujian benda uji

	Teg. Geser rata-rata max (Kg/ cm²)	Teg. Tarik rata-rata max (Kg/ cm²)	Teg. Desak rata-rata max (Kg/ cm²)
Benda Uji	66,55	354,81	381,93
SF = 3	22,18	118,27	127,31
Teg. izin Kelas kuat 1 PKKI	25,00	130,00	130,00
Teg.izin Kelas kuat 2 PKKI	12,00	85,00	85,00

Tabel 5.28 Hasil analisis Modulus Elastisitas

	Modulus elastisitas (Kg/cm²)
Benda Uji	251263,92
Modulus elastisitas Kelas kuat kayu 1 PKKI	125000,00
Modulus elastisitas Kelas kuat kayu 2 PKKI	100000,00

Dari hasil analisa pada tabel 5.27 dan tabel 5.28 didapatkan modulus elastisitas termasuk kelas kuat kayu 1 sedangkan tegangan tarik, tegangan geser dan tegangan desak termasuk kelas kuat kayu 2, maka dapat ditarik kesimpulan benda uji yang digunakan termasuk kelas kuat kayu 2 menurut PKKI

5.2.2 Kuat Lentur Balok Berdasar Hubungan Beban – Lendutan

Dengan mengamati gambar-gambar pada lampiran, yaitu grafik hubungan beban-lendutan sebelum diidealisir, dapat dilihat bahwa balok memiliki trend kuat lentur yang sama. Mulai dari kuat lentur awal sampai kuat lentur ultimit, kurva

melengkung tetapi mendekati linear. Setelah mencapai kuat lentur ultimit, balok papan mengalami retak dan terjadi penurunan sedikit pada kuat lenturnya.

Kemudian balok papan masih mengalami peningkatan lentur sedikit setelah mengalami retak sampai balok mengalami kuat lentur ultimit yang kedua. Setelah itu, kuatlentur balok papan cenderung linear, yaitu balok mempunyai kuat lentur yang sama dengan kuat lentur ultimit yang kedua. Pada fase ini, beban balok papan tetap, sedangkan lendutannya mengalami peningkatan.

Kuat lentur paling besar dialami oleh balok papan tegak lurus serat pada sampel 1 dan balok papan diagonal serat pada sampel 4 pada beban sebesar 5600 Kg. Dan kuat lentur yang paling kecil adalah balok papan diagonal serat pada sampel 5 pada beban 4900 Kg. Lendutan paling panjang terjadi pada balok papan diagonal serat pada sampel 4 dan lendutan yang paling pendek terjadi pada balok papan tegak lurus serat pada sampel 2.

Dari hasil penelitian didapatkan hubungan beban-lendutan ($P-\Delta$), sehingga kemudian dapat dicari nilai kekakuan dari balok-balok sampel. Nilai kekakuan dicari dengan $P-\Delta$. Dalam pengujian ini, nilai kekakuan dari keenam sampel berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat pada pola grafik beban-lendutan hasil pengujian.

Pada analisa kekakuan dari data beban-lendutan (Tabel 5.17), dapat dilihat kekakuan dari keenam sampel yang kemudian dirata untuk dua variasi, dan dapat diketahui penurunan nilai kekakuan dari balok papan tersebut.

Untuk balok papan variasi tegak lurus serat dengan $a/h = 1,0$ rata-rata beban maksimumnya adalah 5308,33 Kg dan mempunyai nilai kekakuan sebesar 980,523 Kg/cm. Sedangkan untuk balok Variasi diagonal serat dengan $a/h = 1,0$ rata beban maksimumnya adalah 5250 Kg dan nilai kekakuannya adalah 875,553

Kg/cm. Jadi dengan balok papan tegak lurus serat dengan $a/h = 1,0$ sebagai pembadingnya, maka dapat dilihat bahwa balok papan serat diagonal serat dengan $a/h = 1,0$ akan mengalami penurunan beban maksimum sebesar 1,098 % dan nilai kekakuan mengalami penurunan sebesar 10,705 %

5.2.3 Daktilitas Simpangan ditinjau dari Hubungan Beban - Lendutan

Besarnya lendutan pada beban maksimum dan lendutan maksimum pada balok papan merupakan dasar mencari daktilitas balok papan. Daktilitas simpangan merupakan perbandingan Δ_{tot}/Δ_y .

Berdasarkan pengamatan pada grafik hubungan beban lendutan yang kemudian dianalisa seperti ditampilkan pada Tabel 5.18, dapat dilihat daktilitas rata-rata balok papan dengan dua variasi serat dan dapat dibandingkan dengan balok papan tegak lurus serat sebagai pembandingnya.

Untuk balok papan tegak lurus serat untuk tiga sampel didapatkan nilai daktilitas rata sebesar 1,18 atau 100 % pada beban maksimum rata-rata 5308,33 Kg. Dan untuk balok papan diagonal serat untuk tiga sampel, didapatkan nilai daktilitas rata-rata 1,02 pada beban maksimum rata-rata 5250 Kg. Jadi pada balok diagonal serat mengalami penurunan daktilitas sebesar 8,81 % dan penurunan beban maksimum sebesar 1,05 %.

5.2.4 Kuat lentur Balok ditinjau dari Hubungan Momen – Kelengkungan

Perilaku dari grafik hubungan momen kelengkungan memiliki trend yang tidak jauh berbeda dengan grafik hubungan beban lendutan seperti ditunjukkan pada gambar di lampiran. Demikian juga dengan kuat lentur balok papan yang didapat dari kedua grafik tersebut. Mulai dari kuat lentur awal akibat momen sampai dengan kuat lentur ultimit balok sampai balok mengalami retak sehingga terjadi sedikit penurunan pada kuat lentur. Kemudian balok mengalami

peningkatan kuat lentur sedikit setelah retak, sampai balok mengalami kuat lentur ultimit yang kedua dan tidak mengalami kuat lentur lagi. Setelah kuat lentur yang sama dengan kuat lentur ultimit kedua, tetapi kelengkungan balok mengalami peningkatan sedangkan momen balonya tetap.

Kuat lentur paling besar dialami balok papan tegak lurs serat sampel 1 dan balok papan diagonal serat sampel 4 pada momen sebesar 168000 Kg.cm. Dan kuat lentur paling kecil adalah pada balok papan tegak lurs serat sampel 5 pada momen sebesar 147000 Kg.cm. Kelengkungan paling panjang terjadi pada balok papan diagonal serat sampel 4 dan kelengkungan paling pendek terjadi pada balok papan diagonal serat sampel 5.

Dari hubungan momen – kelengkungan dapat ditunjukkan faktor kekakuan pada Tabel 5.23 dilakukan analisa dari grafik momen kelengkungan sehingga didapat faktor kekakuan masing-masing balok papan sampel dan dapat dibandingkan dari kedua variasi balok papan diagonal serat sebagai pembandingnya.

Pada balok papan tegak lurus serat mempunyai faktor kekakuan rata-rata sebesar 181382506,33 Kg.cm² pada beban maksimum rata-rata yang menimbulkan momen sebesar 159250 Kg.cm. Sedangkan untuk balok papan diagonal serat mempunyai faktor kekakuan rata-rata sebesar 175167968,66 Kg.cm² pada beban maksimum rata-rata yang menimbulkan momen sebesar 157500 Kg.cm. jadi dapat dilihat bahwa balok papan diagonal serat akan mengalami penurunan faktor kekakuan sebesar 3,43 % dan momennya mengalami penurunan sebesar 1,09 % .

5.2.5 Daktilitas Kelengkungan ditinjau dari Hubungan Momen-Kelengkungan

Besarnya Kelengkungan pada momen maksimum dan kelengkungan maksimum pada balok merupakan dasar untuk mencari daktilitas balok papan. Daktilitas kelengkungan merupakan perbandingan Φ_{tot}/Φ_y .

Berdasarkan pengamatan pada grafik hubungan momen-kelengkungan yang kemudian dianalisa seperti ditampilkan pada Tabel 5.28, dapat dilihat daktilitas rata-rata dengan dua variasi arah serat dan dapat dibandingkan dengan balok papan diagonal serat sebagai pembandingnya.

Untuk balok papan tegak lurus serat dari tiga sampel didapatkan nilai daktilitas rata-rata sebesar 1,163 atau 100% pada saat balok papan menerima 159250 Kg.cm. Dan untuk balok papan diagonal serat untuk tiga sampel didapatkan nilai daktilitas rata-rata sebesar 1,036 pada saat balok papan menerima beban rata-rata yang menimbulkan momen sebesar 157500 Kg.cm . Jadi balok papan diagonal serat mengalami penurunan daktilitas sebesar 10,87 % dan penurunan momen sebesar 1,09 %.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

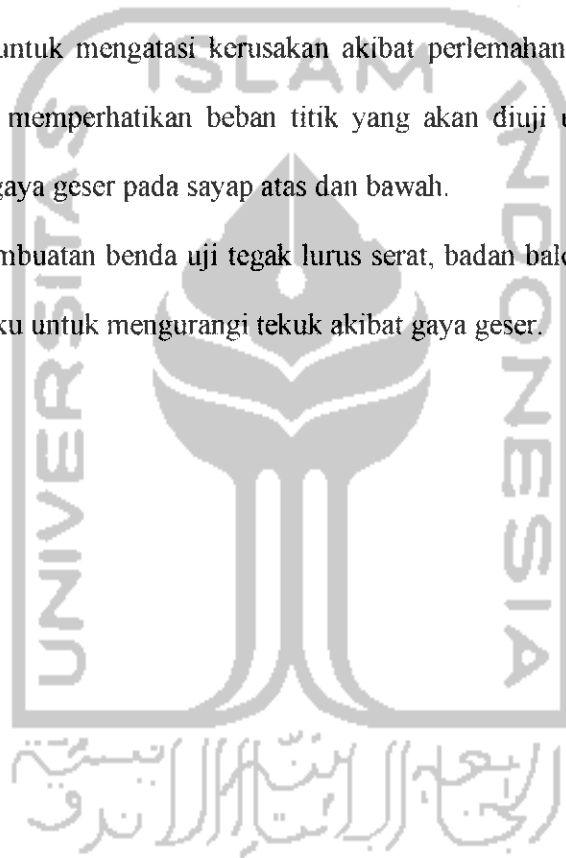
Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan tentang balok papan prismatis tegak lurus dan diagonal serat dengan $a/h = 1,0$, yaitu sebagai berikut :

1. Dengan besar beban (P) yang sama dan momen yang sama maka balok papan prismatis tegak lurus serat memiliki kelengkungan lebih kecil dari pada papan prismatis diagonal serat. Disamping itu papan prismatis diagonal serat memiliki kelendutan yang lebih besar dari pada lendutan yang dialami balok papan tegak lurus serat.
2. Kekakuan dari balok papan prismatis dipengaruhi oleh arah serat pada balok badan papan prismatis. Semakin besar sudut arah serat, maka semakin besar nilai kekakuannya.
3. Arah serat juga mempengaruhi kemampuan balok dalam menahan momen pada saat menerima beban maksimum dan mempengaruhi factor kekakuan balok EI . Semakin besar sudut arah serat, maka semakin besar momen yang dapat ditahan dan semakin besar nilai EI .
4. Pada saat beban maksimum, balok mengalami retak dan pada saat retak tersebut balok mengalami penurunan kuat lentur sedikit. Tetapi balok masih mampu mengalami kenaikan kuat lentur meskipun sedikit setelah balok mengalami retak.

5. Kerusakan yang terjadi pada balok papan prismatis ini adalah kerusakan pada badan akibat geser.

6.2 Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang balok papan prismatis pada arah serat dengan variasi sudut.
2. Perlu dicari untuk mengatasi kerusakan akibat perlemahan sambungan paku yaitu dengan memperhatikan beban titik yang akan diuji untuk mengurangi tekuk akibat gaya geser pada sayap atas dan bawah.
3. Pada saat pembuatan benda uji tegak lurus serat, badan balok dibuat ditengah-tengah pengaku untuk mengurangi tekuk akibat gaya geser.



DAFTAR PUSTAKA

1. -----, 1961, Peraturan Kontruksi Kayu untuk Indonesia (PKKI), Yayasan Penerbit PU, Jakarta.
2. Ade Mujtahid dan Rudy H (2000), Penelitian Tugas Akhir.
3. Bambang Triatmodjo, 1996, Metode Numerik, Beta Offset, Yogyakarta.
4. Ety Suryani dan Ani Sumaryanti (2001), Penelitian Tugas Akhir.
5. Frick, H, 1982, Ilmu Kontruksi Bangunan Kayu, Penerbit Kanisius, yogyakarta.
6. Jensen, A dan Chenoweth, H.H, 1989, Kekuatan Bahan Terapan, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga.
7. Popov, E.P, 1995, Mekanika Teknik, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
8. Salmon, C.G dan Johnson, J.E, 1990, Struktur Baja I Desain dan Perilaku, Edisi Ketiga, PT Gramedia, Jakarta.
9. Salmon, C. G dan Johnson, J. E, 1990, Struktur Baja II Desain dan Perilaku, Edisi Ketiga, Pt Gramedia, Jakarta.
10. Suwarno W, 1976, Kontruksi Kayu, Fakultas Teknik UGM.



KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID. STUDI
1	Purwono Yudho	97 511 336	Teknik Sipil
2	Yudi Suhendra	97 511 410	Teknik Sipil

JUDUL TUGAS AKHIR :

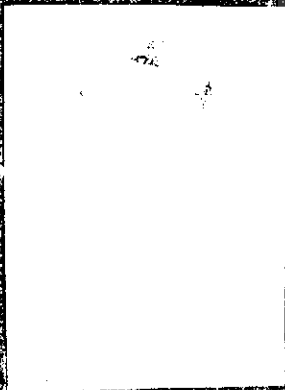
Penelitian blok papari non-prismatis searair dan diagonal dengan profil

PERIODE IV : JUNI - NOPEMBER
TAHUN : 2002 / 2003

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Okc.	Nop.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA						
6.	Sidang Sidang						
7.	Pendaftaran						

DOSEN PEMBIMBING
 DOSEN PEMBIMBING II

Ir. H. Tadjuddin BMA., MFL
 Ir. H. Suharyatno, MT.



Yogyakarta
 17 Desember 2003

catatan

Seminar
 Sidang
 Pendaftaran

17 Des 2003

Di persiapkan s/d ulangan Mei 2004
Hee
[Signature]
alernip



Gambar Balok Sampel 1 Sebelum Pengujian

Gambar Balok Sampel 1 Setelah Pengujian



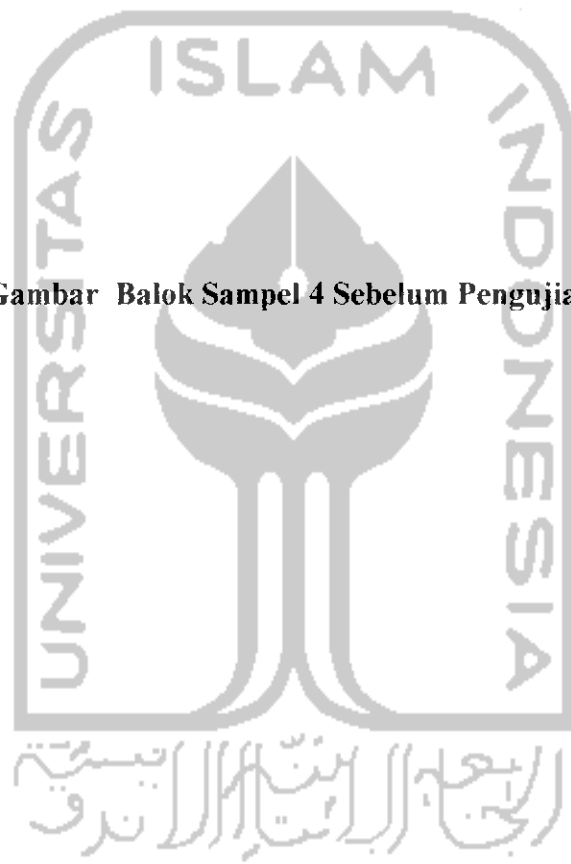
Gambar Balok Sampel 2 Sebelum Pengujian

Gambar Balok Sampel 2 Setelah Pengujian



Gambar Balok Sampel 3 Sebelum Pengujian

Gambar Balok Sampel 3 Setelah Pengujian



Gambar Balok Sampel 4 Sebelum Pengujian

Gambar Balok Sampel 4 Setelah Pengujian



Gambar Balok Sampel 5 Sebelum Pengujian

Gambar Balok Sampel 5 Setelah Pengujian

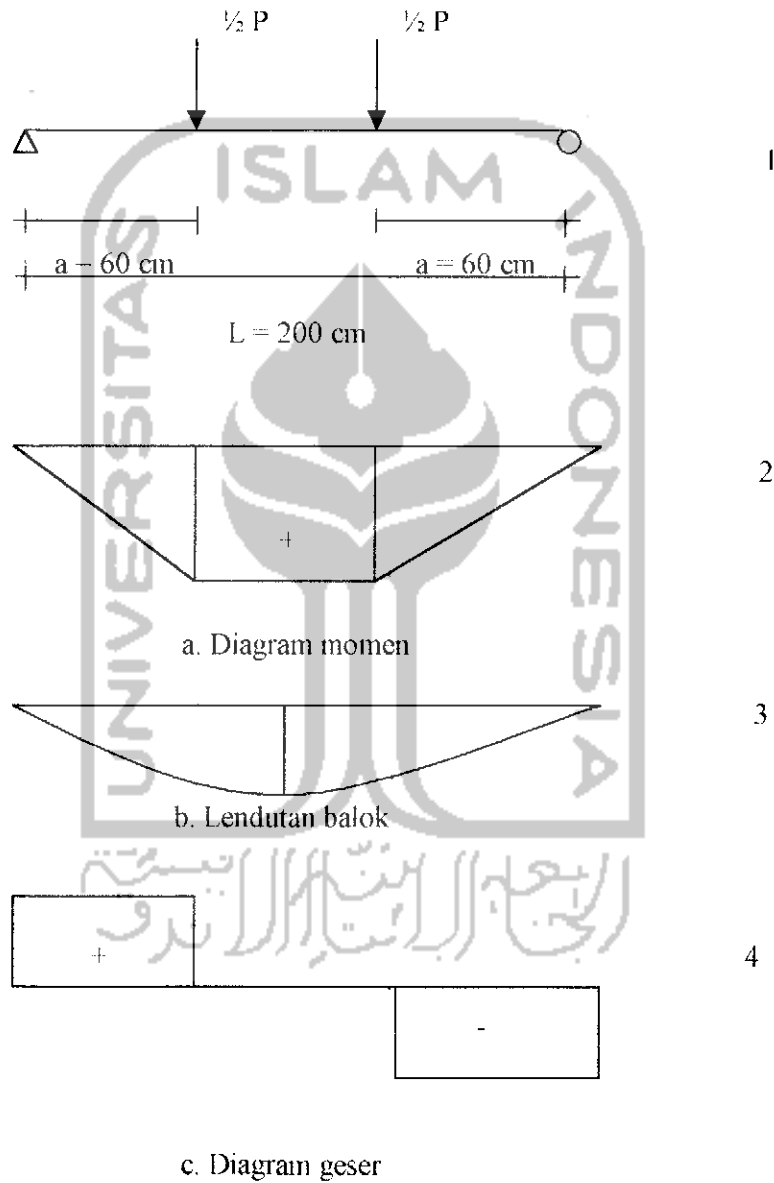


Gambar Balok Sampel 6 Sebelum Pengujian

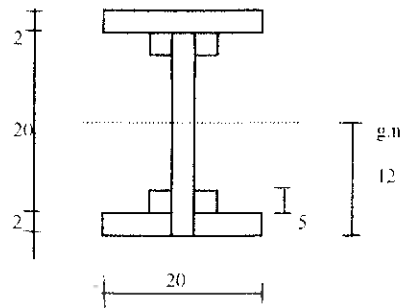
Gambar Balok Sampel 6 Setelah Pengujian

- PEMBEBANAN

Pembebanan yang dipakai dapat dilihat pada gambar dibawah ini



1. Perhitungan Momen Inersia (I)



$$y = \frac{(2 \cdot 20 \cdot 1) + (2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 4,5) + (2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 19,5) + (2 \cdot 20 \cdot 23) + (2 \cdot 20 \cdot 12)}{3(2 \cdot 20) + (4 \cdot 3 \cdot 5)}$$

$$y = \frac{2160}{180} = 12 \text{ cm}$$

$$I_{\text{sayap}} = \left[\left(\frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 2^3 \right) + (2 \cdot 20) \cdot 11^2 \right] = 9706,67 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{badan}} = \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 20^3 = 1333,33 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} I_{\text{reng}} &= \frac{1}{4} [I_t + I_g] & \rightarrow I_t &= 4 \cdot I_y + 4 \cdot F \cdot c^2 \\ &= \frac{1}{4} (420 + 3 \cdot 180) & &= 4 \left[\left(\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 3^3 \right) + (3 \cdot 5) \left(\frac{2+3}{2} \right)^2 \right] \\ &= 240 \text{ cm}^4 & &= 420 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} (2 \cdot b)^3 \cdot (2 \cdot h)$$

$$= \frac{1}{12} (2 \cdot 3)^3 \cdot (2 \cdot 5) = 180 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$I_{\text{total}} = I_{\text{sayap}} + I_{\text{badan}} + I_{\text{reng}}$$

$$= 9706,67 + 1333,33 + 240 = 11280 \text{ cm}^4$$

Karena struktur ini menggunakan kampuh mendatar maka factor reduksi sebesar 0,8

$$I_r = 0,8 \cdot I_{\text{total}} = 0,8 \cdot 11280 = 9024 \text{ cm}^4$$

a. Tegangan lentur

$$\sigma = \frac{M}{W} < \sigma_{lt} \quad \sigma_{lt} \text{ untuk kayu kruing yang termasuk kelas II maka } 100 \text{ kg/cm}^2$$

$$W = \frac{I_r}{y} = \frac{0,8 \cdot I_{total}}{12} = \frac{0,8 \cdot 11280}{12} = 752 \text{ cm}^3$$

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

$$= 752 \cdot 100 = 75200 \text{ kg cm}$$

$$\frac{1}{2} P \cdot a = 75200$$

$$P = \frac{75200 \times 2}{60}$$

$$P_1 = 2506,67 \text{ kg}$$

b. Tegangan lendutan

$$f_{ijin} = \frac{1}{200} \cdot L = \frac{1}{200} \cdot 200 = 1 \text{ cm}$$

$$f_{maks} = \frac{11,5 \cdot P \cdot L^3}{324 \cdot E \cdot I_r} \rightarrow E = \text{modulus kenyal untuk kelas kuat kayu II}$$

$= 100.000 \text{ kg/cm}^2$

$$I = \frac{11,5 \cdot P \cdot 200^3}{324 \cdot 100000 \cdot 9024}$$

$$P_2 = 3178,017 \text{ kg}$$

c. Tegangan geser

$$D_{\text{maks}} = \frac{1}{2} P$$

$$\frac{D_{\text{maks}} \cdot S}{b \cdot l} \leq \quad = \text{untuk kelas kuat kayu II} = 12 \text{ kg/cm}$$

$$S = (20 \cdot 2) \cdot 11 + 2(5 \cdot 3 \cdot 7,5) + (10 \cdot 2 \cdot 5) = 765 \text{ cm}^3$$

$$\frac{1}{2} P = \frac{12 \cdot 2 \cdot 9024}{765}$$

$$\frac{1}{2} P = 283,11$$

$$P = 566,21 \text{ kg}$$

Jadi P maksimum yang diijinkan = 566,21 Kg

2. Perhitungan Jumlah Paku

$$P = 566,21 \text{ kg}$$

$$S = 765 \text{ cm}^3$$

$$D_{\text{maks}} = \frac{1}{2} P = \frac{1}{2} \cdot 566,21 \\ = 283,11 \text{ kg}$$

$$b = \frac{D \cdot S}{l} = \frac{283,11 \cdot 765}{9024} = 24 \text{ kg/cm}$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot L \cdot b$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 24$$

$$= 1200 \text{ Kg}$$

Kekuatan paku

$$P = 0,5 \cdot b \cdot d \cdot T_k$$

$$= 0,5 \cdot 2 \cdot 0,277 \cdot 150 = 41,55 \text{ kg}$$

Jumlah paku

$$n = \frac{1200}{41,55} = 29,88 \approx 30 \text{ paku}$$

1 bentang dipakai 60 buah paku

Jadi 1 bentang atas dan bawah dipakai 120 paku

3. Penempatan Paku

Syarat 10 d = jarak antar paku

12 d = jarak paku ketepi

a. penempatan paku pada pengaku a/h = 1,0

$$b = 200 \text{ cm} \quad n = 22$$

di buat 2 baris

$$n = \frac{22}{2} = 11 \text{ paku / baris}$$

$$10 \cdot 10d + 2 \cdot 12d = 34,84 < 200 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

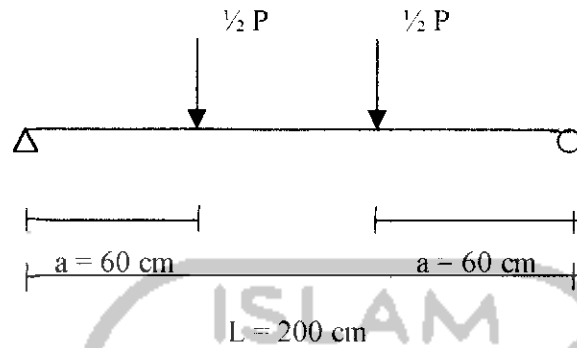
b. penempatan paku pada pengaku a/h = 2,0

$$L = 200 \text{ cm} \quad n = 12$$

Dibuat 2 baris

$$n = \frac{12}{2} = 6 \text{ paku / baris}$$

$$5 \cdot 10d + 2 \cdot 12d = 20,49 < 200 \dots \dots \text{OK}$$



P eksperimen = 5600 kg

Mencari Tegangan Lentur

$$a = 60 \text{ cm}$$

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

$$I = 11.280,0,3$$

$$= 3384 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{lt} = \frac{m.y}{I}$$

Didapat $\sigma_{lt \text{ maks}} = \sigma \text{ desak eksperimen}$

$$381,93 = \frac{1/2 P \cdot 60 \cdot 12}{3384}$$

$$P = 3590,142 \text{ kg}$$

Mencari Tegangan Geser

$$s = 765 \text{ cm}^2$$

$$b = 2 \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{D.S}{I.b}$$

Dipakai tegangan geser eksperimen = 66,55 kg/cm²

$$66,55 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P.S}{I \cdot b}$$

$$66,55 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P \cdot 765}{3384,2}$$

$$P = 1177,543 \text{ kg}$$

Mencari Lendutan

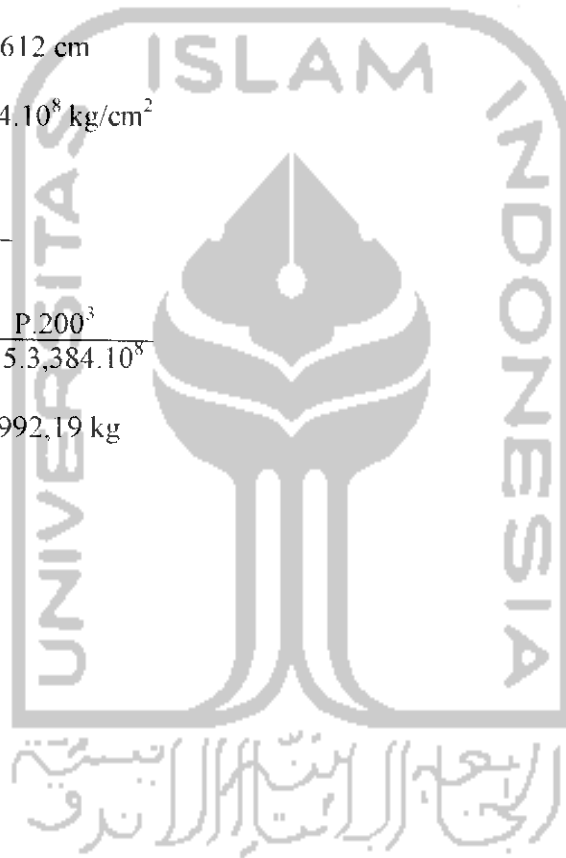
$$\Delta_{\text{maks}} = 6,612 \text{ cm}$$

$$EI = 3,384 \cdot 10^8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta = \frac{P \cdot L^3}{25 \cdot EI}$$

$$6,612 = \frac{P \cdot 200^3}{25 \cdot 3,384 \cdot 10^8}$$

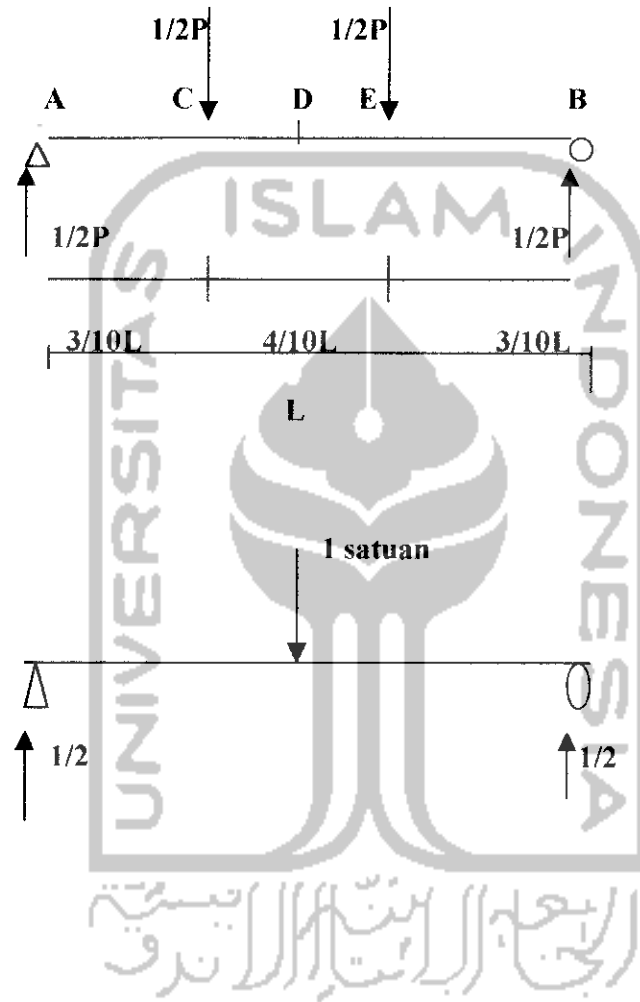
$$= 6992,19 \text{ kg}$$



PENJABARAN RUMUS LENDUTAN

Rumus Asli =

$$\Delta = \sum \int \frac{Mm}{EI} dx$$



BATANG	AC	CD	DE	EB
M	$=1/2P.3/10L$ $=3/20L$	$=1/2P.5/10L -$ $1/2P.2/10L$ $=-3/20PL$	$=1/2P.5/10L$ $- 1/2P.2/10L$ $=-3/20PL$	$=1/2P.3/10L$ $=3/20L$
m	$=1/2.3/10L$ $=3/20L$	$=1/2.5/10L$ $=-5/20L$	$=1/2.5/10L$ $=5/20L$	$=1/2.3/10L$ $=3/20L$

$$EI \Delta_D = \int \frac{9}{400} PL^2 dl + \int \frac{15}{400} PL^2 dl + \int \frac{15}{400} PL^2 dl + \int \frac{9}{400} PL^2 dl$$

$$= \frac{9}{3.400} PL^3 + \frac{15}{3.400} PL^3 + \frac{15}{3.400} PL^3 + \frac{9}{3.400} PL^3$$

$$\Delta_D = \frac{48PL^3}{1200EI} = \frac{1PL^3}{25EI}$$

