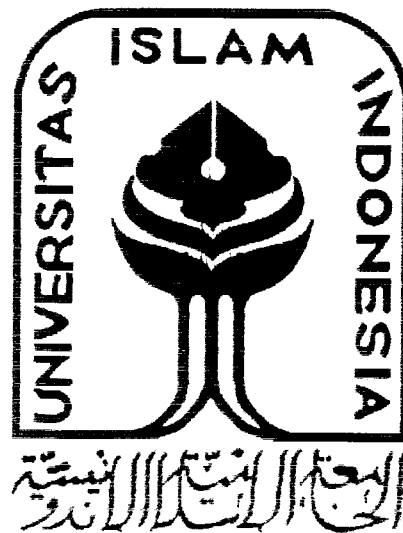


TUGAS AKHIR
PERILAKU KUDA-KUDA PAPAN



DISUSUN OLEH :

FTRIANA BUDI P
97511370
PIPIT EMIYANTI
97511394

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2002

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
PERILAKU KUDA-KUDA PAPAN**

Di susun oleh :

**FITRIANA BUDI P
97 511 370
PIPIT EMIYANTI
97 511 394**

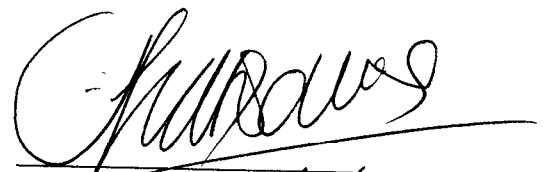
TELAH DIPERIKSA DAN DISETUJUI OLEH :

IR. H. SUHARYATMO, MT

Dosen Pembimbing I

IR. FATKHURROHMAN, N, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal :

6/9/02



Tanggal : 6/09/2002

MOTTO

"Apabila telah ditunaikan Shalat, maka bertebaranlah kamu di muka bumi; dan carilah karunia Allah dan ingatlah Allah banyak-banyak, supaya kamu beruntung"

(Al Jum'ah/ 02:10)

"Cukup bagi kami ilmu sebagai milik.

Biarkan kami berlimpah ilmu.

Biarkan yang acam bergelimang harta.

Harta kan luhuh dalam sekejap.

Sedangkan ilmu tiada kan fana."

" Sungguh seseorang hanya akan meraih pengetahuan bila dalam dirinya terdapat enam hal : Kecerdasan, Semangat, Ketabahan, Bekal, Bimbingan guru dan Proses yang tiada henti"

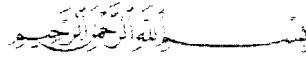
ABSTRAKSI

Kayu ialah suatu bahan konstruksi yang di dapatkan dari tumbuhan yang sudah disediakan oleh alam. Di Indonesia kayu banyak digunakan sebagai material struktur, keuntungan yang diperoleh dari kayu sebagai bahan material strktur bangunan adalah ketahanan terhadap gempa. Pada struktur rangka batang dari kayu yang banyak digunakan adalah kuda – kuda yang menggunakan kayu setempat dan berbentuk balok. Dalam pembuatannya diperlukan kayu yang jumlahnya banyak, waktu yang lama dan pekerja yang memiliki ketrampilan khsus. Untuk tujuan penghematan itu maka dilakukan penelitian kuda- kuda papan dengan alat sambung paku.

Penelitian ini meliputi uji kuat desak, uji kuat tarik, uji berat jenis dan uji kuat lentur kuda – kuda papan. Uji kuat lentur kuda – kuda papan dilakukan dengan memberi beban pada puncak kuda – kuda. Dengan dipasang dial pada batang bagian bawah maka dapat dihitung lendutan yang terjadi pada kuda – kuda tersebut.

Dengan dilakukan pengujian ini dapat diketahui P_{cr} dan F_{cr} secara teoritis dan numeris. Tegangn kritis secara teoritis ($F_{cr} = 7,6932\text{kg/cm}^2$) lebih kecil dari tegangan kritis secara numeris ($F_{cr1} = 28,768\text{kg/cm}^2$, $F_{cr2} = 42,470\text{kg/cm}^2$), sehingga terjadi buckling pada kuda – kuda papan. Benda ujin ini mampu menahan beban lebih dari 0,8375 ton.

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi ini yang berjudul "**Perilaku kuda-kuda Papan**". Adapun tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program studi tingkat sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak yang cukup besar artinya, untuk itu penulis menyampaikan rasa hormat, penghargaan dan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Suharyatmo, MT, selaku dosen Pembimbing I, yang telah memberikan ide-ide dasar dan meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan
2. Bapak Ir. Fatkhurrohman N., MT, selaku dosen pembimbing II sekaligus selaku Kepala Lab. Mekanika Rekayasa Universitas Islam Indonesia yang telah sabar dan tekun dalam memberikan ide-ide, petunjuk dan bimbingannya serta ijinnya untuk melakukan uji penelitian.
3. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku dosen penguji.

4. Bapak Ir. Widodo, MSCE, Phd, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
5. Bapak Ir. Munadhir, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Indonesia.
6. Bapak Ir. Ilman Noor, MSCE, selaku Kepala Lab. Bahan Bangunan yang telah memberikan izinnya untuk melakukan uji penelitian.
7. Bapak dan Ibu tercinta yang telah memberikan semangat secara moral maupun material dan yang telah memberikan pendidikan yang terbaik.
8. Asisten Lab. Mekanika Rekayasa dan Bahan Bangunan yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian.
9. Segenap Staf dan Karyawan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
10. Teman-teman yang turut membantu dalam pelaksanaan penelitian :
Wulan, Tatit, mas Deden, Nurul, Iin, Dudik. Anak-anak kelas E'97.
11. Teman-teman kost 5B yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu dengan senang hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna tersempurnanya skripsi ini. Akhirnya penulis mengharapkan semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, Juli 2002

Penyusun

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
ABSTRAKSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Lokasi Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Literatur Yang Menunjang Penelitian.....	5
BAB III. LANDASAN TEORI	
3.1 Kuda-kuda Papan.....	8
3.2 Papan Kayu.....	9
3.2.1. Penentuan Modulus Elastisitas (E) Kayu.....	11
3.3 Kuat Tekan.....	13
3.4 Desain Kolom.....	14
3.5 Tekuk Lokal.....	16
3.6 Hubungan Momen-Kelengkungan.....	18
3.7 Daktilitas.....	20
3.8 Hipotesis.....	22

4.1 Tinjauan Umum.....	23
4.2 Persiapan Bahan dan Alat.....	23
4.2.1. Bahan.....	23
4.2.2. Alat Yang Digunakan.....	24
4.3 Pembuatan Benda Uji.....	29
4.4 Benda Uji.....	30
4.5 Jumlah Benda Uji.....	31
4.6 Pengujian Benda Uji.....	32
4.6.1. Pengujian Kuat Desak Papan.....	32
4.6.2. Pengujian Kuat Tarik Papan.....	32
4.6.3. Pengujian Kuat Lentur.....	33
BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
5.1 Hasil Penelitian Pendahuluan.....	34
5.1.1. Hasil Uji Kuat Tarik Kayu.....	34
5.1.2. Hasil Uji Kuat desak Kayu.....	35
5.1.3. Hubungan Beban-Lendutan Hasil Penelitian.....	35
5.1.4. Hasil Uji Berat Jenis Kayu.....	36
5.2 Penelitian Sistem Kuda-kuda di Laboratorium Mekanika Rekayasa.....	36
5.2.1. Hubungan Beban-Lendutan Hasil Penelitian.....	36
5.2.2. Hubungan Momen-Kelengkungan.....	39
5.2.3. Analisa Kerusakan pada Benda Uji.....	41
5.3 Pembahasan.....	42
5.3.1. Analisa Data Kuat Lentur Kayu Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan.....	42
5.3.2. Kuat Lentur Kuda-kuda Papan Berdasarkan Hubungan Beban-Lendutan.....	45
5.3.3. Kuat Lentur Kuda-kuda Papan Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan.....	45
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	46

6.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Modulus Elastisitas Kayu (PPKI, 1961)
- Tabel 5.1 Hasil Uji Tarik Kayu // Serat
- Tabel 5.2 Tegangan Regangan Uji Kuat Desak Kayu
- Tabel 5.3 Hasil Uji Berat Jenis Kayu
- Tabel 5.4 Hasil Uji Kuat Lentur Benda Uji 1
- Tabel 5.5 Hasil Uji Kuat Lentur Benda Uji 2
- Tabel 5.6 Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji
- Tabel 5.7 Kekakuan Batang
- Tabel 5.8 Analisa Daktilitas Simpangan pada Kayu
- Tabel 5.9 Analisa Kekakuan dari data hubungan momen-kelengkungan
- Tabel 5.10 Analisa Daktilitas Kelengkungan dari data hubungan
momen-kelengkungan

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Kerangka Kuda-kuda Papan
- Gambar 3.2 Tekuk Pada Pelat Bebas
- Gambar 3.3 Koefisien Tekuk Pada Pelat Bebas
- Gambar 3.4 Grafik Tegangan-Regangan
- Gambar 3.5 Kolom Spasi, Penentuan Kondisi Akhir a dan b
- Gambar 3.6 Batang Lurus dibebani Gaya Tekan Aksial
- Gambar 3.7 Grafik Tegangan Kolom dengan Rasio Kelangsingan
- Gambar 3.8 Papan yang ditekan merata
- Gambar 3.9 Koefisien Tekuk Elastik untuk tekan pada pelat
- Gambar 3.10 Rangka Kuda-kuda yang diberi beban aksial (P) akan terjadi
Lendutan
- Gambar 3.11 Hubungan antara Beban (P) dan Lendutan (Y)
- Gambar 3.12 Hubungan Momen (M) dan Kelengkungan (ϕ)
- Gambar 4.1 Mesin Uji Kuat Tarik
- Gambar 4.2 Mesin Uji Kuat Desak
- Gambar 4.3 Bentuk Fisik Loading Frame
- Gambar 4.4 Dukungan Sendi dan Rol
- Gambar 4.5 Dial Gauge
- Gambar 4.6 Transducer
- Gambar 4.7 Calibration Tester
- Gambar 4.8 Dongkrak Hidrolik

Gambar 4.9 Model Benda Uji

Gambar 4.10 Model Benda Uji Kuat Tarik Kayu

Gambar 4.11 Model Benda Uji Berat Jenis

Gambar 4.12 Model Benda Uji Kuat desak

Gambar 4.13 Model Pembebanan

Gambar 5.1 Grafik Hubungan Beban Lendutan Benda Uji 1

Gambar 5.2 Grafik Hubungan Beban Lendutan

Gambar 5.3 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Kuda-kuda Papan

DAFTAR NOTASI

K = koefisien tekuk

E = modulus elastisitas

μ = angka poisson

h = panjang papan

t = tebal papan

b = lebar papan

σ = tegangan

ε = regangan

P = beban/gaya aksial

I = inersia

P_{cr} = beban kritis

F_{cr} = tegangan kritis

A = luas penampang

L_k = panjang tekuk

Y = lendutan

Δ = lendutan

M = momen

ϕ = kelengkungan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kayu ialah suatu bahan konstruksi yang didapatkan dari tumbuhan yang sudah disediakan oleh alam. Di Indonesia kayu banyak digunakan sebagai material struktur bangunan gedung, rumah tinggal, jembatan, bantalan rel kereta api dan lain-lain. Berbagai keuntungan yang diperoleh dari kayu sebagai bahan struktur bangunan adalah ketahanan terhadap gempa. Jika dibandingkan dengan konstruksi baja atau beton secara ekonomis, konstruksi kayu dengan daya dukung yang sama memiliki harga \pm 25% sampai 40% lebih murah. Jika suatu struktur secara keseluruhan menggunakan kayu sebagai komponen utama maka berat total struktur akan jauh lebih kecil dibanding jika struktur tersebut menggunakan material yang lain (baja dan beton), sehingga penelitian-penelitian tentang kayu yang dirasa masih sedikit perlu lebih dikembangkan, karena sebagai negara tropis Indonesia kaya aneka ragam jenis kayu yang memiliki sifat-sifat beragam.

Pada struktur rangka batang dari kayu yang banyak digunakan adalah kuda-kuda yang merupakan struktur pendukung penutup atap. Kuda-kuda atap dari kayu sangat banyak dipakai untuk perumahan di Indonesia dengan bentang yang cukup besar hingga mencapai 12 meter atau lebih. Pada umumnya jenis kayu yang banyak digunakan adalah jenis kayu setempat dan berbentuk balok.

Pemakaian kayu balok pada kuda-kuda ternyata memakai terlalu banyak kayu yang mengakibatkan pemakaian sambungan-sambungan yang banyak juga, sehingga dalam pelaksanaannya dibutuhkan waktu yang lama serta dibutuhkan pekerja yang memiliki ketrampilan khusus. Untuk tujuan penghematan itu maka dilakukan studi eksperimen kuda-kuda papan dengan menggunakan sambungan paku, dimana tukang kayu yang tidak memiliki ketrampilan khusus tidak akan mengalami banyak kesulitan dalam pembuatan kuda-kuda ini.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini, papan kayu difungsikan sebagai bahan struktur kuda-kuda. Dengan pemanfaatan papan kayu ini diharapkan menambah variasi dalam pembuatan suatu konstruksi.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mempelajari pola kerusakan kuda-kuda papan akibat pembebanan statis dan untuk mendapatkan beban optimal yang mampu didukung oleh kuda-kuda papan, untuk mendapatkan perilaku kuda-kuda papan dari hubungan beban-lendutan (P vs Δ) dan hubungan momen-kelengkungan (M vs Φ), untuk mendapatkan faktor kekakuan.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui :

1. Mengetahui kuat tekan maksimum yang dapat didukung oleh kuda-kuda papan.
2. Menambah alternatif sebagai masukan bagi permasalahan yang berhubungan dengan kekuatan kuda-kuda.
3. Menambah pengetahuan pembaca tentang konstruksi kayu yang masih jarang dilakukan penelitian.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian maka perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

1. Kayu yang digunakan adalah kayu papan Meranti
2. Sambungan yang digunakan adalah sambungan paku tampang satu.
3. Panjang batang benda uji adalah : batang atas $A = 270$ cm, batang bawah $B = 500$ cm, batang diagonal $D1 = D8 = 37,6$ cm, $D2 = D7 = 94,9$ cm, $D3 = D6 = 75,1$ cm, $D4 = D5 = 112,8$ cm.
4. Digunakan paku dengan diameter 4 mm dan 5,57 mm.
5. Karena perhitungan paku yang direncanakan lebih, maka kerusakan yang terjadi tidak pada sambungan
6. Batang hanya dibebani beban aksial desak.
7. Pengaruh suhu, udara dan faktor lain diabaikan.
8. Kuat geser dan kuat tarik yang terjadi tidak dijabarkan
9. Digunakan pelat sambung pada batang horisontal
12. Di anggap papan yang digunakan tidak memiliki cacat.

1.6 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa dan Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil FTSP Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Literatur Yang Menunjang Penelitian

Charles G Salmon dan Johnson (1990), batang yang mengalami tegangan tekan perhitungan bebannya dianalogikan sebagai kolom.

Charles G Salmon dan Johnson (1990), mengemukakan bahwa kekuatan penampang kayu yang didasarkan pada angka kelangsingan keserluruhan hanya dapat tercapai jika elemen plat tersebut tidak tertekuk setempat. Tekuk setempat elemen plat dapat mengakibatkan kehancuran penampang keseluruhan yang terlalu dini, atau paling sedikit menyebabkan tegangan menjadi tidak merata.

Felix Yap (1964), sambungan yang dipakai pada kuda-kuda papan adalah sambungan paku.

Breyer dan John A, papan biasa digunakan sebagai plat, sehingga kekuatannya didasarkan atas rasio kerampingan keseluruhan .

Breyer dan John A, dasar kekuatan tekuk kolom adalah rasio kelangsingan, terjadi apabila panjang kolom dibagi sudut putarannya kecil.

Felix Yap (1964), sambungan paku digunakan untuk kayu yang tidak terlalu keras dan tidak terlalu tebal.

Suwarno (1976), paku termasuk alat sambung tertua disamping baut. .Paku-paku tersebut biasanya terbuat dari baja Thomas, yang mempunyai σ_{dsk} mak = 6000-8000 kg/cm² dan δl_t max = 8000-12000kg/cm².

PPKI (1961), batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga terjamin stabilitasnya .

Charles dan Johnson, mengemukakan bahwa tekuk setempat pada komponen kolom secara logis dibatasi, sehingga tekuk setempat tidak terjadi sebelum kekuatan penuh kolom berdasarkan angka kelangsingan keseluruhan tercapai.

PKKI (1961), pelat penyambung digunakan untuk memperkecil gaya-gaya yang terjadi pada sambungan batang, terutama gaya tarik pada rangka kayu.

PKKI (1961), untuk batang yang menahan tegangan tekan, panjang tekuk (lk) harus diambil sebesar jarak antara dua titik yang berurutan yang bebas dari tekanan.

F. Faherty, mengemukakan bahwa desain kolom pada kayu ada tiga macam dan didasarkan pada angka kelangsingannya.

Suwarno, mengemukakan bahwa pada rangka kuda-kuda batang yang menerima tekan, untuk mengurangi tegangan yang terjadi diberi pengaku pada setiap buhul .

Walter dan Elmer, mengemukakan pada rangka kuda-kuda papan plywood digunakan plat, paku dan lem pada setiap sambungan buhulnya.

Suwarno, Gaya yang terjadi pada kayu dibedakan menjadi 2 yaitu, gaya searah serat (axial), gaya tegak lurus serat (tangensial dan radial), sifat mekanik

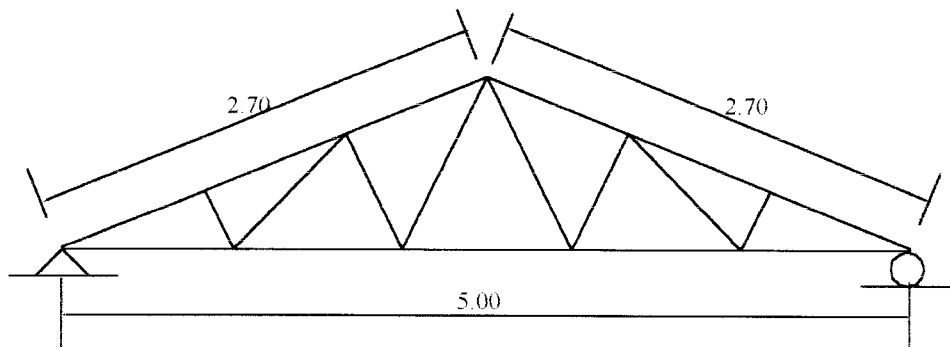
kayu inilah yang membedakan kayu dan baja. Lamanya waktu dan cara pembebanan kayu mempengaruhi kemampuan kayu dalam menahan beban yang diberikan.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Kuda-kuda papan

Kuda - kuda papan ialah rangka kuda-kuda yang komponen-komponennya terbuat dari papan-papan kayu. Jika kuda-kuda tersebut menerima beban transversal maka komponen-komponennya akan menerima gaya aksial desak dan tarik, hal ini ditunjukkan pada tanda (+) untuk gaya tarik dan (-) untuk gaya tekan seperti pada Gambar (3.1). Komponen struktur tekan yang terbuat dari papan kekuatannya sering dibatasi oleh masalah instabilitas (tekuk).



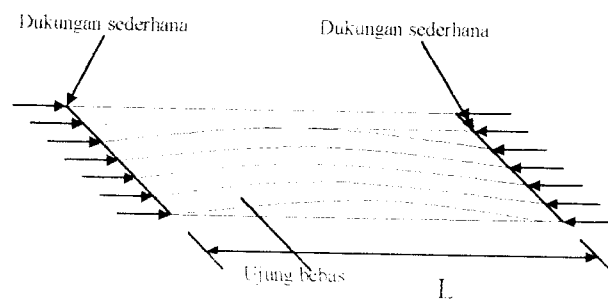
Gambar 3.1 Kerangka Kuda-Kuda Papan

3.2 Papan Kayu

Papan kayu dapat dipandang sebagai elemen pelat yang sisi-sisinya bebas. Menurut *Salmon dan Johnson* (1990), jika papan kayu tersebut mengalami gaya tekan maka papan bergantung kepada tegangan kritisnya yaitu:

$$F_{cr} = \frac{k \cdot \pi^2 \cdot E}{12(1 - \mu^2)(l/t)^2} \quad (3.11)$$

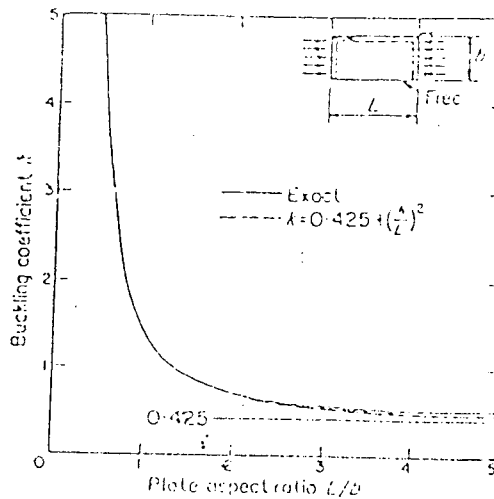
dengan: F_{cr} = tegangan kritis, k = koefisien tekuk, $\pi = 3.14$, E = modulus elastisitas, μ = angka poisson, l = panjang papan, t = tebal papan. Dimana nilai k pada papan yang mengalami tegangan seperti Gambar (3.2).



Gambar 3.2 Tekuk Pada Pelat Bebas

Nilai koefisien tekuk plat dipengaruhi oleh kondisi tepi dan distribusi tegangan.

Nilainya adalah sebagai berikut : $k = 0.425 + (l/t)^2$, dan dapat dilihat pada Gambar (3.3).



Gambar 3.3 Koefisien Tekuk Pada Pelat Bebas

Bila nilai k rasio panjang terhadap lebar papan lebih besar nilai 5 maka konstanta tekuk mendekati konstan sebesar 0.425 (Trahair1988), dengan memasukan nilai E besar maka tegangan kritisnya semakin besar. Dengan nilai E didapat dari pengujian tengangan bahan dan menggunakan Tabel *PKKI* yang berdasarkan kelas kuat kayu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Modulus Elastisitas Kayu (*PPKI*, 1961)

Kuat kelas kayu	$E // (\text{kg/cm}^2)$
I	250.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

Karena dipakai kayu dengan kuat kelas II maka berdasarkan tabel di atas nilai $E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$

3.2.1 Penentuan Modulus Elastisitas (E) Kayu

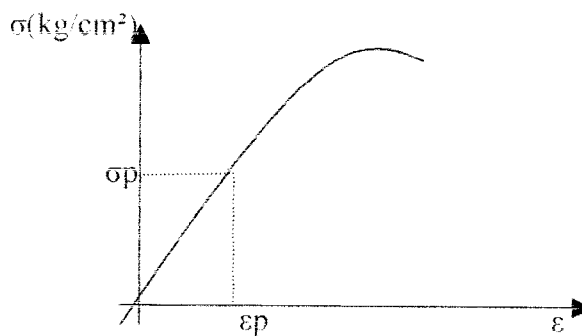
Modulus elastisitas (E) kayu dapat diperoleh dari diagram tegangan - regangan uji desak kayu yaitu dengan cara membandingkan tegangan dengan regangan kayu pada batas proporsional.

$$E = \frac{\sigma_p}{\epsilon_p} \quad (3.12)$$

Dengan : E = modulus elastisitas (kg/cm²)

σ_p = tegangan sebanding (kg/cm²)

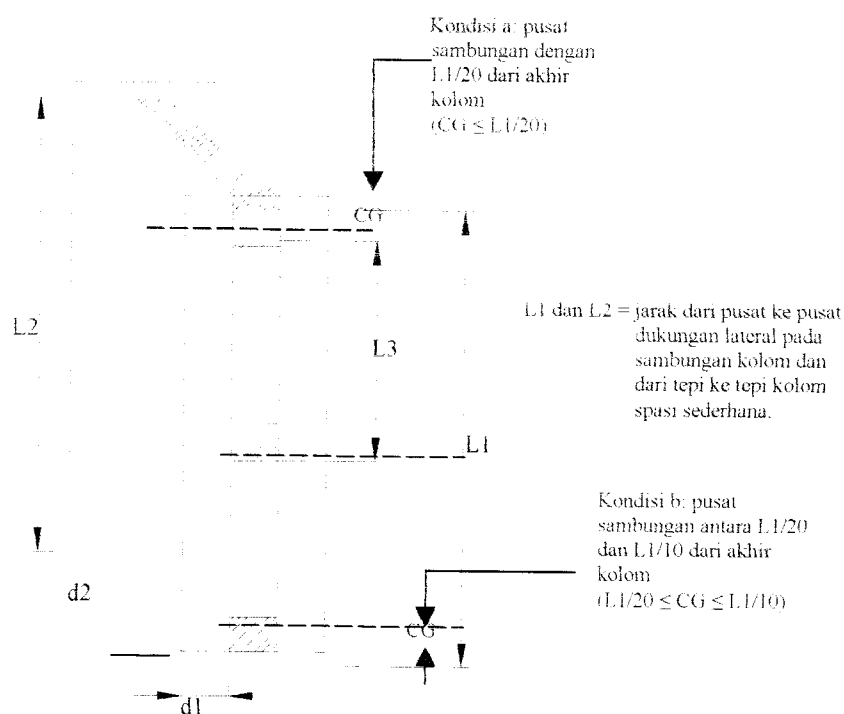
ϵ_p = regangan sebanding



Gambar 3.4 Grafik Tegangan - Regangan

Seperti diuraikan diatas bahwa sebagian rangka kuda-kuda menerima tegangan tekan, dan sebagian lagi menerima tegangan tarik. Bagian komponen yang menerima tegangan tekan ini harus diwaspadai karena komponen ini rawan terhadap peristiwa tekuk. Bagian batang yang menerima tegangan tarik ditentukan oleh tegangan batasnya, pada batang tarik masalahnya lebih kepada kekuatan bahan, yaitu kekuatan papan dan luas nettoanya. Sedangkan untuk batang tekan masalahnya pada instabilitas bahan itu dalam menerima gaya-gaya yang terjadi.

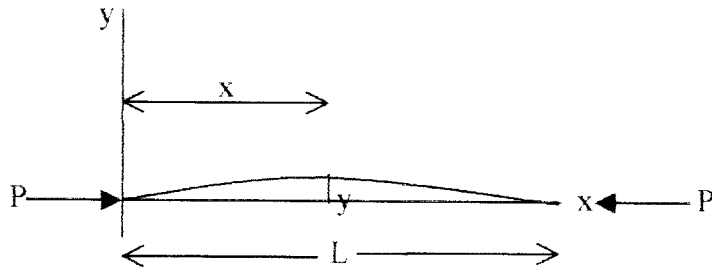
Kekuatan terhadap bidang tekan rawan terhadap tekuk puntir, untuk menghindari tekuk puntir yang terjadi maka digunakan tekuk lokal. Papan merupakan bagian yang tipis maka tekuk yang terjadi harus diperkecil menjadi tekuk lokal agar tidak terjadi buckling, dengan menggunakan pengaku (gording) pada setiap buhul, tengah batang dan memperbesar tebal papan dengan cara menggandakan penggunaan papan pada batang yang terkena tekan yang menurut Faherty disebut sebagai kolom berjarak, seperti pada Gambar (3.5) berikut ini:



Gambar 3.5 kolom spasi, penentuan kondisi akhir a dan b

3.3 Kuat Tekan

Menurut Euler yang dikemukakan oleh *Salmon* dan *Johnson* (1990) kekuatan pada batang lurus yang menerima beban sebesar (P), akan mengalami pelenturan sebesar (y), dan menghasilkan momen lentur adalah seperti pada Gambar (3.6):



Gambar 3.6 Batang lurus dibebani gaya tekan aksial

$$M = -P \cdot y \quad (3.21)$$

Karena $M = EI \frac{d^2y}{dx^2}$, maka persamaan (3.21) menjadi :

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = -P \cdot y \quad (3.22)$$

dengan E = modulus elastisitas = 100.000 kg/cm², P = gaya aksial, I = inersia minimum = $1/12 bh^3$, dan y = pelenturan.

Penyelesaian persamaan (3.22) menghasilkan beban kritis (P_{cr}) sebagai berikut :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L^2} \quad (3.23)$$

Persamaan (3.23) menunjukkan beban kritis menurut Euler, jika masing-masing ruas dibagi dengan luas penampang (A), akan diperoleh tegangan kritis (σ_{kr})

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{AL^2} \quad (3.24)$$

Karena $A/I = 1/i^2$, dan panjang (L) diganti dengan panjang tekuk (LK) maka persamaan (3.24) dapat dinyatakan dengan persamaan (3.25) dengan $[LK/i]$ adalah kelangsingan (λ).

$$f_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{\left[\frac{LK}{i} \right]^2} \quad (3.25)$$

Tampak disini bahwa kuat tekan batang dipengaruhi oleh kelangsingannya, semakin langsing suatu batang, kuat tekannya semakin kecil.

3.4 Desain Kolom

Menurut *Faherty* (1989) kolom dibagi menjadi tiga macam, yang perencanaannya didasarkan pada angka rasio kelangsingan (l/d) :

1. Kolom pendek, yang angka kelangsingannya (l/d) kurang dari 11

$$F_c' = F_c \quad (3.31)$$

2. Kolom menengah, yang angka kelangsingannya (l/d) lebih besar dari 11 tetapi kurang dari k , dengan :

$$K = 0,67 \sqrt{\frac{E}{F_c}} \quad (3.32)$$

$$F_c' = F_c \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{Le/d}{K} \right)^4 \right] \quad (3.33)$$

Dengan nilai K besar dan angka kelangsingan kecil akan didapat nilai tegangan yang kecil, begitupun sebaliknya.

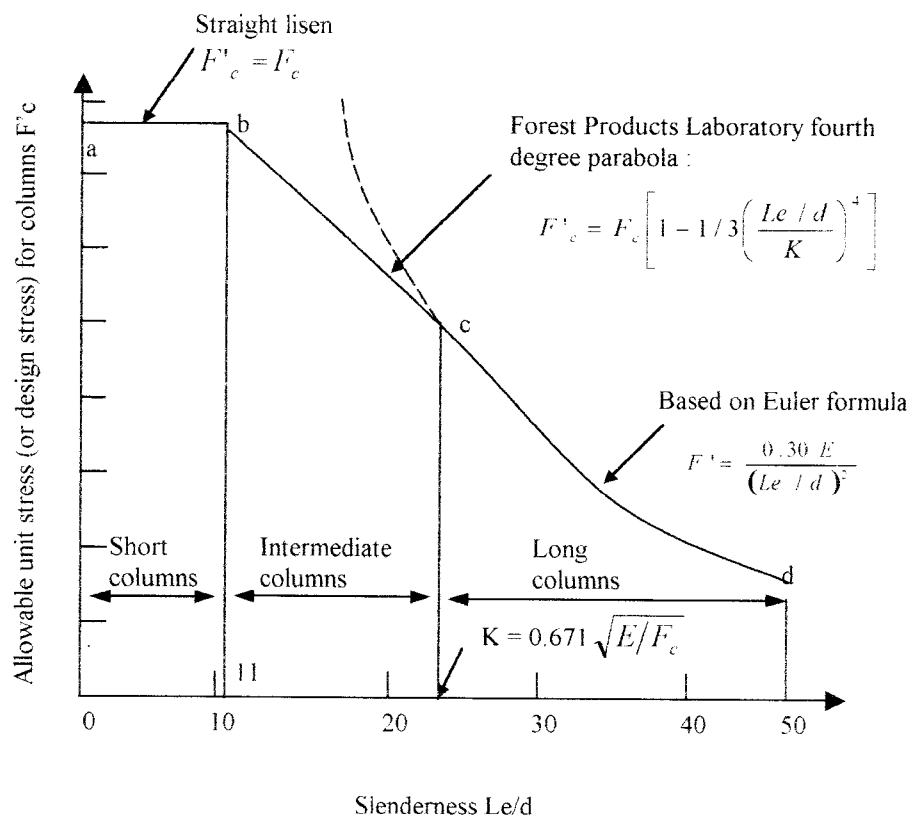
Dengan : d = lebar batang, E = modulus elastisitas kayu, F_c = tegangan ijin bahan, L = panjang efektif kolom

3. Kolom panjang, yang angka kelangsingannya lebih besar dari pada nilai k ,
dimana :

$$F_c' = \frac{0,31.E}{(L/d)^2} \quad (3.34)$$

Dengan nilai E besar dan angka kelangsingan tetap didapat tegangan ijin besar, begitupun sebaliknya.

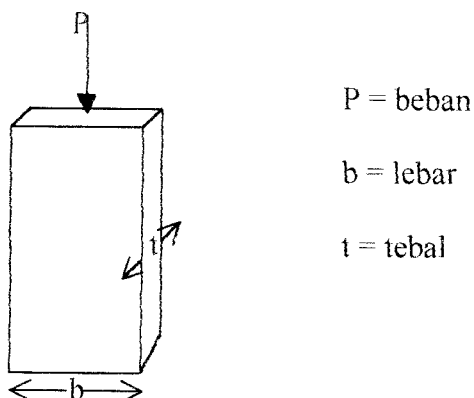
Gambar (3.7) merupakan grafik tegangan yang diperbolehkan dengan rasio kelangsingan. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi angka kelangsingan maka semakin rendah tegangan yang dapat ditahan oleh bahan.



Gambar 3.7 Grafik Tegangan Kolom Dengan Rasio Kelangsingan

3.5 Tekuk Lokal

Pada dasarnya papan dan pelat yang mengalami tekanan perilakunya sama dengan kolom. Tekuk pelat yang mengalami tekanan merata sebesar P dengan lebar = b dan tebal = t ditunjukkan pada gambar (3.8).

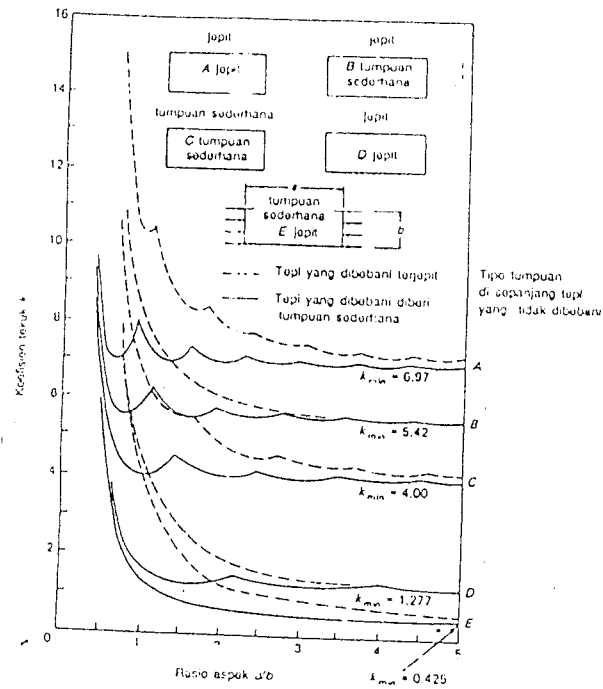


Gambar 3.8 Papan yang ditekan merata

Menurut *Salmon dan Johnson* (1990), tegangan tekuk elastik teoritik atau tegangan kritis pelat yang tertekan dinyatakan seperti pada persamaan 3.11 diatas, dengan : F_{cr} = tegangan kritis, k = koefisien tekuk (0,425), $\pi = 3,14$, E = modulus elastisitas, μ = rasio Poisson, b = lebar papan (10 cm), t = tebal papan (3 cm).

Tampak bahwa nilai (b/t) berpengaruh terhadap nilai F_{cr} dimana berpengaruh juga terhadap nilai tegangan ($P = F_{cr} \cdot A_g$).

Nilai k tergantung dari tipe tegangan, kondisi tumpuan tepi, dan rasio panjang terhadap lebar (aspek rasio) dari pelat yang bersangkutan. Gambar (3.9) menunjukkan variasi k terhadap rasio aspek a/b untuk berbagai kondisi tumpuan tepi ideal (*Salmon dan Johnson, 1990*).



Gambar 3.9 Koefisien tekuk elastik untuk tekan pada pelat

Terlihat bahwa untuk pelat dengan kondisi tumpuan jepit-jepit (A) nilai $K_{min} = 6,97$. Untuk pelat dengan tumpuan sederhana-jepit (B) nilai $K_{min} = 5,42$. Sedangkan pelat dengan tumpuan sederhana-sederhana, $K_{min} = 4$. Dan untuk pelat jepit-bebas nilai $K_{min} = 1,277$. Dalam penelitian ini dipakai pelat dengan tumpuan sederhana-bebas dengan nilai $K_{min} = 0,425$. Kekuatan tekuk merupakan fungsi dari $(k, b/t)$ dimana semakin besar nilai k , nilai (b/t) kecil maka kekuatannya semakin besar, sebaliknya jika semakin besar (b/t) , nilai k kecil maka kekuatannya semakin kecil. Jika kekuatan kritis kecil maka beban kritis semakin kecil, beban kritis dapat dilihat pada persamaan (3.35)

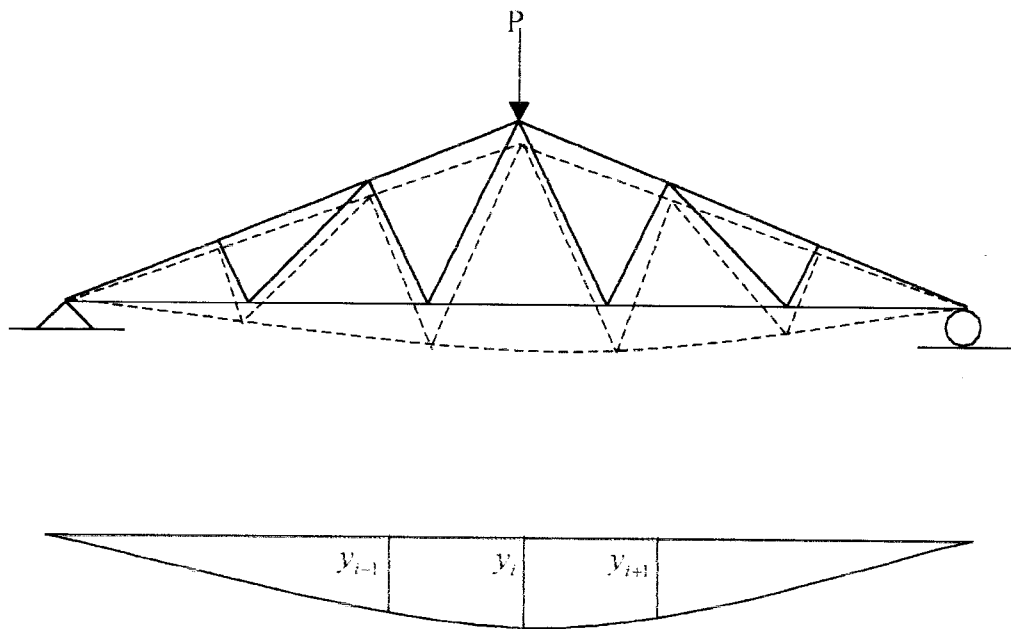
$$P_{cr} = F_{cr} A_g \quad (3.35)$$

Dimana : P_{cr} = beban kritis

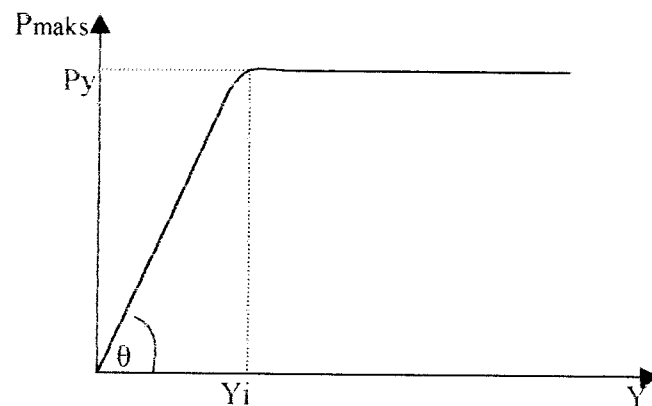
F_{cr} = tegangan kritis

A_g = luas gruto (b.t)

3.5. Hubungan Momen dengan Kelengkungan



Gambar 3.10 Rangka kuda-kuda yang diberi beban aksial (P) akan terjadi lendutan (Y_i)



Gambar 3.11. Hubungan antara beban (P) dan Lendutan (Y).

Apabila suatu material diberi beban maka material itu secara langsung akan terdefleksi. Jika pada baja ada batas kenyal, maka pada kayu ada batas proporsional, tetapi dalam praktek batas proporsional itu dianggap sebagai batas kenyal seperti pada baja (Suwarno, 1976).

Semakin besar beban yang diberikan pada suatu material semakin besar pula defleksi yang terjadi pada material tersebut (Lynn S. Beelle, 1958). Dari pengujian kuat tekan diperoleh defleksi pada titik-titik distrik. Pendekatan kemiringan menggunakan metode *Central Differences*.

Mengacu pada Gambar (3.11) dy/dx didekati dengan Persamaan (3.36)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta x} \quad (3.36)$$

turunan kedua Persamaan (3.36) adalah :

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx} (2\Delta x)}{(2\Delta x)^2} \quad (3.37)$$

karena $(2\Delta x)$ adalah konstanta maka

$$\frac{d}{dx} (2\Delta x) = 0$$

sehingga Persamaan (3.37) menjadi

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{(2\Delta x) \frac{d}{dx} (y_{i+1} - y_{i-1})}{(2\Delta x)^2} \quad (3.38)$$

selanjutnya dari Persamaan (3.38) didapatkan

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta x)^2} \quad (3.39)$$

kemudian Persamaan (3.39) disederhanakan menjadi :

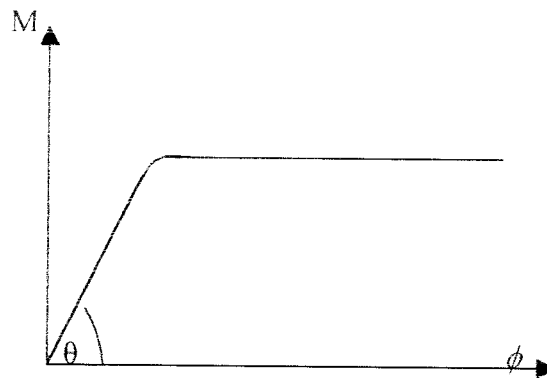
$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta x)^2}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \phi = \frac{M}{EI}$$

$$M = EI \phi$$

$$M = EI \frac{d^2y}{dx^2} \quad (3.40)$$

Hubungan momen (M) dan kelengkungan (curvature) (ϕ) ditunjukkan pada Gambar (3.12) :



Gambar 3.12. Hubungan Momen (M) dan kelengkungan (ϕ)

3.6 Daktilitas

Kemampuan suatu bahan dalam mendukung banyaknya regangan permanen disebut juga daktilitas. Daktilitas dapat mendistribusikan konsentrasi tegangan. Dasar dari suatu perencanaan adalah pada kekuatan ultimit yang membutuhkan kesatuan daktilitas yang besar, terutama untuk memperbaiki tegangan-tegangan dekat lubang atau perubahan yang menandakan pada bentuk batang, seperti dalam perencanaan sambungan. Perilaku inelastis yang daktail bisa meningkatkan beban yang mampu dipikul batang dibanding dengan beban yang

ditahan jika suatu struktur tetap dalam keadaan elastis. Jika seluruh tinggi papan meleleh, diperoleh batas atas dari kekuatan momen yang disebut kekuatan plastis. Proses pembebanan diluar daerah elastis akan menyebabkan perubahan pada daktilitasnya.

Rumus daktilitas adalah :

$$Daktilitas = \frac{\varepsilon_{total}}{\varepsilon_y} \quad (3.41)$$

Dimana : ε_{total} = regangan total

ε_y = regangan pada saat leleh pertama

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

$$\mu_{simpangan} = \frac{\Delta_{total}}{\Delta_y} \quad (3.42)$$

Dimana : $\mu_{simpangan}$ = daktilitas simpangan

Δ_{total} = lendutan total

Δ_y = lendutan pada beban maksimum

Sedangkan daktilitas kelengkungan diperoleh dari hubungan momen-kelengkungan, yaitu perbandingan antara ϕ_{total} dan ϕ_y , yang dirumuskan :

$$\mu_{kelengkungan} = \frac{\phi_{total}}{\phi_y} \quad (3.43)$$

Dimana : $\mu_{kelengkungan}$ = daktilitas kelengkungan

ϕ_{total} = kelengkungan total

ϕ_y = kelengkungan pada momen maksimum

3.7 Hipotesis

Untuk menghindari dan mengurangi tekuk yang timbul pada papan kayu maka perlu diberi pengaku pada batang tekan terutama pada batang-batang tepi atas. Dengan diberi pengaku diharapkan panjang tekuk dari batang tekan mengecil. Dengan mengecilnya panjang tekuk ini maka akan dapat diperoleh angka rasio kelangsingan yang lebih kecil. Dengan lebih kecilnya angka kelangsingan maka tegangan kritis yang terjadi akan menjadi lebih besar yang berarti kuat tekan yang timbul semakin besar. Hubungan Momen (M) dan kelengkungan (*curvatur*) (ϕ) ditunjukkan Gambar (3.12). Untuk setiap sampel dibuat hubungan non-dimensional $\frac{P}{P_{max}}$ versus $\frac{\Delta}{\Delta_y}$ dan $\frac{M}{M_{max}}$ versus $\frac{\phi}{\phi_y}$.

BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Dalam pelaksanaan penelitian yang dilakukan pertama kali adalah membuat 10 buah batang papan dengan variasi l/t terhadap satu jenis kayu yaitu kayu meranti. Variasi l/t yang digunakan adalah 20/2, 30/2, 40/2, 50/2, 60/2, 70/2, 80/2, 90/2, 100/2, 100/1. Kemudian membuat sampel benda uji kuda-kuda papan sebanyak 4 buah yang digabung hingga menjadi dua pasang kuda-kuda, papan kayu yang dipergunakan untuk benda uji direncanakan berdasarkan buku PKKI, 1961 dan buku Konstruksi Kayu (*Suwarno, 1976*).

4.2 Persiapan Bahan dan Alat

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

4.2.1 Bahan

Bahan -bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Kayu

Dalam penelitian ini, digunakan papan 2/20 dari kayu Meranti yang termasuk dalam jenis kayu Kalimantan. Untuk reng digunakan kayu Meranti ukuran 5/7

2. Paku

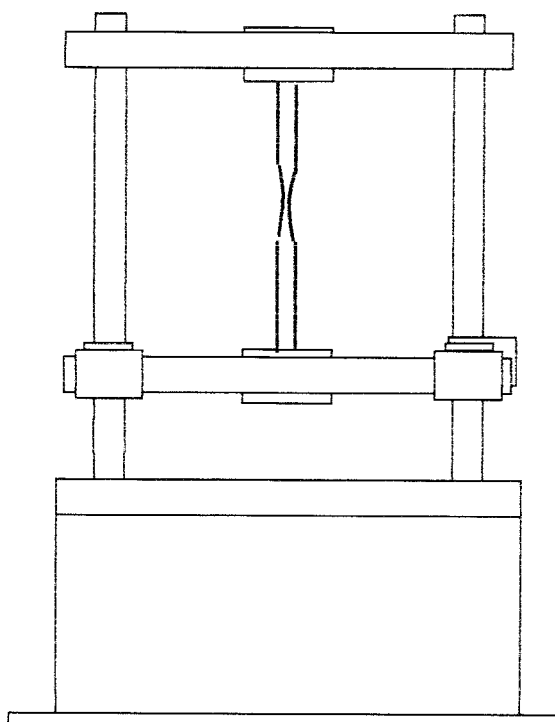
Alat sambung yang digunakan dalam penelitian ini adalah paku dengan ukuran diameter 4 mm dan 5 mm.

4.2.2 Alat yang digunakan

Untuk kelancaran penelitian diperlukan beberapa peralatan yang digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mesin Uji Kuat Tarik

Alat ini digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan leleh baja tulangan. Pada penelitian ini digunakan UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM) merk SHIMATSU type UMH 30, kapasitas 30 ton, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.1).



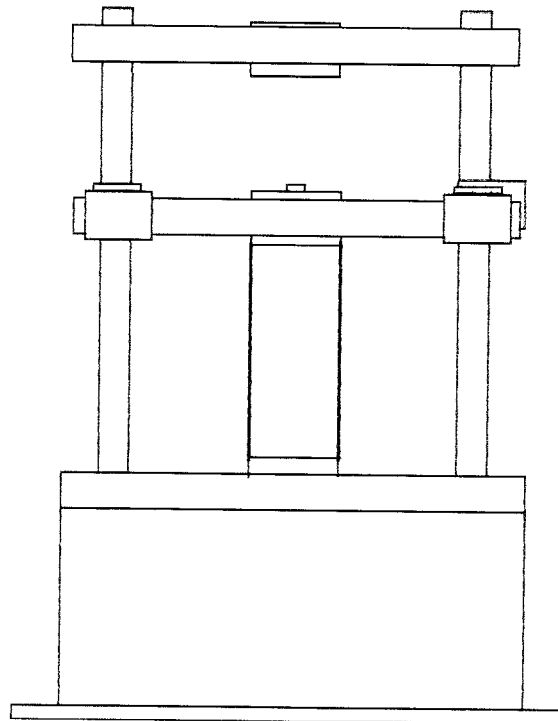
Gambar 4.1 Mesin Uji Kuat Tarik

2. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang benda uji dan jarak pengaku.

3. Mesin Uji Kuat Desak

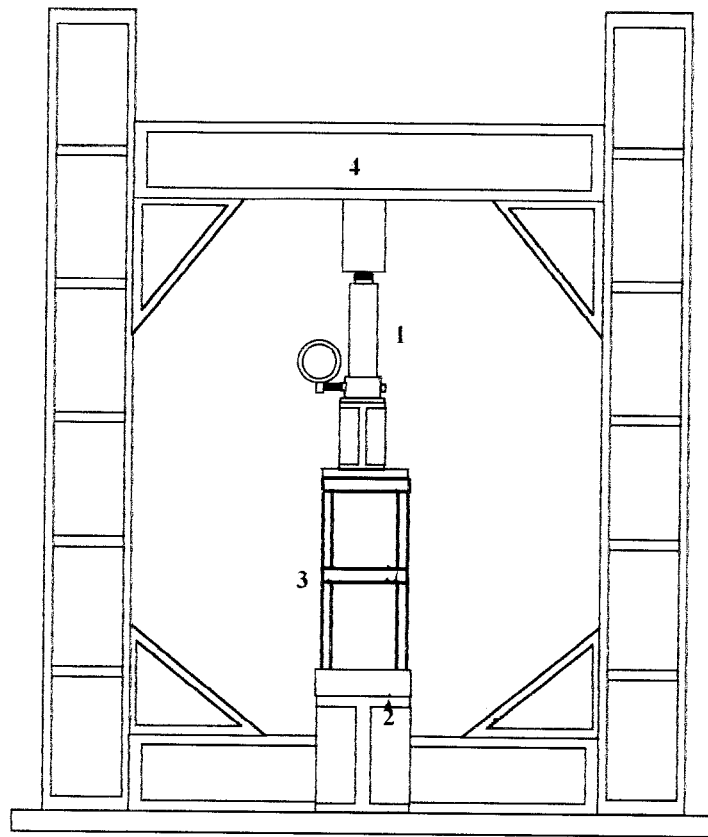
Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak kayu. Sedangkan kapasitas mesin uji kuat desak yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik adalah 2000 KN merk CONTROL, seperti ditunjukkan pada Gambar (4.2).



Gambar 4.2 Mesin Uji Kuat Desak

4. Loading Frame

Untuk keperluan penelitian ini dan penelitian-penelitian yang akan datang digunakan alat Loading Frame yang terbuat dari bahan baja profil WF 450x200x9x14, yang dapat dilihat pada Gambar (4.3).



Gambar 4.1 Bentuk Fisik Loading Frame

Keterangan :

1. Hydraulic Jack

2. Dukungan

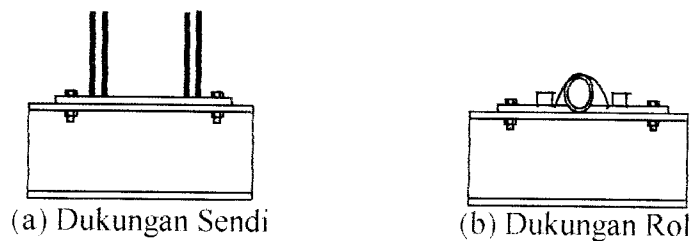
3. Benda Uji

4. Balok Portal (Baja WF 450x200x90x14)

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

5. Dukungan Sendi dan Rol

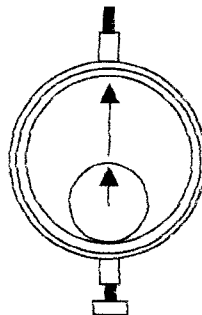
Untuk membuat model kuda-kuda seperti dilapangan, maka pada salah satu ujung model kuda-kuda dipasang dukungan sendi, dan pada ujung yang lain dipasang dukungan rol, seperti pada Gambar (4.2).



Gambar 4.2 Dukungan Sendi dan Rol

6. Dial Gauge

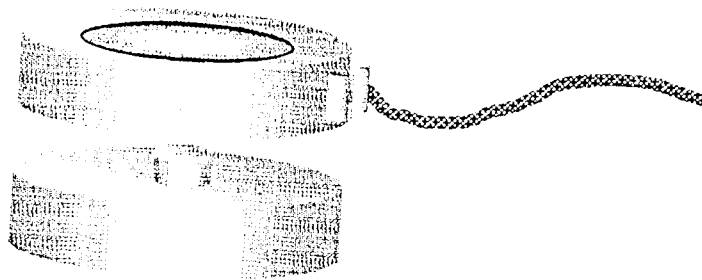
Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Untuk penelitian sakal penuh dial gauge dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan dengan ketelitian 0,01 mm. Pada penelitian tugas akhir ini, digunakan dial gauge sebanyak 6 buah. Dial gauge ke 1 dan 6 terletak sejauh 900 mm dari tengah bentang ke arah dukungan rol, dial gauge ke 2 dan 5 terletak ditengah bentang dan dial gauge ke 3 dan 4 terletak sejauh 900 mm dari tengah bentang ke arah sendi. Alat ini dapat dilihat pada Gambar (4.3).



Gambar 4.3 Dial Gauge

7. Transducer

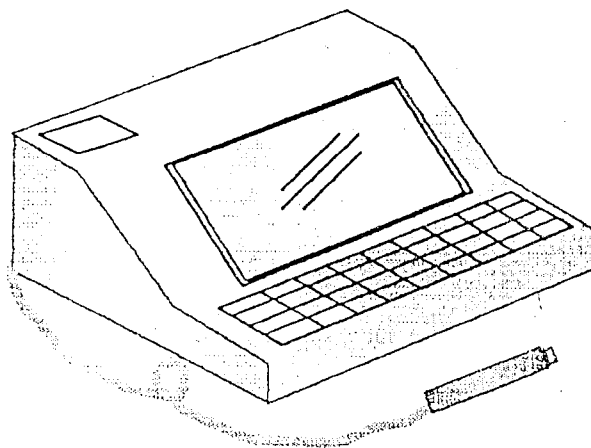
Transducer digunakan sebagai alat pendeteksi besarnya beban yang sedang bekerja pada benda uji dan hasilnya ditransfer ke calibration tester. Alat ini mempunyai kapasitas pembacaan hingga 200 KN, dan dapat dilihat pada Gambar (4.6).



Gambar 4.6 Transducer

8. Calibration Tester

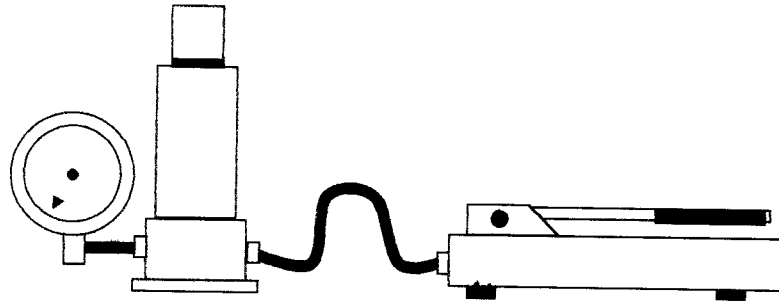
Alat ini merupakan perangkat digital yang digunakan sebagai media pembacaan beban yang sedang bekerja dari transducer. Alat ini dapat dilihat pada Gambar (4.7).



Gambar 4.7 Calibration Tester

9. Dongkrak Hidrolik

Alat ini dipakai untuk memberikan pembebanan pada benda uji dengan kapasitas maksimum 15 ton. Bentuk fisik alat ini dapat dilihat pada Gambar (4.8).



Gambar 4.8 Dongkrak Hidrolik

4.3 Pembuatan Benda Uji

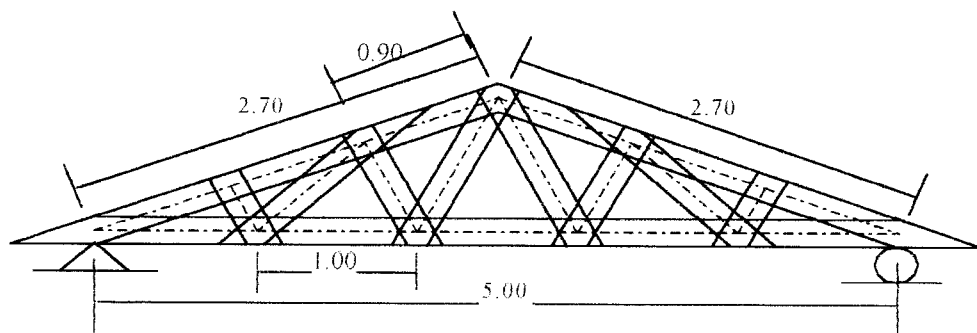
Setelah persiapan dan perhitungan dimensi papan dan jarak antar paku didapat, maka selanjutnya adalah pembuatan benda uji melalui tahap-tahap berikut ini :

1. Bahan-bahan disiapkan dan diukur sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Pada tahap ini dilakukan pemotongan papan kayu dan reng sesuai ukuran yang direncanakan.
2. Papan yang telah dipotong kemudian disatukan untuk di bentuk menjadi kuda-kuda, setelah itu dua buah kuda-kuda papan disatukan dengan reng semuanya menggunakan alat sambung paku.

- Jarak paku pada pemasangan papan untuk kuda-kuda adalah 20-25 mm setiap buhul. Untuk memudahkan dalam memasang reng maka jarak ujung satu keujung lainnya dibuat sama.

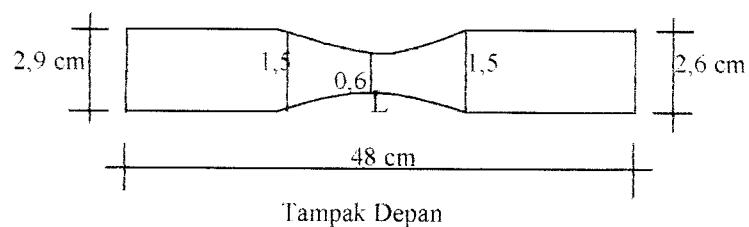
4.4 Benda Uji

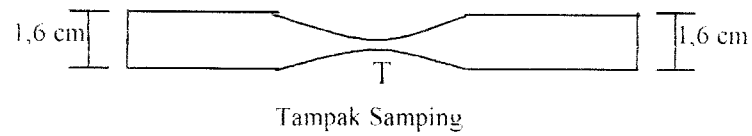
Benda uji dalam penelitian ini berupa papan yang berbentuk kuda-kuda dengan panjang bentang 5 m dan tinggi 1,2 m. Yang dibuat sebanyak 4 buah sampel dan diberi pengaku setiap dua buahnya. Bentuk sampel benda uji dapat dilihat pada Gambar (4.9).



Gambar 4.9 Model benda uji

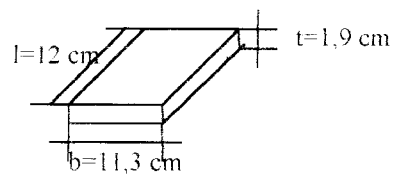
Sedangkan dalam melakukan uji pendahuluan dibuat 4 buah sampel untuk uji kuat tarik kayu searah serat, yang bentuknya seperti pada Gambar (4.10).





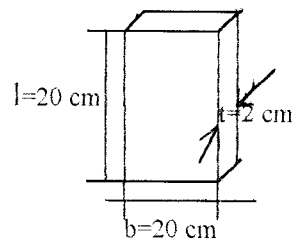
Gambar 4.10 Model Benda Uji Kuat Tarik Kayu

Untuk pengujian Berat Jenis kayu dibuat sebuah benda uji dengan bentuk dan ukuran seperti pada Gambar (4.11).



Gambar 4.11 Model Benda uji Berat Jenis

Dan untuk uji kuat desak kayu dibuat sampel sebanyak 10 buah, yang salah satu bentuk dan ukurannya seperti pada Gambar (4.12).



Gambar 4.12 Model Benda Uji Kuat desak

4.5 Jumlah Benda Uji

Setelah pembuatan kuda-kuda papan selesai, selanjutnya dilakukan pengujian kuat lentur kuda-kuda papan. Pengujian tersebut dilakukan di

Laboratorium Mekanika Rekayasa, FTSP-UII. Banyaknya sampel benda uji yang dibuat adalah 2 pasang benda uji.

4.6 Pengujian Benda Uji

Sebelum pengujian pada benda uji, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan pada papan yang akan dipakai untuk membuat benda uji kuda-kuda, yaitu meliputi uji desak, uji tarik, dan uji berat jenis. Setelah itu baru dilaksanakan pengujian kuat lentur pada benda uji kuda-kuda papan.

4.6.1 Pengujian Desak Papan

Pengujian desak papan ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil pada pengujian kuat desak papan adalah beban maksimum yang mampu ditahan oleh papan dan lendutan yang terjadi. Tegangan kritis papan dapat diketahui setelah membuat grafik hubungan antara beban dengan rasio panjang papan dibagi tebal papan. Tegangan desak kayu juga dapat diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas penampang. Dalam pengujian ini sampel yang di uji sebanyak 10 buah.

4.6.2 Pengujian Kuat Tarik Papan

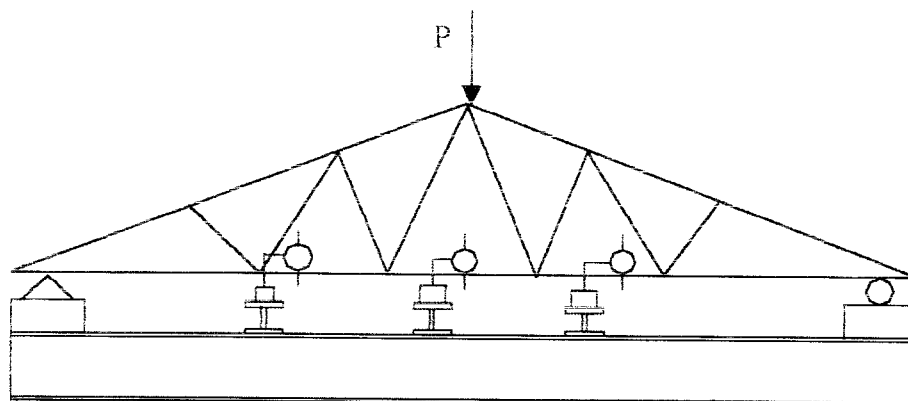
Pengujian kuat tarik papan ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Teknik, Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil dari pengujian tarik papan adalah beban maksimum. Tegangan tarik kayu dapat

diketahui dengan membagi beban maksimum dengan luas rata-rata. Dalam pengujian ini digunakan 4 buah sampel.

4.6.3 Pengujian Kuat Lentur

Pelaksanaan pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia. Dengan tahapan sebagai berikut :

1. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji diletakan pada tumpuan sesuai dengan tanda yang telah diberikan. Diatas batang bawah benda uji dipasang dial untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada waktu dilaksanakan pengujian kuat lentur, posisi benda uji dan letak dial dapat dilihat pada Gambar (4.13).
2. Benda uji siap diuji. Hidrolik Jack dipompa guna melakukan pembebanan secara perlahan-lahan, beban konstan dan dinaikan secara berangsur-angsur sehingga pada batas kekuatan tertentu



Gambar 4.13 Model Pembebanan

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Dalam pelaksanaan penelitian ini, sebelum dilakukan pengujian pada kuda-kuda papan pada sistem secara utuh, terlebih dahulu dilakukan beberapa uji pendahuluan, yaitu meliputi uji desak, uji tarik, dan uji berat jenis kayu yang digunakan, sehingga dari hasil tersebut didapatkan kekuatan yang sesungguhnya dari kayu yang dipakai untuk membuat sampel.

Setelah itu dilakukan pengujian pada sampel kuda-kuda papan yang telah dibuat, yang hasilnya berupa kekuatan maksimum kuda-kuda papan dalam menerima beban desak.

5.1.1. Hasil Uji Kuat Tarik Kayu

Dalam penelitian ini, hasil uji tarik searah serat ditampilkan pada Tabel 5.1. Dari penelitian didapat beban tarik maksimal (P_{tarik}) = 190 kg/cm dan daerah patah, yaitu : Sampel patah diantara titik 16 dan titik 23 dengan luas penampang rata-rata.

Tabel 5.1 Hasil uji tarik kayu //serat

Sampel	Luas Rata-rata (A) (cm)	P 10 ⁻³ (kg)	Teg. Tarik =P/A (Kg/cm ²)	Teg. Tarik Rata-rata
1	1,285	318	247,278	256,550
2	1,926	600	311,526	
3	1,940	190	97,938	
4	0,677	250	369,458	

5.1.2. Hasil Uji Kuat Desak Kayu

Pengujian desak kayu dilakukan dengan membuat 10 sampel yang hasilnya seperti pada dan Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Tegangan Regangan Uji Kuat Desak Kayu

Sampel	ukuran kayu L/t (cm)	Beban P (kg)	ΔL (10 ⁻³ cm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (Kg/cm ²)	Regangan $\varepsilon = \Delta L/L$ (10 ⁻³)
1	10	6800	762	170	3,810
2	15	6700	5084	167,500	16,900
3	20	6800	2950	170	7,375
4	25	5775	5160	144,375	10,320
5	30	4125	9150	103,125	15,250
6	35	2975	10400	74,375	14,860
7	40	1970	15120	49,250	18,900
8	45	530	16900	13,250	18,770
9	50	405	21260	10,125	21,260
10	100	250	19640	6,250	19,640

5.1.3. Hubungan Beban - Lendutan Hasil Penelitian

Pengujian desak kayu dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada sampel papan uji desak tersebut diberi pembebanan pada satu titik secara bertahap. Dipasang dial gauge sebanyak dua buah yang diletakan pada papan bagian tengah untuk mengetahui lendutan yang terjadi. Dari hasil penelitian

tersebut, didapat hasil dalam tabel 5.2. Dari hasil uji desak tersebut didapat tegangan kritis papan, yang digunakan sebagai tegangan rencana dari kuda-kuda papan. Dalam hal ini hanya batang yang menerima tekan yang diwaspadai terutama batang atas.

5.1.4. Hasil Uji Berat Jenis Kayu

Hasil dari Pengujian berat jenis kayu yang dilakukan adalah seperti pada Tabel (5.3).

Tabel 5.3 Hasil uji berat jenis kayu

Benda uji	Volume(cm ³)	Berat kering kayu oven (gr)	Berat jenis kayu
Kayu meranti	257,64	119	0,462

5.2. Penelitian Sistem Kuda-Kuda di Laboratorium Mekanika Rekayasa

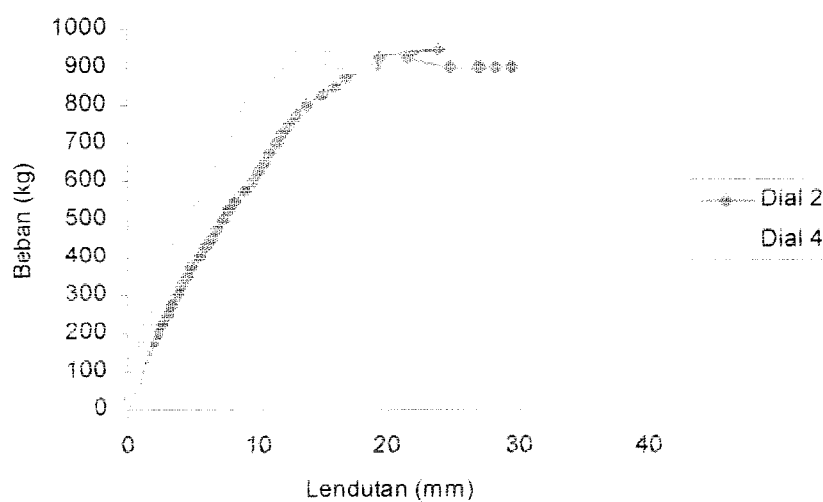
5.2.1. Hubungan Beban - Lendutan Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Rekayasa, Universitas Islam Indonesia, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Pada benda uji kuda-kuda papan tersebut (menggunakan kayu meranti), dua buah kuda-kuda dites secara bersamaan dengan jarak antar kuda-kuda 40 cm dan diberi pengaku berupa kayu reng dengan ukuran 5/7, pada setiap buhulnya serta kayu reng untuk menghindari kerusakan pada kayu reng puncak pada saat pembebanan dipasang kayu reng ganda, serta untuk menyesuaikan dengan keadaan dilapangan dan meminimalkan buckling. Pembebanan dilakukan pada titik puncak kuda-kuda, kemudian dial gauge digunakan sebanyak 6 buah yang masing-masing kuda-kuda dipasang 3 buah dial yang diletakan pada batang bawah dengan jarak antar dial 90

cm dari tengah bentang kuda-kuda. Lendutan yang terjadi dicatat hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan 5.5 serta Grafik (5.1) dan (5.2), untuk selengkapnya disajikan pada lampiran.

Tabel 5.4 Hasil uji kuat lentur benda uji 1

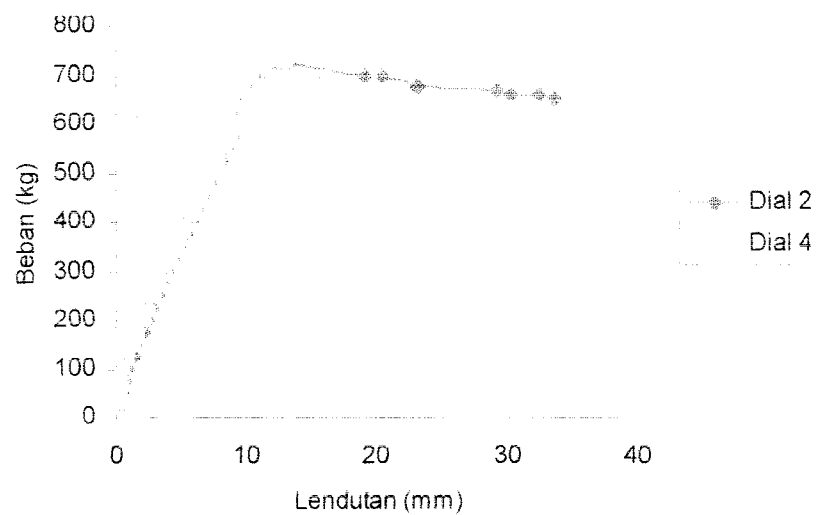
DIAL 2						DIAL 4					
No.	P (kg)	Δl	No.	P (kg)	Δl	No.	P (kg)	Δl	No.	P (kg)	Δl
1	25	0,30	20	500	7,59	1	25	0,23	20	500	7,67
2	50	0,50	21	525	8,15	2	50	0,26	21	525	7,96
3	75	0,72	22	550	8,58	3	75	0,41	22	550	8,40
4	100	0,92	23	575	9,02	4	100	0,64	23	575	8,91
5	125	1,35	24	600	9,33	5	125	0,97	24	600	9,30
6	150	1,48	25	625	9,69	6	150	1,32	25	625	9,72
7	175	2,10	26	650	10,15	7	175	1,75	26	650	10,17
8	200	2,40	27	675	10,90	8	200	2,09	27	675	11,00
9	225	2,79	28	700	11,45	9	225	2,51	28	700	11,59
10	250	3,20	29	725	13,24	10	250	2,97	29	725	13,16
11	275	3,55	30	700	19,07	11	275	3,32	30	700	14,39
12	300	3,93	31	700	20,48	12	300	3,78	31	700	15,80
13	325	4,49	32	675	23,15	13	325	4,32	32	675	16,44
14	350	4,86	33	675	23,00	14	350	4,74	33	675	16,76
15	375	5,32	34	670	29,14	15	375	5,17	34	670	17,43
16	400	5,76	35	658	30,30	16	400	5,65	35	658	18,44
17	425	6,24	36	658	32,35	17	425	6,12	36	658	19,46
18	450	6,71	37	650	33,55	18	450	6,60	37	650	19,51
19	475	7,19				19	475	7,06			



Gambar 5.1 Grafik hubungan Beban-Lendutan benda uji 1

Tabel 5.5 Hasil uji kuat lentur benda uji 2

DIAL 2						DIAL 4					
NO	P (kg)	Δl	NO	P (kg)	Δl	NO	P (kg)	Δl	NO	P (kg)	Δl
1	25	0,12	23	575	8,98	1	25	0,25	23	575	5,83
2	50	0,32	24	600	9,60	2	50	0,28	24	600	6,26
3	75	0,55	25	625	10,05	3	75	0,45	25	625	6,59
4	100	0,79	26	650	10,46	4	100	0,61	26	650	6,88
5	125	1,10	27	675	10,86	5	125	0,82	27	675	7,18
6	150	1,44	28	700	11,39	6	150	1,02	28	700	7,52
7	175	1,78	29	725	11,84	7	175	1,21	29	725	7,88
8	200	2,28	30	750	12,38	8	200	1,49	30	750	8,22
9	225	2,58	31	775	13,01	9	225	1,66	31	775	8,71
10	250	3,00	32	800	13,72	10	250	1,89	32	800	9,24
11	275	3,39	33	825	14,92	11	275	2,18	33	825	10,00
12	300	3,76	34	850	15,92	12	300	2,44	34	850	10,68
13	325	4,08	35	875	16,81	13	325	2,67	35	875	11,31
14	350	4,55	36	900	18,97	14	350	2,98	36	900	12,08
15	375	4,88	37	925	24,67	15	375	3,22	37	925	16,28
16	400	5,45	38	950	26,92	16	400	3,61	38	950	16,81
17	425	5,91	39	925	27,05	17	425	3,93	39	925	17,41
18	450	6,36	40	900	28,22	18	450	4,21	40	900	18,09
19	475	6,83	41	900	29,39	19	475	4,45	41	900	18,69
20	500	7,31	42	900	19,34	20	500	4,76	42	900	13,01
21	525	7,81	43	900	23,76	21	525	5,09	43	900	15,50
22	550	8,20	44	900	21,49	22	550	5,49	44	900	14,25



Gambar 5.2 Grafik hubungan Beban-Lendutan benda uji 2

5.2.2. Hubungan Momen -Kelengkungan

Dari hasil penelitian didapatkan data beban (P)-lendutan (Δ), sehingga dapat dicari momen (M)-kelengkungannya(Φ), seperti contoh perhitungan berikut ini :

Data yang digunakan adalah pembebanan 725 Kg pada benda uji pertama dengan bentang 5m, lendutan yang terjadi pada titik 1=0,01043 m, titik 2 = 0,01324 m, titik 3 = 0,00995 m dengan persamaan 3.39.

$$\Phi = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta x)^2}$$

$$\Phi = \frac{0,01043 - 0,02648 + 0,00995}{0,9^2} \cdot x - 1/m = 0,007531 \frac{1}{m}$$

momen dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

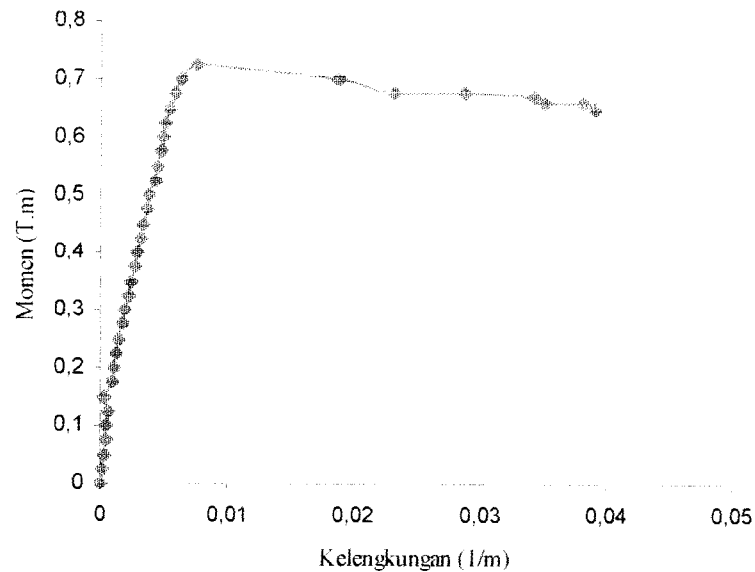
$$M = 1/4 PL$$

$$M = 1/4 \times 0,725 \times 5 = 0,90625 \text{ T.m.}$$

Dari contoh perhitungan di atas dapat diperlihatkan data hubungan momen dan kelengkungan pada Tabel 5.6 dan untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 5.6. Hubungan Momen - Kelengkungan Benda Uji

Beban (ton)	Defleksi			Momen (T.m)	Φ (1/m)
	yi-1	Yi	yi+1		
0	0	0	0	0	0
0,025	0,0002	0,0003	0,00025	0,03125	0,000185
0,05	0,0004	0,0005	0,00035	0,0625	0,000309
0,075	0,0006	0,00072	0,00046	0,09375	0,000469
0,1	0,00083	0,00092	0,00065	0,125	0,000444
0,125	0,00121	0,00135	0,00094	0,1563	0,000679
0,15	0,00152	0,00148	0,00123	0,1875	0,000259
0,175	0,00188	0,0021	0,00153	0,2187	0,000975
0,2	0,00214	0,0024	0,00178	0,25	0,001086
0,225	0,00245	0,00279	0,00208	0,2813	0,001296
0,25	0,00279	0,0032	0,00242	0,3125	0,001469
0,275	0,00304	0,00355	0,00266	0,3437	0,001728
0,3	0,00340	0,00393	0,00298	0,375	0,001827
0,325	0,00380	0,00449	0,0034	0,4063	0,002198
0,35	0,00413	0,00486	0,00368	0,4375	0,002358
0,375	0,00445	0,00532	0,00401	0,4687	0,002691
0,4	0,00483	0,00576	0,00436	0,5	0,002877
0,425	0,00521	0,00624	0,00468	0,5313	0,003198
0,45	0,00561	0,00671	0,00507	0,5625	0,003383
0,475	0,00599	0,00719	0,00542	0,5937	0,003667
0,5	0,00633	0,00759	0,00572	0,625	0,003864
0,525	0,00677	0,00815	0,00612	0,6563	0,00421
0,55	0,00711	0,00858	0,00644	0,6875	0,004457
0,575	0,00746	0,00902	0,00676	0,7187	0,004716
0,6	0,00770	0,00933	0,00698	0,75	0,004914
0,625	0,00798	0,00969	0,00726	0,7813	0,005111
0,65	0,00832	0,01015	0,00758	0,8125	0,005432
0,675	0,00884	0,0109	0,00818	0,8438	0,005901
0,7	0,00924	0,01145	0,00854	0,875	0,006321
0,725	0,01043	0,01324	0,00995	0,9063	0,007531
0,7	0,01197	0,01907	0,01108	0,875	0,01863
0,7	0,01335	0,02048	0,01234	0,875	0,018852
0,675	0,01434	0,02315	0,01316	0,8438	0,02321
0,675	0,01496	0,02604	0,01374	0,8438	0,028864
0,67	0,01596	0,02914	0,0145	0,8375	0,034346
0,658	0,01683	0,0303	0,0153	0,8225	0,035148
0,658	0,01771	0,03235	0,0161	0,8225	0,038136
0,65	0,01861	0,03355	0,01688	0,8125	0,039025



Gambar 5.3. Grafik Hubungan Momen - Kelengkungan Kuda-kuda Papan

5.2.3. Analisa Kerusakan pada Benda Uji

Kerusakan yang terjadi pada penelitian ini terjadi pada saat pengujian pendahuluan yaitu pada benda uji papan terjadi retak pada saat papan mencapai beban maksimum dan pada benda uji kuda-kuda papan terjadi buckling pada batang atas. Kerusakan ini terjadi karena papan merupakan material yang sangat tipis dan panjang. Sedangkan pada kuda-kuda papan terjadi buckling yang cukup besar karena pengaku yang digunakan kurang kuat untuk menahan beban yang bekerja serta batang atas dan batang bawah yang kurang tebal, maka kayu mengalami defleksi ke arah bawah dan ke arah samping.

5.3. Pembahasan

5.3.1. Analisa Data Kuat Lentur Kayu Berdasar Hubungan Beban-Lendutan

Dengan mengamati hasil-hasil pada grafik beban-lendutan (Gambar 5.2-5.13), diperoleh bahwa kekuatan papan yang bentangnya pendek mampu menahan beban lebih besar dengan nilai lendutan yang cukup kecil, dibandingkan dengan papan yang bentangnya lebih panjang. Hal ini dikarenakan papan adalah material yang tipis dan langsing, sehingga mudah terjadi buckling. Jika dibandingkan antara tegangan kritis hasil Sap 2000 dan teoritik didapat, tegangan kritis hasil Sap 2000 lebih besar daripada tegangan kritis hasil teoritik. Oleh karena itu kuda-kuda papan dengan F_{cr} yang didapat dari pengujian kuat tekan mengalami lendutan kearah samping. Begitupun dengan banyaknya paku yang digunakan pada sambungan kuda-kuda papan masih mampu menahan tegangan yang terjadi.

Daktilitas simpangan pada tiap-tiap sambungan, yaitu dengan melihat Δy dan Δ_{total} serta kekakuan seperti pada tabel 5.7 dan 5.8 berikut ini :

Tabel 5.7 Kekakuan Batang

Benda Uji	P (KN)	Lendutan (mm)	Kekakuan P/Δ (KN/mm)	Kekakuan rata-rata	Kekakuan Rata-rata %
Kuda-kuda 1	14,219	13,24	1,074	1,082	24,809
Kuda-kuda 2	14,219	13,16	1,081		24,961
Kuda-kuda 3	18,6325	21,49	0,867	1,082	20,028
Kuda-kuda 4	18,6325	14,25	1,306		30,205

Tabel 5.8 Analisa Daktilitas Simpangan pada kayu

Benda uji	P	Lendutan	Lendutan maks	Daktilitas	Daktilitas	Daktilitas
	(KN)	Δy	Δt	$\Delta t / \Delta y$	Rata-rata	Rata-rata %
1	14,219	13,24	33,55	2,534	1,674	37,849
2	14,219	13,16	19,51	1,483		22,144
3	18,633	21,49	29,39	1,368		20,428
4	18,633	14,25	18,69	1,312		19,591

Dari hasil pengamatan grafik hubungan momen-kelengkungan pada Gambar (5.3) dapat dicari faktor kekakuan ditengah bentang, seperti ditampilkan pada Tabel 5.9 berikut ini, dan dibandingkan hasilnya dari empat kuda-kuda papan.

Tabel 5.9 Analisa kekakuan dari data hubungan momen - kelengkungan

Sampel	M (KN m)	Kelengkungan Φ (1/m)	EI = M/ Φ (KN.m ²)	EI rata-rata (KN.m ²)	EI rata-rata (%)
Benda uji 1	8,887	0,00753	1180,212	1287,714	22,291
Benda uji 2	8,887	0,05753	1544,732		29,890
Benda uji 3	11,645	0,00781	1490,121		28,928
Benda uji 4	11,645	0,01244	935,792		18,167

Dari Gambar (5.3) juga bisa diamati daktilitas kelengkungan kuda-kuda papan yang disajikan dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Analisa daktilitas kelengkungan dari data hubungan momen-kelengkungan

Sampel	M (KN.m)	Φ_y (1/m)	Φ_{tot} (1/m)	Daktilitas Φ_{tot} / Φ_y	Daktilitas rata-rata	Daktilitas rata-rata (%)
Benda uji 1	8,887	0,00753	0,03902	5,18194	3,09129	41,918
Benda uji 2	8,887	0,00575	0,02133	3,70956		29,987
Benda uji 3	11,645	0,00781	0,01455	1,86299		15,067
Benda uji 4	11,645	0,01244	0,02003	1,61069		13,029

Tabel 5.11 Tegangan Kritis

Batang	Fcr Eksperimen batang	Fcr eksperimen kuda-kuda		Fcr Teoritis	Ket.
		beban 0,725	Beban 0,95		
A1=A6	11,250	25,891	38,223	7,693	rusak/buckling
A3=A5	11,250	17,409	26,031	7,693	rusak/buckling
A5=A4	11,250	16,859	27,230	7,693	rusak/buckling
D1	106,597				
D2	9,417	17,510	29,996	4,119	rusak/buckling
D3	11,047				
D4	9,417	23,907	25,732	4,119	rusak/buckling
D5	9,417	23,907	25,732	4,119	rusak/buckling
D6	11,047				
D7	9,417	17,510	29,996	4,119	rusak/buckling
D8	106,597				

5.3.2. Kuat lentur Kuda-Kuda Papan Berdasar Hubungan Beban - lendutan

Pada penelitian kuda-kuda papan , papan yang mengalami buckling pada bagian atas, karena pada papan bagian atas yang menerima gaya desak yang cukup besar. Kayu reng yang digunakan sebagai pengikat atau pengaku berukuran 5/7 untuk mendapatkan keadaan seperti dilapangan. Dilihat dari grafik hubungan beban - lendutan sebenarnya kuda -kuda papan benda uji ke-1 masih mampu untuk menahan beban yang lebih besar dari 1.45 ton, begitu juga dengan kuda-kuda papan benda uji ke-2 masihb mampu menahan beban yang lebih besar dari 1,9 ton. Tegangan yang diperoleh terbesar pada kedua benda uji terjadi pada batang A1 dan A6 untuk benda uji ke-1 $F_{cr} = 28,76825 \text{ kg/cm}^2$ dan benda uji ke-2 $F_{cr} = 42,47 \text{ kg/cm}^2$, karena pada buhul yang ada sambungan pakunya belum rusak akan tetapi kayu tidak kuat sehingga kuda-kuda tidak runtuh tetapi terjadi defleksi kearah samping.

Kekakuan yang diperoleh dari hubungan beban -lendutan pada kedua kuda-kuda mempunyai sifat yang sama yaitu pada tengah bentang kayu kekakuan yang terjadi kecil, tidak demikian dengan kekakuan pada batang disisi kanan dan kiri nilai kekakuannya besar. Daktilitas yang diperoleh dari hubungan beban – lendutan pada kedua kuda – kuda yang terbesar didapat pada kuda – kuda papan benda uji ke-1 yaitu sebesar = 2,534.



5.3.3. Kuat Lentur Kuda-Kuda Papan Berdasarkan Hubungan Momen-Kelengkungan

Dilihat dari grafik, hubungan momen-kelengkungan memiliki kecenderungan yang tidak jauh berbeda dengan grafik hubungan beban lendutan seperti yang ditunjukkan pada Gambar (5.1) dan pada lampiran. Demikian juga dengan kuat lentur kuda-kuda papan yang didapat dari kedua grafik tersebut. Mulai dari kuat lentur awal sampai dengan kuat lentur maksimum kuda-kuda pada penelitian ini sampai kuda-kuda papan mengalami buckling. Kuat lentur kuda-kuda papan cenderung linier tetapi kelengkungan kuda-kuda mengalami peningkatan terutama ketika akan terjadi buckling.

Dari hubungan momen kelengkungan dapat ditunjukkan bahwa nilai EI semakin kecil karena kelengkungan yang terjadi semakin besar sehingga sifat papan perlahan-lahan menjadi inelastis dan menuju ke plastis, tetapi sampai pada inelastis mengalami buckling, sehingga beban maksimum yang diperoleh sampai kuda-kuda runtuh tidak tercapai.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan tentang kuda – kuda papan, yaitu sebagai berikut :

1. Kuda – kuda papan mampu menahan beban lebih besar dari 0,8375 ton.
2. Kekakuan kuda – kuda papan terbesar terjadi pada kuda – kuda papan yang menjadi benda uji ke-2 yaitu = 1,3075 KN/mm
3. Daktilitas simpangan kuda – kuda papan terbesar terjadi pada kuda – kuda papan yang menjadi benda uji ke- 1 yaitu sebesar = 2,5339.
4. Daktilitas kelengkungan kuda – kuda papan memiliki perilaku yang sama dengan daktilitas simpangan.
5. Setelah kuda – kuda papan mengalami beban maksimum, kuat lentur kuda-kuda papan menurun sedikit sampai terjadi beban maksimum yang kedua sehingga beban linear besarnya, tetapi lendutan yang terjadi semakin besar.
6. Kerusakan yang terjadi adalah kuda – kuda papan mengalami tekuk kearah samping, karena gording yang dipergunakan kurang mampu menahan terhadap beban yang terjadi.

6.2 Saran

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut tentang kuda – kuda papan dengan alat sambung dan variasi bentuk kuda – kuda papan yang berbeda.
2. Perlu dicari cara untuk mengatasi bukling kearah samping , yaitu dengan menggandakan batang bagian atas dan perlu dipasang gording pada tengah antara buhul.
3. Sebaiknya digunakan papan yang umurnya cukup, dan papan tersebut jangan terlalu lama terkena sinar matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- Ir. K.H.Felix Yap.1964, KONSTRUKSI KAJU, Dhiwantara, Bandung
- Charles G. Salmon dan John E. Johnson ,1990, STRUKTUR BAJA Design dan Perilaku,Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
- Charles G. Salmon dan John E. Johnson, 1990, STRUKTUR BAJA Design dan Perilaku, Edisi Ketiga ,Gramedia, Jakarta
- Donald A Breyer dan John A Ank, DESIGN OF WOOD STRUCTURE,Mc Graw Hill, New York
- Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia ,1961,DPU
- German Gurfinkel,1981,WOOD ENGINEERING Second Edition, Kendall/Hunt Publishing Company,Dubugue Iowa
- Timber engineering Company,1956, TIMBER DESING AND CONSTRUCTION HANDBOOK,Mc Graw Hill Company Inc, USA
- IR. Suwarno Wiryomartono,1976, KONSTRUKSI KAYU Jilid I,Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta
- Keith F. Faherty, WOOD ENGINEERING and CONSTRUCTION Handbook, Mc Graw Hill Publishing Company ,New York

LAMPIRAN 1

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	NAMA	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Fitriana Budi P.	97 511 370	Struktur
2	Pipit Emiyanti	97 511 394	Struktur

JUDUL TUGAS AKHIR :

Studi Eksperimentasi Kuda - Kuda Papan dengan Alat Sambung Paku.

.....

.....

PERIODE III : MARET - AGUSTUS

TAHUN : 2001/2002

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Mar.	Apr.	Mei.	Jun.	Jul.	Aug.
1.	Pendaftaran	■					
2.	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3.	Pembuatan Proposal		■				
4.	Seminar Proposal		■	■			
5.	Konsultasi Penyusunan TA.			■	■	■	
6.	Sidang-Sidang					■	■
7.	Pendadaran.						■

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Suharyatno, MT.

DOSEN PEMBIMBING II : Ir. Fatmurrizman N., MT.



Yogyakarta, 14 Maret 2002

a.n. Dekan,

(Ir. H. Munadhir, MS.)


Catatan.

Seminar :

Sidang :

Pendadaran :

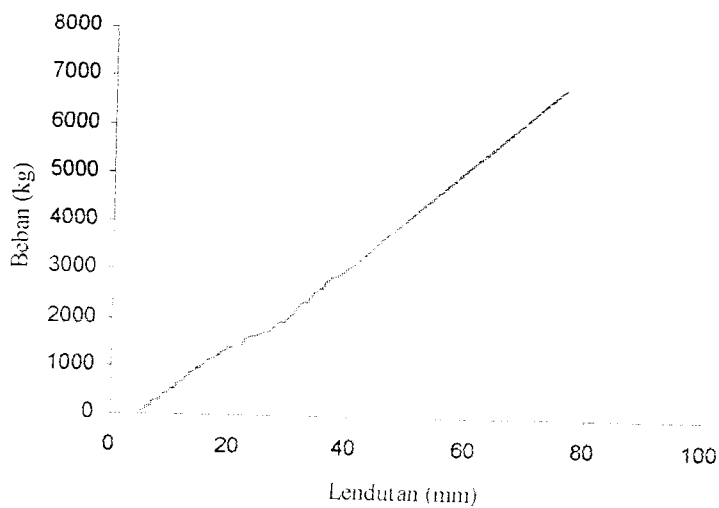
CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	ISI KONSULTASI	TANDA TANGAN
		<p>buat. luas. Per $= \frac{L}{E}$</p> <p>Buat Per kuda $= \frac{2Ser}{z}$</p> <p>Buat girder.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div> <p>Baukang. Per papan</p> <p>Per. balok.</p> <p>Buat pembersihan.</p>	
	3/09 2002	<p>Abstrak 1 spora</p> <p>Dilakukan ke</p> <p>DP I <u>Mu</u></p> <p>Perbaikan /</p> <p>Papan dengan muat.</p> <p>Per = $\frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)(\frac{h}{E})^2}$</p> <p>Per = Fer - A</p> <p>Per = $\frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} =$</p>	<u>Mu</u>
	9/7/02	Perbaikan /	
	13/7/02	Perbaikan /	
	15/7/02	Perbaikan.	
	18/7/02	Perbaikan /	
	24/7/02	Perbaikan /	
	25/7/02	siapkan sidang /	

LAMPIRAN 2

Tabel 5.4 Hasil uji kuat desak papan (20/2)

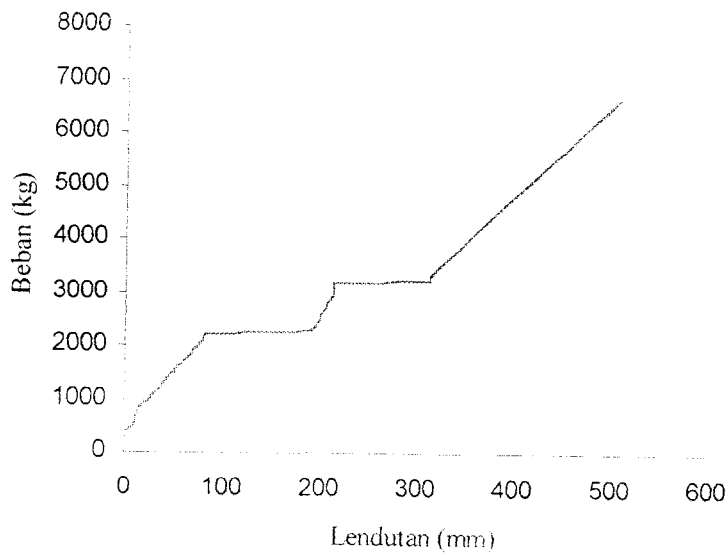
Ukuran kayu 20/2					
P (kg)	y	P (kg)	y	P (kg)	y
50	5	1050	15,5	2050	30
100	5	1100	16	2100	30,5
150	7	1150	17	2150	31
200	7	1200	17,5	2200	31
250	7	1250	18	2250	31,5
300	8	1300	19	2300	32
350	8,5	1350	19,5	2350	33
400	9	1400	20	2400	33,5
450	9,5	1450	21	2450	33,5
500	10	1500	22	2500	34
550	10,5	1550	22,5	2550	34
600	11	1600	23	2600	35
650	11,5	1650	24	2650	35,2
700	12	1700	25	2700	35,9
750	12,5	1750	26	2750	36
800	13	1800	27	2800	36,5
850	13,5	1850	27,5	2850	37,2
900	14	1900	28	2900	37,5
950	14,5	1950	29	2930	38,5
1000	15	2000	29,5	6800	76,2



Gambar 5.2 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (20/2)

Tabel 5.5 Hasil uji kuat desak papan (30/2)

Ukuran kayu 30/2					
P (kg)	y	P (kg)	y	P (kg)	y
400	2	1550	52	2500	199
450	6	1600	54,5	2550	200
500	10	1650	57	2600	201
550	12	1700	60	2650	203
800	14	1750	62	2700	205
850	17	1800	64,5	2750	206
900	20	1850	67	2800	208
950	22	1900	69	2850	209,8
1000	25	1950	71	2900	211
1050	27	2000	74	2950	212
1100	30,5	2050	76	3000	213
1150	34	2100	79	3050	213,5
1200	36	2150	81	3100	214
1250	38	2200	84	3150	214,5
1300	40	2250	165,5	3200	214,8
1350	42	2300	190	3250	314,9
1400	45	2350	193	3300	314,9
1450	47	2400	195,5	6700	508,4
1500	50	2450	197,5		



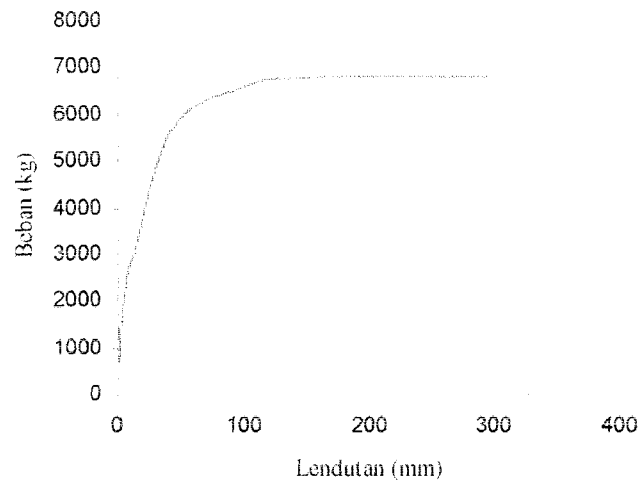
Gambar 5.3 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (30/2)

Tabel 5.7 Hasil Uji Kuat Desak Papan

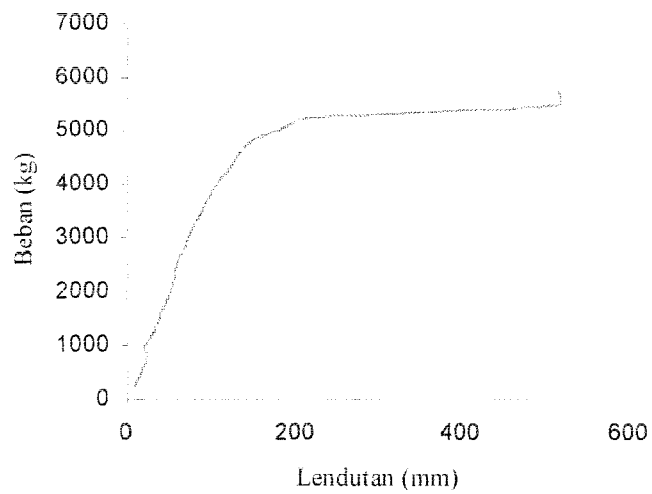
Kayu 90/2		Kayu 100/2		Kayu 100/1	
P (kg)	Δ	P (kg)	Δ	P (kg)	Δ
50	5	50	36,5	50	155
100	22	100	37,5	100	230
150	37	150	38	150	345
200	57	200	39	190	587
250	79	250	40	200	1052
300	117	300	43	220	1615
350	155	350	258	225	1672
400	203	405	2126	250	1964
450	204				
500	363				
530	1690				

Tabel 5.8 Hubungan P_{maks} Vs l/t dan F_{cr} Vs l/t

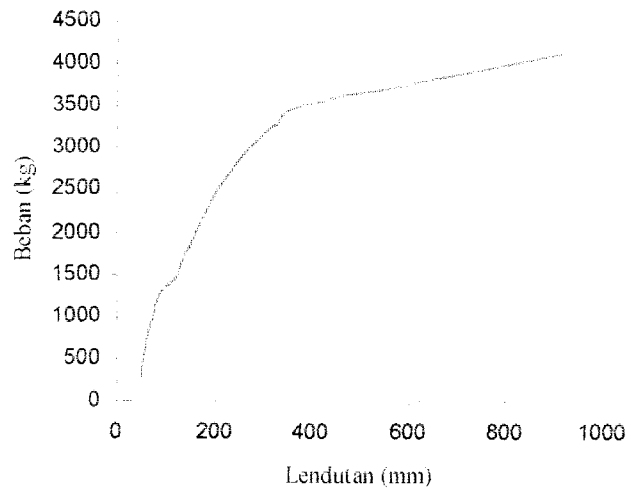
l/t	P_{cr}	F_{cr}
10	6800	170
15	6700	167,5
20	6500	162,5
25	5775	144,375
30	4125	103,125
35	2975	74,375
40	1970	49,25
45	530	13,25
50	405	10,125
100	250	5,25



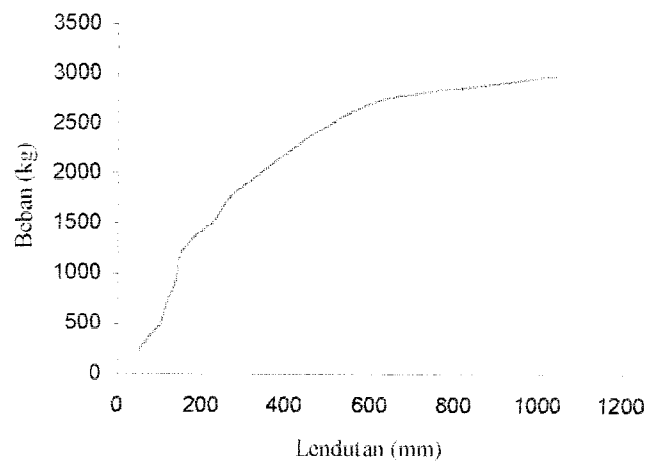
Gambar 5.4 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (40/2)



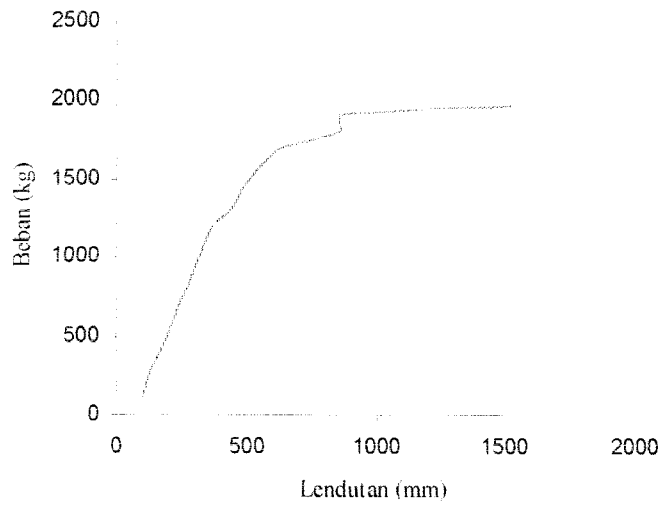
Gambar 5.5 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (50/2)



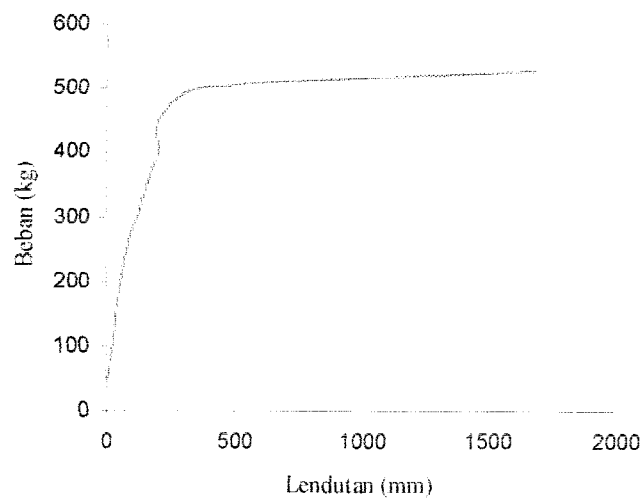
Gambar 5.6 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (60/2)



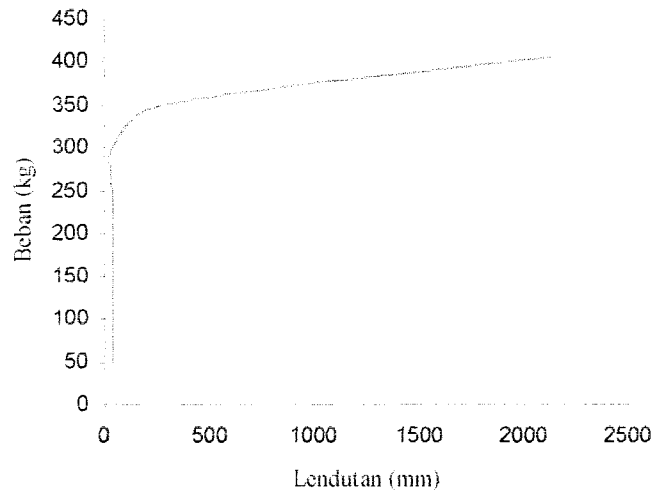
Gambar 5.7 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (70/2)



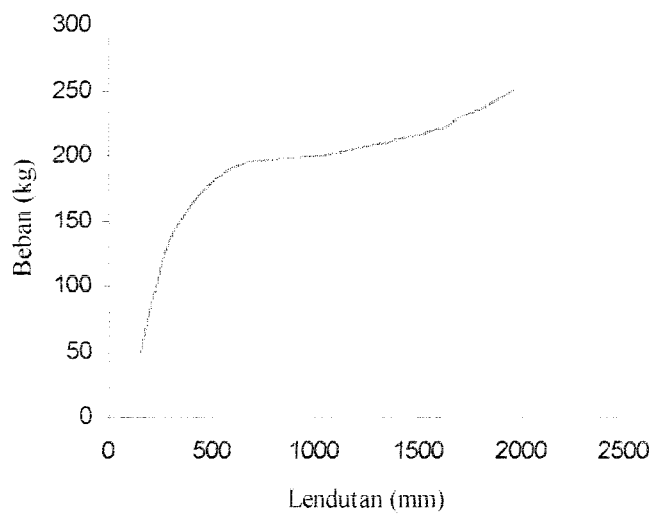
Gambar 5.8 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (80/2)



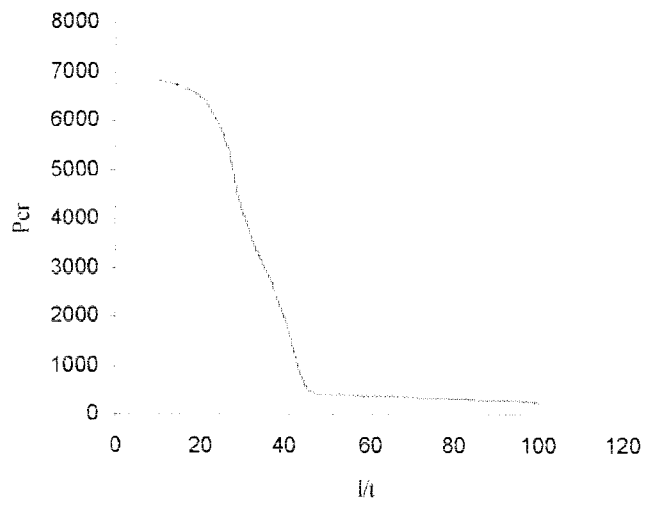
Gambar 5.9 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (90/2)



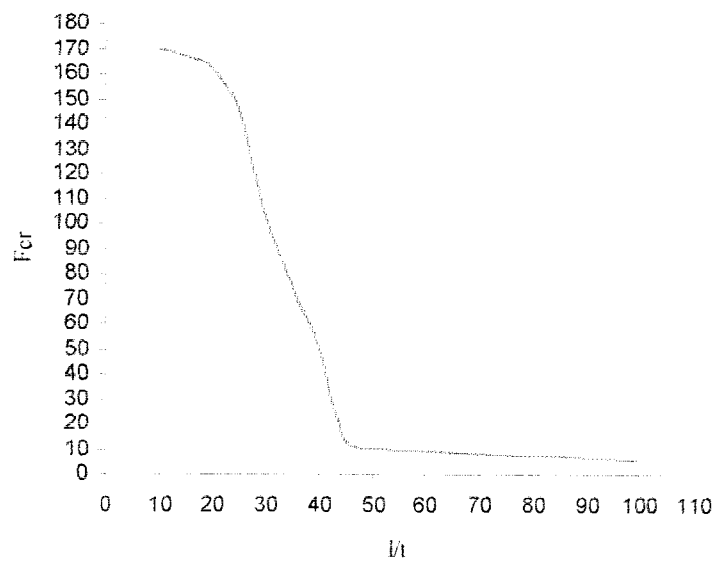
Gambar 5.10 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (100/2)



Gambar 5.11 Grafik hubungan Beban-Lendutan Papan (100/1)



Gambar 5.12 Grafik hubungan l/t Vs P_{cr}



Gambar 5.13 Grafik hubungan l/t Vs F_{cr}

LAMPIRAN 3

Tabel hasil uji kuat lentur benda uji ke-1

DIAL 1					
No.	P (Kg)	Y (mm)	No.	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,20	20	500	6,33
2	50	0,40	21	525	6,77
3	75	0,60	22	550	7,11
4	100	0,83	23	575	7,46
5	125	1,21	24	600	7,70
6	150	1,52	25	625	7,98
7	175	1,88	26	650	8,32
8	200	2,14	27	675	8,84
9	225	2,45	28	700	9,24
10	250	2,79	29	725	10,43
11	275	3,04	30	700	11,97
12	300	3,40	31	700	13,35
13	325	3,80	32	675	14,34
14	350	4,13	33	675	14,96
15	375	4,45	34	670	15,96
16	400	4,83	35	658	16,83
17	425	5,21	36	658	17,71
18	450	5,61	37	650	18,61
19	475	5,99			

DIAL 2					
No.	P (Kg)	Y (mm)	No.	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,30	20	500	7,59
2	50	0,50	21	525	8,15
3	75	0,72	22	550	8,58
4	100	0,92	23	575	9,02
5	125	1,35	24	600	9,33
6	150	1,48	25	625	9,69
7	175	2,10	26	650	10,15
8	200	2,40	27	675	10,90
9	225	2,79	28	700	11,45
10	250	3,20	29	725	13,24
11	275	3,55	30	700	19,07
12	300	3,93	31	700	20,48
13	325	4,49	32	675	23,15
14	350	4,86	33	675	23,00
15	375	5,32	34	670	29,14
16	400	5,76	35	658	30,30
17	425	6,24	36	658	32,35
18	450	6,71	37	650	33,55
19	475	7,19			

DIAL 3					
No.	P (Kg)	Y (mm)	No.	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,25	20	500	5,72
2	50	0,35	21	525	6,12
3	75	0,46	22	550	6,44
4	100	0,65	23	575	6,76
5	125	0,94	24	600	6,98
6	150	1,23	25	625	7,26
7	175	1,53	26	650	7,58
8	200	1,78	27	675	8,18
9	225	2,08	28	700	8,54
10	250	2,42	29	725	9,95
11	275	2,66	30	700	11,08
12	300	2,98	31	700	12,34
13	325	3,40	32	675	13,16
14	350	3,68	33	675	13,74
15	375	4,01	34	670	14,50
16	400	4,36	35	658	15,30
17	425	4,68	36	658	16,10
18	450	5,07	37	650	16,88
19	475	5,42			

DIAL 4					
No.	P (Kg)	Y (mm)	No.	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,23	20	500	7,67
2	50	0,26	21	525	7,96
3	75	0,41	22	550	8,40
4	100	0,64	23	575	8,91
5	125	0,97	24	600	9,30
6	150	1,32	25	625	9,72
7	175	1,75	26	650	10,17
8	200	2,09	27	675	11,00
9	225	2,51	28	700	11,59
10	250	2,97	29	725	13,16
11	275	3,32	30	700	14,39
12	300	3,78	31	700	15,80
13	325	4,32	32	675	16,44
14	350	4,74	33	675	16,76
15	375	5,17	34	670	17,43
16	400	5,65	35	658	18,44
17	425	6,12	36	658	19,46
18	450	6,60	37	650	19,51
19	475	7,06			

DIAL 5					
No.	P (Kg)	Y (mm)	No.	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,38	20	500	8,88
2	50	0,47	21	525	9,47
3	75	0,64	22	550	10,04
4	100	0,92	23	575	10,66
5	125	1,32	24	600	11,19
6	150	1,72	25	625	11,69
7	175	2,22	26	650	12,23
8	200	2,62	27	675	13,30
9	225	3,09	28	700	14,00
10	250	3,61	29	725	16,19
11	275	4,01	30	700	18,06
12	300	4,51	31	700	20,12
13	325	5,10	32	675	21,63
14	350	5,55	33	675	22,76
15	375	6,09	34	670	23,22
16	400	6,62	35	658	25,81
17	425	7,20	36	658	26,35
18	450	7,78	37	650	28,95
19	475	8,33			

DIAL 6					
No.	P (Kg)	Y (mm)	No.	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,04	20	500	7,41
2	50	0,10	21	525	7,92
3	75	0,25	22	550	8,36
4	100	0,50	23	575	8,83
5	125	0,90	24	600	9,22
6	150	1,30	25	625	9,70
7	175	1,72	26	650	10,23
8	200	2,06	27	675	11,07
9	225	2,49	28	700	11,75
10	250	2,92	29	725	13,67
11	275	3,25	30	700	15,25
12	300	3,69	31	700	15,73
13	325	4,22	32	675	17,11
14	350	4,63	33	675	18,98
15	375	5,08	34	670	20,08
16	400	5,55	35	658	20,11
17	425	6,03	36	658	20,11
18	450	6,53	37	650	20,11
19	475	7,00			

Tabel hasil uji kuat lentur benda uji ke-2

DIAL 1					
No	P (Kg)	Y (mm)	No	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,13	23	575	7,62
2	50	0,25	24	600	8,24
3	75	0,48	25	625	8,66
4	100	0,67	26	650	9,04
5	125	0,94	27	675	9,39
6	150	1,27	28	700	9,79
7	175	1,58	29	725	10,24
8	200	2,00	30	750	10,70
9	225	2,25	31	775	11,39
10	250	2,62	32	800	12,16
11	275	2,95	33	825	12,25
12	300	3,25	34	850	13,25
13	325	3,54	35	875	14,07
14	350	3,90	36	900	15,08
15	375	4,19	37	925	20,51
16	400	4,66	38	950	21,33
17	425	5,03	39	925	22,19
18	450	5,37	40	900	22,99
19	475	5,69	41	900	23,81
20	500	6,11	42	900	26,26
21	525	6,57	43	900	29,61
22	550	7,15	44	900	37,97

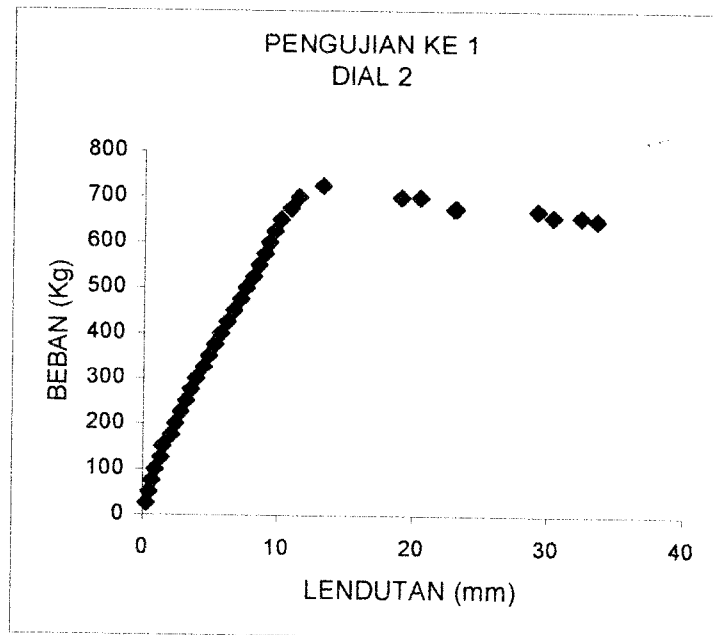
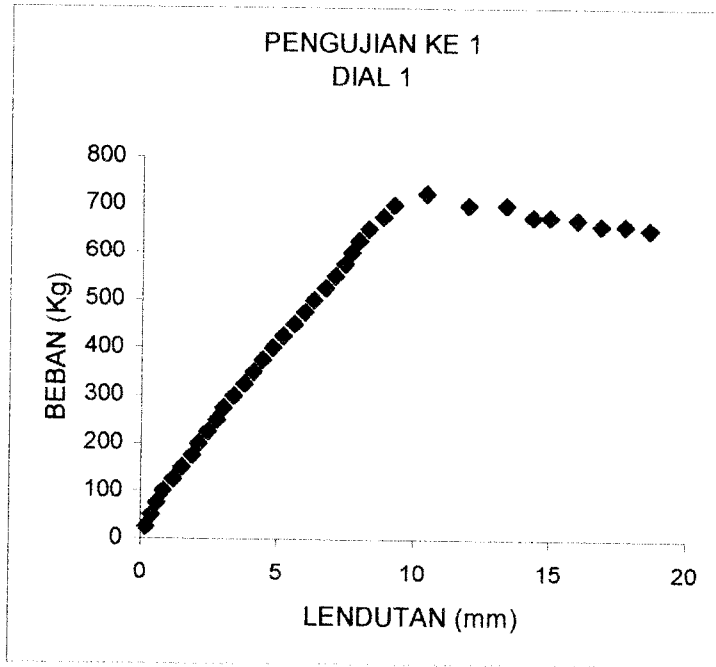
DIAL 2					
NO	P (Kg)	Y (mm)	NO	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0.12	23	575	8.98
2	50	0.32	24	600	9.60
3	75	0.55	25	625	10.05
4	100	0.79	26	650	10.46
5	125	1.10	27	675	10.86
6	150	1.44	28	700	11.39
7	175	1.78	29	725	11.84
8	200	2.28	30	750	12.38
9	225	2.58	31	775	13.01
10	250	3.00	32	800	13.72
11	275	3.39	33	825	14.92
12	300	3.76	34	850	15.92
13	325	4.08	35	875	16.81
14	350	4.55	36	900	18.97
15	375	4.88	37	925	19.34
16	400	5.45	38	950	23.76
17	425	5.91	39	925	21.49
18	450	6.36	40	900	24.67
19	475	6.83	41	900	26.92
20	500	7.31	42	900	27.05
21	525	7.81	43	900	28.22
22	550	8.20	44	900	29.39

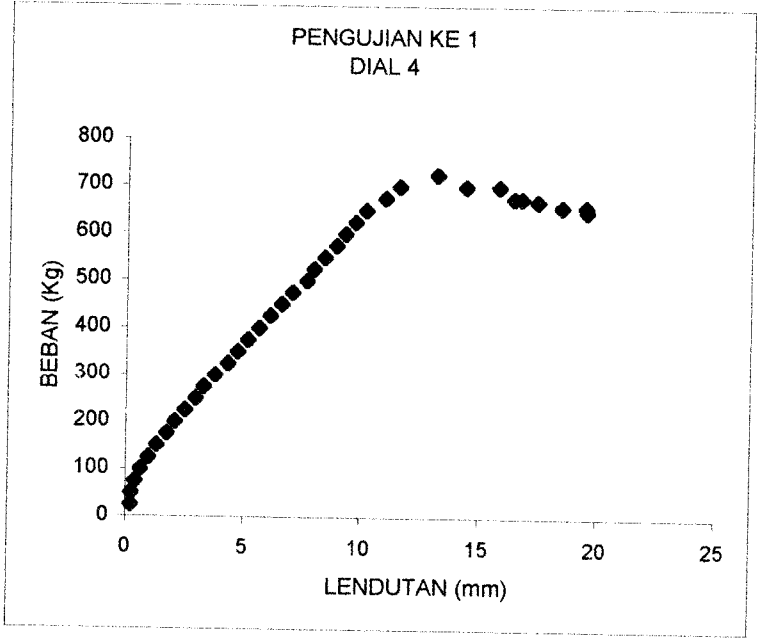
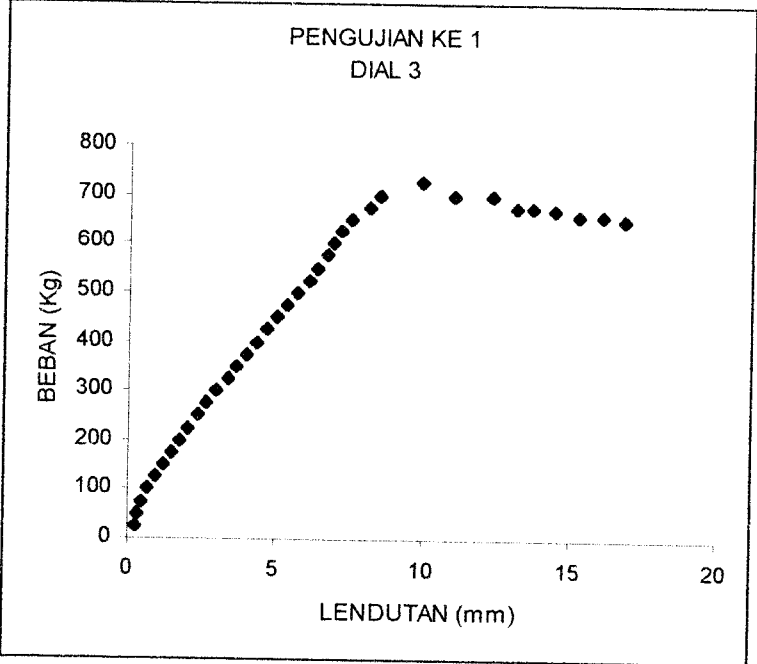
DIAL 3					
NO	P (Kg)	Y (mm)	NO	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,22	23	575	7,62
2	50	0,36	24	600	8,22
3	75	0,53	25	625	8,55
4	100	0,69	26	650	8,90
5	125	0,95	27	675	9,22
6	150	1,22	28	700	9,62
7	175	1,49	29	725	10,03
8	200	1,89	30	750	10,47
9	225	2,13	31	775	11,08
10	250	2,45	32	800	11,72
11	275	2,80	33	825	12,72
12	300	3,15	34	850	13,59
13	325	3,49	35	875	14,30
14	350	3,89	36	900	15,32
15	375	4,25	37	925	16,34
16	400	4,71	38	950	19,52
17	425	5,11	39	925	18,68
18	450	5,54	40	900	19,83
19	475	5,80	41	900	20,11
20	500	6,21	42	900	21,14
21	525	6,66	43	900	22,86
22	550	7,19	44	900	23,15

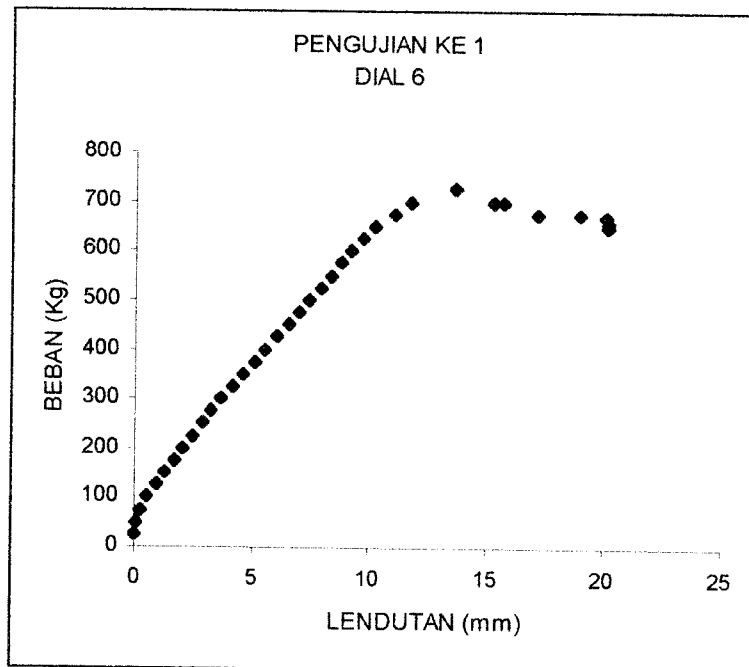
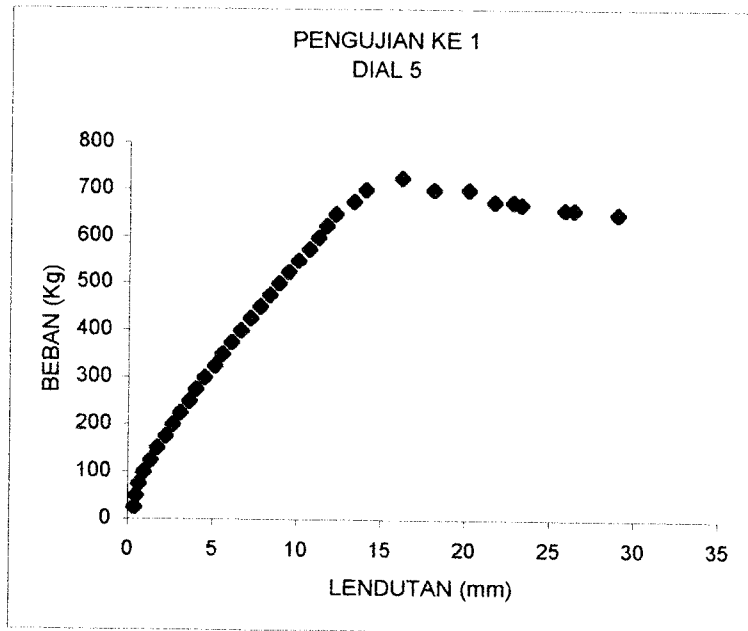
DIAL 4					
NO	P (Kg)	Y (mm)	NO	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,25	23	575	5,83
2	50	0,28	24	600	6,26
3	75	0,45	25	625	6,59
4	100	0,61	26	650	6,88
5	125	0,82	27	675	7,18
6	150	1,02	28	700	7,52
7	175	1,21	29	725	7,88
8	200	1,49	30	750	8,22
9	225	1,66	31	775	8,71
10	250	1,89	32	800	9,24
11	275	2,18	33	825	10,00
12	300	2,44	34	850	10,68
13	325	2,67	35	875	11,31
14	350	2,98	36	900	12,08
15	375	3,22	37	925	13,01
16	400	3,61	38	950	15,50
17	425	3,93	39	925	14,25
18	450	4,21	40	900	16,28
19	475	4,45	41	900	16,81
20	500	4,76	42	900	17,41
21	525	5,09	43	900	18,09
22	550	5,49	44	900	18,69

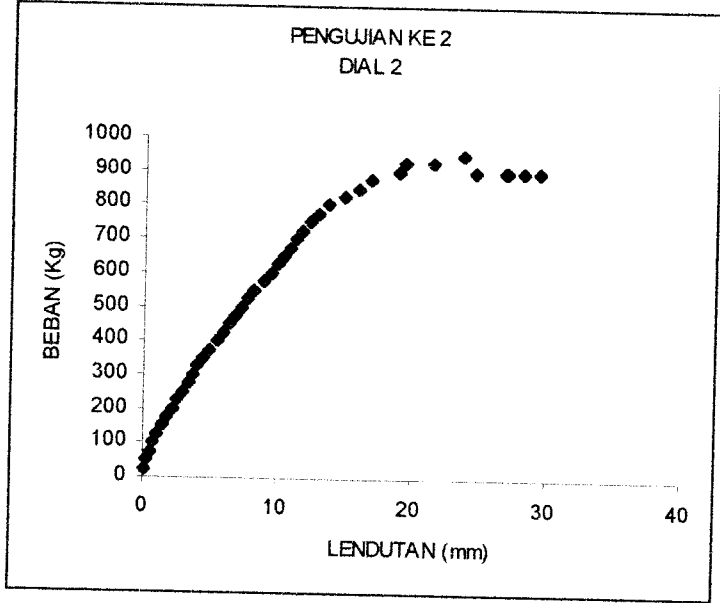
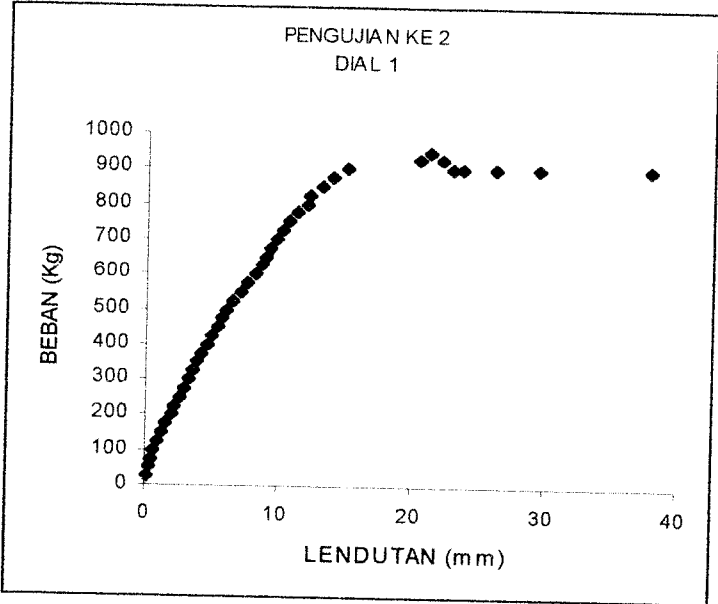
DIAL 5					
NO	P (Kg)	Y (mm)	NO	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,23	23	575	7,54
2	50	0,38	24	600	8,14
3	75	0,57	25	625	8,60
4	100	0,73	26	650	9,01
5	125	0,95	27	675	9,42
6	150	1,18	28	700	9,90
7	175	1,46	29	725	10,45
8	200	1,83	30	750	10,92
9	225	2,00	31	775	11,64
10	250	2,33	32	800	12,46
11	275	2,61	33	825	13,63
12	300	3,00	34	850	14,58
13	325	3,30	35	875	15,48
14	350	3,65	36	900	16,64
15	375	4,00	37	925	17,94
16	400	4,52	38	950	19,89
17	425	4,95	39	925	22,18
18	450	5,30	40	900	22,32
19	475	5,64	41	900	24,39
20	500	6,05	42	900	25,43
21	525	6,50	43	900	26,57
22	550	7,09	44	900	27,47

DIAL 6					
NO	P (Kg)	Y (mm)	NO	P (Kg)	Y (mm)
1	25	0,07	23	575	5,82
2	50	0,20	24	600	6,28
3	75	0,42	25	625	6,64
4	100	0,57	26	650	6,96
5	125	0,76	27	675	7,28
6	150	0,96	28	700	7,62
7	175	1,12	29	725	7,95
8	200	1,78	30	750	8,22
9	225	1,52	31	775	8,72
10	250	1,74	32	800	9,28
11	275	2,11	33	825	10,09
12	300	2,22	34	850	10,78
13	325	2,48	35	875	11,40
14	350	2,78	36	900	12,20
15	375	3,03	37	925	13,12
16	400	3,45	38	950	14,45
17	425	3,78	39	925	16,00
18	450	4,05	40	900	16,88
19	475	4,30	41	900	17,62
20	500	4,65	42	900	18,30
21	525	5,02	43	900	19,12
22	550	5,45	44	900	20,02



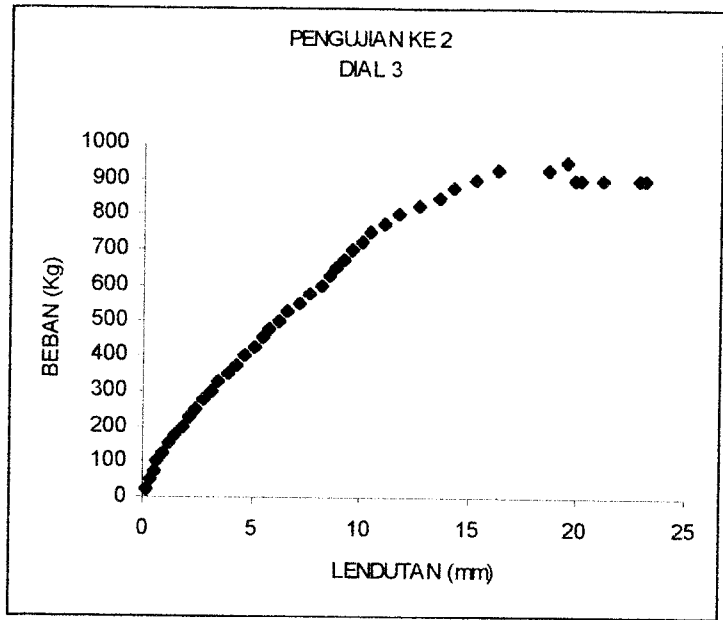






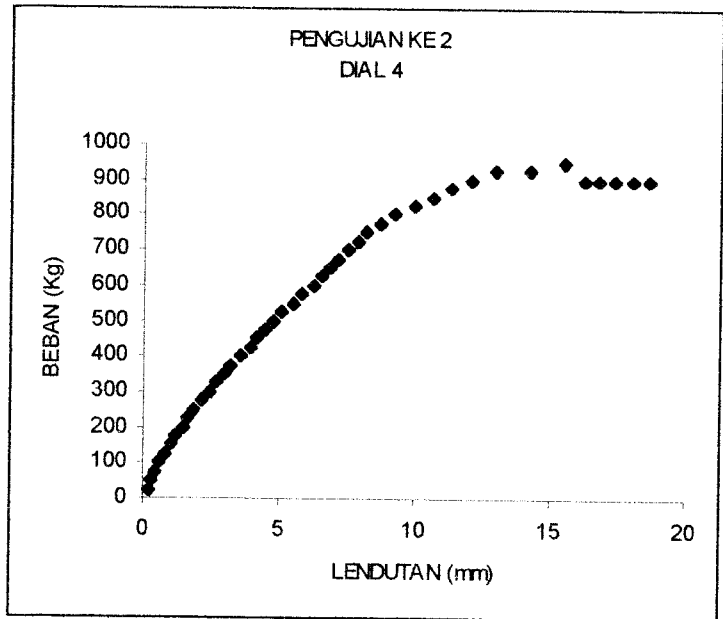
BEBAN (Kg)

1



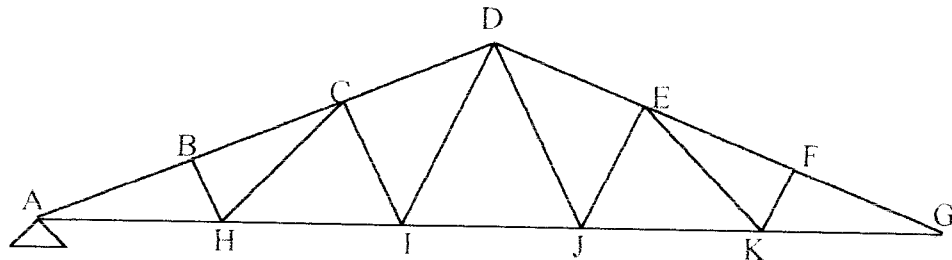
BEBAN (Kg)

100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0



LAMPIRAN 4

PERHITUNGAN PAKU



Kayu yang digunakan termasuk kuat kelas II, dengan $B_D = 0,6 \text{ g/cm}^2$ dan $\bar{\sigma} = 85 \text{ kg/cm}^2$.

Dipakai paku dengan diameter 4 mm dan 5,57 mm, menggunakan sambungan tampang satu.

- ◆ Buhul A = G

$$\bar{P} = 1/2 \cdot b \cdot d \cdot \bar{\sigma}_{kd} \quad b \leq 7d, \text{ sambungan tampang satu.}$$

$$\bar{P} = 1/2 \cdot 2,0 \cdot 4,85 = 34 \text{ kg}, P_{cr \text{ paku}} = \bar{P} \cdot 1,5 = 34 \cdot 1,5 = 51 \text{ kg}$$

$$P = 384,998 \text{ kg}$$

$$n = \frac{384,998}{51} = 7,55 \approx 9 \text{ buah}$$

Dipasang 3 baris, satu baris 3 buah.

- ◆ Buhul B = F

$$P = 3837,5 \text{ kg}$$

$$n = \frac{3837,5}{51} = 75,35 \approx 83 \text{ buah}$$

Dipasang 42 buah pada kedua sisinya, tiap sisi dipasang 7 baris, baris ke 1 dan 7 dipasang 3 buah, baris ke 2 dan 6 dipasang 6 buah, baris ke 3,4 dan 5 dipasang 8 buah.

- ◆ Buhul C = E

$$\bar{P} = 1/2.2.0,557.85 = 47,345 \text{ kg}, P_{cr, \text{paku}} = 47,345.1,5 = 71 \text{ kg}$$

$$P = 397,5 \text{ kg}$$

$$n = \frac{397,5}{71} = 5,59 \approx 9 \text{ buah, dipasang 3 baris, tiap barisnya 3 buah.}$$

- ◆ Buhul D

$$P_{cr, \text{paku}} = 71 \text{ kg}$$

$$P = 339,012 \text{ kg}$$

$$n = \frac{339,012}{71} = 4,77 \approx 8 \text{ buah, dipasang 3 baris, baris ke-1 dan 3 dipasang 3}$$

buah dan baris ke-2 2 buah.

- ◆ Buhul H = K

$$P_{cr, \text{paku}} = 71 \text{ kg}$$

$$P = 3837,5 \text{ kg}$$

$$n = \frac{3837,5}{71} = 54,05 \approx 83 \text{ buah}$$

Dipasang 42 buah pada kedua sisinya, tiap sisi dipasang 7 baris, baris ke 1 dan 7 dipasang 3 buah, baris ke 2 dan 6 dipasang 6 buah, baris ke 3,4 dan 5 dipasang 8 buah.

- ◆ Buhul I = J

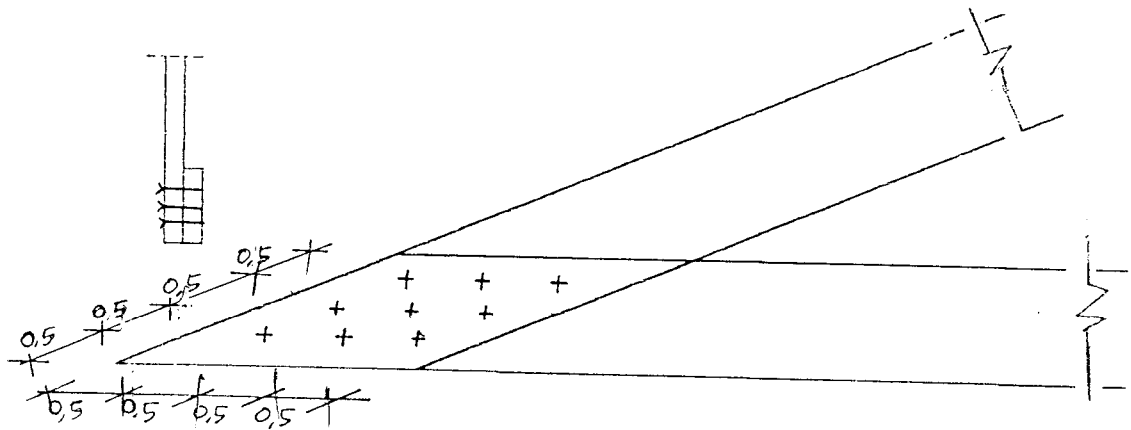
$$P_{cr, \text{paku}} = 71 \text{ kg}, P = 397,500 \text{ kg}$$

$$n = \frac{397,500}{71} = 5,59 \approx 9 \text{ buah, dipasang 3 baris dimana tiap baris dipasang 3}$$

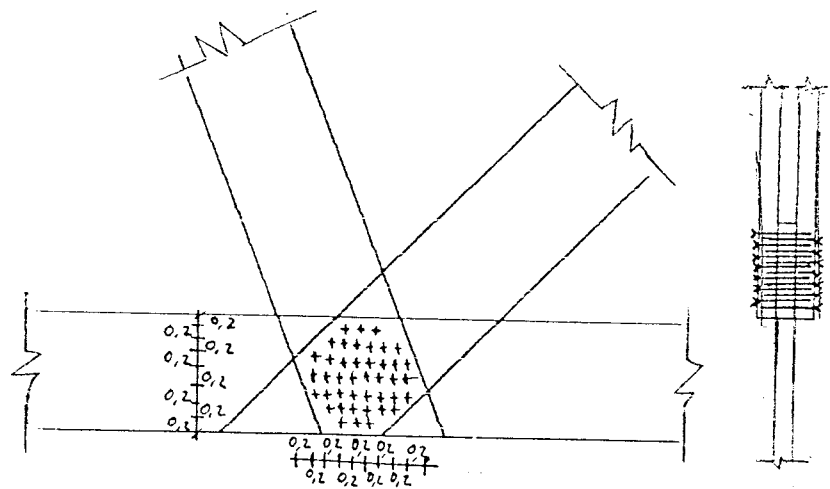
buah.

Karena paku dipasang lebih maka tidak terjadi kerusakan pada sambungan.

Letak paku pada buhul A



Letak paku pada buhul H



LAMPIRAN 5

Tabel Perhitungan beban kritis berdasarkan hasil uji laboratorium

Batang	L/T	Pcr	Fcr
A1 = A6	90/1,8 = 50	405	11,25
A2 = A5	90/1,8 = 50	405	11,25
A3 = A4	90/1,8 = 50	405	11,25
D1 = D8	56,25/1,8 = 31,25	3837,5	106,597
D2 = D7	123/1,8 = 68,33	339,012	9,417
D3 = D6	93,75/1,8 = 52,083	397,500	11,047
D4 = D5	123/1,8 = 68,33	339,012	9,417
B1 = B5	100/1,8 = 55,56	384,998	10,694
B2 = B4	100/1,8 = 55,56	384,998	10,694
B3	100/1,8 = 55,56	384,998	10,694

Tabel perhitungan Fcr berdasarkan Sap 2000.

Batang	Beban = 0.725		Beban = 0.95	
	Pcr	Fcr	Pcr	Fcr
A1 = A6	928	25,778	1370	38,056
A2 = A5	624	17,333	933,7	25,942
A3 = A4	604,3	16,7861	976	27,111

Perhitungan Fcr berdasarkan toritik

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{A \cdot L^2} = \frac{\pi^2 \cdot 252551,7982 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2}{40 \text{ cm}^2 \cdot 90^2 \text{ cm}^2} = 7,6932 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Perbandingan beban berdasarkan uji laboratorium dengan perhitungan Sap 2000.

Batang	Pcr (kg)
A1 = A6	405/1280 = 0,316
A2 = A5	405/860,7 = 0,4705
A3 = A4	405/503,6 = 0,804
B1 = B5	384,998/508,2 = 0,758
B2 = B4	384,998/554,7 = 0,694
B3	384,998/630,7 = 0,610
D1 = D8	3837,5/500,5 = 12,728
D2 = D7	339,012/865,7 = 0,4581
D3 = D6	397,5/651 = 2,2648
D4 = D5	339,012/723 = 0,5048

Perhitungan F_{cr} berdasarkan Sap 2000

Dengan beban 0,725 ton

Batang 1 = batang 6 = 0,928 ton

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{928}{36} = 25,778 \text{ kg/cm}^2$$

Batang 2 = batang 5 = 0,624 ton

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{624}{36} = 17,333 \text{ kg/cm}^2$$

Batang 3 = batang 4 = 0,6043 ton

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{604,3}{36} = 16,7861 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan beban 0,95 ton

Batang 1 = batang 6 = 1,37 ton

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{1370}{36} = 38,056 \text{ kg/cm}^2$$

Batang 2 = batang 5 = 0,9339 ton

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{933,7}{36} = 25,942 \text{ kg/cm}^2$$

Batang 3 = batang 4 = 0,976 ton

$$F_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{976}{36} = 27,111 \text{ kg/cm}^2$$

Berdasarkan teoritik

$$F_{cr} = \frac{k \cdot \pi^2 \cdot EI}{12(1 - \nu^2) \left(\frac{h}{l} \right)^2}$$

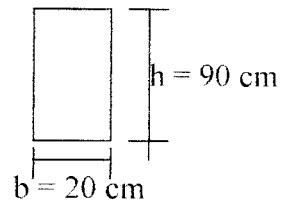
Dengan $k =$ koefisien tekuk dari grafik l/t vs koefisien tekuk didapat nilai $k = 0,425$

$$\nu = \text{angkapoisson} = 0,3$$

$$F_{cr} = \frac{0,425 \cdot \pi^2 \cdot 20.83127 \text{ kg}}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \left(\frac{20}{1,8} \right)^2} = 0,0648 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cr} = F_{cr} \cdot A = 0,0648 \cdot 40 = 2,5925 \text{ kg}$$

Perhitungan σ_{kritis} pada pembebanan 0,725 t.



$$I_{\min} = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 20^3 \cdot 90 = 60000 \text{ cm}^2$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{Ag}} = \sqrt{\frac{60000}{20 \cdot 90}} = 5,7735 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{lk}{i_{\min}} = \frac{90}{5,7735} = 15,588 \rightarrow \omega = 1,116$$

Batang	P (kg)	σ_{dsk}	σ_{trk}	σ_{kritis}
A1	- 928	25,778		-25,8912
A2	- 624	17,333		-17,4096
A3	- 604,3	16,786		-16,8599
A4	- 604,3	16,786		-16,8599
A5	- 624	17,333		-17,4096
A6	- 928	25,778		-25,8912
B5	+ 368,4		10,233	10,233
B4	+ 402,2		11,172	11,172
B3	+ 457,3		12,702	12,702
B2	+ 402,2		11,172	11,172
B1	+ 368,4		10,233	10,233
D1	+ 362,9		10,080	10,080
D2	- 627,6	17,433		-17,5100
D3	+ 472		13,111	13,111
D4	- 856,9	23,802		-23,9075
D5	- 856,9	23,802		-23,9075
D6	+ 472		13,111	13,111
D7	- 627,6	17,433		-17,5100
D8	+ 362,9		10,080	10,080

Perhitungan σ_{kritis} pada pembebanan 0,95 t.

$$i_{min} = 5,7735 \text{ cm}$$

$$\omega = 1,116$$

Batang	P (kg)	σ_{lsh}	σ_{lrk}	σ
A1	- 1370	-38,0556		-38,2230
A2	- 933	-25,9167		-26,0307
A3	- 976	-27,1111		-27,2304
A4	- 976	-27,1111		-27,2304
A5	- 933,9	-25,9417		-28,9509
A6	- 1370	-38,0556		-38,2230
B5	+ 545,6		15,15556	15,1555
B4	+ 622,4		17,28889	17,2888
B3	+ 788,4		21,9	21,9
B2	+ 622,4		17,28889	17,2888
B1	+ 545,6		15,15556	15,1555
D1	+ 548		15,22222	15,2222
D2	- 967,6	-26,8778		-26,9960
D3	+ 753,6		20,93333	20,9333
D4	- 922,3	-25,6194		-25,7322
D5	- 922,3	-25,6194		-25,7322
D6	+ 753,6		20,93333	20,9333
D7	- 967,6	-26,8778		-26,9960
D8	+ 548		15,22222	15,2222

Fcr berdasarkan eksperimen, perhitungan Sap 2000, dan teoritis :

Tabel Tegangan Kritis

Batang	Fcr Eksperimen batang	Fcr eksperimen kuda-kuda		Fcr Teoritis	Ket.
		beban 0,725	Beban 0,95		
A1=A6	11,250	25,891	38,223	7,693	rusak/buckling
A3=A5	11,250	17,409	26,031	7,693	rusak/buckling
A5=A4	11,250	16,859	27,230	7,693	rusak/buckling
D1	106,597				
D2	9,417	17,510	29,996	4,119	rusak/buckling
D3	11,047				
D4	9,417	23,907	25,732	4,119	rusak/buckling
D5	9,417	23,907	25,732	4,119	rusak/buckling
D6	11,047				
D7	9,417	17,510	29,996	4,119	rusak/buckling
D8	106,597				

LAMPIRAN 6

Tabel Hubungan Momen - Kelengkungan Benda Uji 1 pada titik 1,2,3

Beban (ton)	Defleksi			Momen (T.m)	Φ (1/m)
	y_{i-1}	y_i	y_{i+1}		
0	0	0	0	0	0
0,025	0,0002	0,0003	0,00025	0,03125	0,000185
0,05	0,0004	0,0005	0,00035	0,0625	0,000309
0,075	0,0006	0,00072	0,00046	0,09375	0,000469
0,1	0,00083	0,00092	0,00065	0,125	0,000444
0,125	0,00121	0,00135	0,00094	0,1563	0,000679
0,15	0,00152	0,00148	0,00123	0,1875	0,000259
0,175	0,00188	0,0021	0,00153	0,2187	0,000975
0,2	0,00214	0,0024	0,00178	0,25	0,001086
0,225	0,00245	0,00279	0,00208	0,2813	0,001296
0,25	0,00279	0,0032	0,00242	0,3125	0,001469
0,275	0,00304	0,00355	0,00266	0,3437	0,001728
0,3	0,00340	0,00393	0,00298	0,375	0,001827
0,325	0,00380	0,00449	0,0034	0,4063	0,002198
0,35	0,00413	0,00486	0,00368	0,4375	0,002358
0,375	0,00445	0,00532	0,00401	0,4687	0,002691
0,4	0,00483	0,00576	0,00436	0,5	0,002877
0,425	0,00521	0,00624	0,00468	0,5313	0,003198
0,45	0,00561	0,00671	0,00507	0,5625	0,003383
0,475	0,00599	0,00719	0,00542	0,5937	0,003667
0,5	0,00633	0,00759	0,00572	0,625	0,003864
0,525	0,00677	0,00815	0,00612	0,6563	0,00421
0,55	0,00711	0,00858	0,00644	0,6875	0,004457
0,575	0,00746	0,00902	0,00676	0,7187	0,004716
0,6	0,00770	0,00933	0,00698	0,75	0,004914
0,625	0,00798	0,00969	0,00726	0,7813	0,005111
0,65	0,00832	0,01015	0,00758	0,8125	0,005432
0,675	0,00884	0,0109	0,00818	0,8438	0,005901
0,7	0,00924	0,01145	0,00854	0,875	0,006321
0,725	0,01043	0,01324	0,00995	0,9063	0,007531
0,7	0,01197	0,01907	0,01108	0,875	0,01863
0,7	0,01335	0,02048	0,01234	0,875	0,018852
0,675	0,01434	0,02315	0,01316	0,8438	0,02321
0,675	0,01496	0,02604	0,01374	0,8438	0,028864
0,67	0,01596	0,02914	0,0145	0,8375	0,034346
0,658	0,01683	0,0303	0,0153	0,8225	0,035148
0,658	0,01771	0,03235	0,0161	0,8225	0,038136
0,65	0,01861	0,03355	0,01688	0,8125	0,039025

Tabel Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 1 pada titik 4,5,6

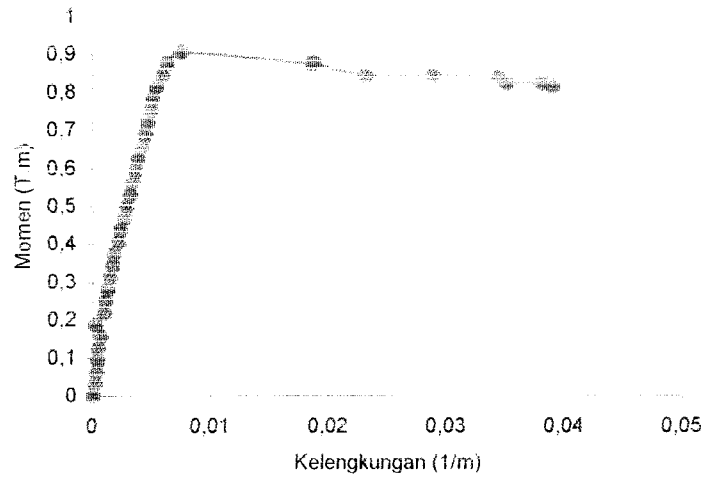
Bahan (ton)	Defleksi			Momen (T.m)	Φ (1/m)
	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}		
0	0	0	0	0	0
0,025	0,00023	0,00038	0,00004	0,03125	0,000605
0,05	0,00026	0,00047	0,0001	0,0625	0,000716
0,075	0,00041	0,00064	0,00025	0,09375	0,000765
0,1	0,00064	0,00092	0,0005	0,125	0,000864
0,125	0,00097	0,00132	0,0009	0,15625	0,000951
0,15	0,00132	0,00172	0,0013	0,1875	0,001012
0,175	0,00175	0,00222	0,00172	0,21875	0,001198
0,2	0,00209	0,00262	0,00206	0,25	0,001346
0,225	0,00251	0,00309	0,00249	0,28125	0,001457
0,25	0,00297	0,00361	0,00292	0,3125	0,001642
0,275	0,00332	0,00401	0,00325	0,34375	0,00179
0,3	0,00378	0,00451	0,00369	0,375	0,001914
0,325	0,00432	0,0051	0,00422	0,40625	0,002049
0,35	0,00474	0,00555	0,00463	0,4375	0,002136
0,375	0,00517	0,00609	0,00508	0,46875	0,002383
0,4	0,00565	0,00662	0,00555	0,5	0,002519
0,425	0,00612	0,0072	0,00603	0,53125	0,002778
0,45	0,0066	0,00778	0,00653	0,5625	0,003
0,475	0,00706	0,00833	0,007	0,59375	0,00321
0,5	0,00767	0,00888	0,00741	0,625	0,003309
0,525	0,00796	0,00947	0,00792	0,65625	0,003778
0,55	0,0084	0,01004	0,00836	0,6875	0,004099
0,575	0,00891	0,01066	0,00883	0,71875	0,00442
0,6	0,0093	0,01119	0,00922	0,75	0,004765
0,625	0,00972	0,01169	0,0097	0,78125	0,004889
0,65	0,01017	0,01223	0,01023	0,8125	0,005012
0,675	0,011	0,0133	0,01107	0,84375	0,005593
0,7	0,01159	0,014	0,01175	0,875	0,005753
0,725	0,01316	0,01619	0,01367	0,90625	0,006852
0,7	0,01439	0,01806	0,01525	0,875	0,008
0,7	0,0158	0,02012	0,01573	0,875	0,010753
0,675	0,01644	0,02163	0,01711	0,84375	0,011988
0,675	0,01676	0,02276	0,01898	0,84375	0,012074
0,67	0,01743	0,02322	0,02008	0,8375	0,013025
0,658	0,01844	0,02581	0,02011	0,8225	0,016136
0,658	0,01946	0,02635	0,02011	0,8225	0,01621
0,65	0,01951	0,02895	0,02011	0,8125	0,022568

Tabel Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 2 pada titik 1,2,3

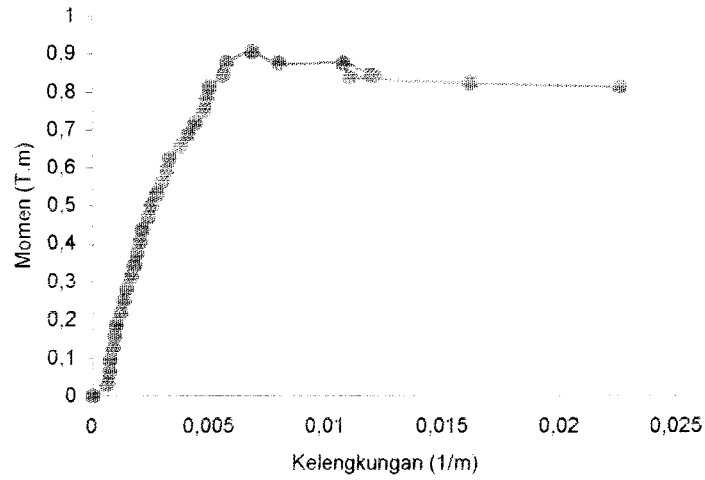
Beban (ton)	Defleksi			Momen (T m)	Φ (1/m)
	Y_{i-1}	Y_i	Y_{i+1}		
0	0	0	0	0	0
0,025	0,00013	0,00022	0,00012	0,03125	0,000235
0,05	0,00025	0,00032	0,00036	0,0625	3,7E-05
0,075	0,00048	0,00055	0,00053	0,09375	0,000111
0,1	0,00067	0,00079	0,00069	0,125	0,000272
0,125	0,00094	0,0011	0,00095	0,15625	0,000383
0,15	0,00127	0,00144	0,00122	0,1875	0,000481
0,175	0,00158	0,00178	0,00149	0,21875	0,000605
0,2	0,002	0,00228	0,00189	0,25	0,000827
0,225	0,00225	0,00258	0,00213	0,28125	0,000963
0,25	0,00262	0,003	0,00245	0,3125	0,001148
0,275	0,00295	0,00339	0,0028	0,34375	0,001272
0,3	0,00325	0,00376	0,00315	0,375	0,001383
0,325	0,00354	0,00408	0,00349	0,40625	0,001395
0,35	0,0039	0,00455	0,00389	0,4375	0,001617
0,375	0,00419	0,00488	0,00425	0,46875	0,00163
0,4	0,00466	0,00545	0,00471	0,5	0,001889
0,425	0,00503	0,00591	0,00511	0,53125	0,002074
0,45	0,00537	0,00636	0,00554	0,5625	0,002235
0,475	0,00569	0,00683	0,0058	0,59375	0,002679
0,5	0,00611	0,00731	0,00621	0,625	0,00284
0,525	0,00657	0,00781	0,00666	0,65625	0,002951
0,55	0,00715	0,0082	0,00719	0,6875	0,002543
0,575	0,00762	0,00898	0,00762	0,71875	0,003358
0,6	0,00824	0,0096	0,00822	0,75	0,003383
0,625	0,00866	0,01005	0,00855	0,78125	0,003568
0,65	0,00904	0,01046	0,0089	0,8125	0,003679
0,675	0,00939	0,01086	0,00922	0,84375	0,00384
0,7	0,00979	0,01139	0,00962	0,875	0,00416
0,725	0,01024	0,01184	0,01003	0,90625	0,00421
0,75	0,0107	0,01238	0,01047	0,9375	0,004432
0,775	0,01139	0,01301	0,01108	0,96875	0,004383
0,8	0,01216	0,01372	0,01172	1	0,004395
0,825	0,01225	0,01492	0,01272	1,03125	0,006012
0,85	0,01325	0,01592	0,01359	1,0625	0,006173
0,875	0,01407	0,01681	0,0143	1,09375	0,006481
0,9	0,01508	0,01897	0,01532	1,125	0,009309
0,925	0,01626	0,01934	0,01634	1,15625	0,007506
0,95	0,01797	0,02149	0,01868	1,1875	0,007815
0,925	0,01961	0,02376	0,01952	1,15625	0,010358
0,9	0,02051	0,02467	0,01983	1,125	0,011111
0,9	0,02133	0,02692	0,02011	1,125	0,015309
0,9	0,02219	0,02705	0,02114	1,125	0,013296
0,9	0,02299	0,02822	0,02286	1,125	0,013074
0,9	0,02381	0,02939	0,02315	1,125	0,014593

Tabel Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji 2 pada titik 4,5,6

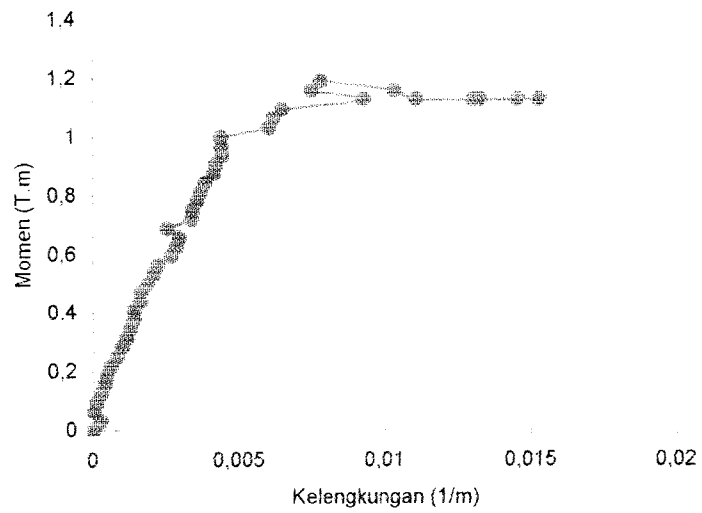
Behan (ton)	Defleksi			Momen (T.m)	Φ (1/m)
	V_{1-1}	V_2	V_{3-1}		
0	0	0	0	0	0
0,025	0,00025	0,00023	0,00007	0,03125	0,000173
0,05	0,00028	0,00038	0,0002	0,0625	0,000346
0,075	0,00045	0,00057	0,00042	0,09375	0,000333
0,1	0,00061	0,00073	0,00057	0,125	0,000346
0,125	0,00082	0,00095	0,00076	0,15625	0,000395
0,15	0,00102	0,00118	0,00096	0,1875	0,000469
0,175	0,00121	0,00146	0,00112	0,21875	0,000728
0,2	0,00149	0,00183	0,00178	0,25	0,000481
0,225	0,00166	0,002	0,00152	0,28125	0,001012
0,25	0,00189	0,00233	0,00174	0,3125	0,001272
0,275	0,00218	0,00261	0,00211	0,34375	0,001148
0,3	0,00244	0,003	0,00222	0,375	0,001654
0,325	0,00267	0,0033	0,00248	0,40625	0,00179
0,35	0,00298	0,00365	0,00278	0,4375	0,001901
0,375	0,00322	0,004	0,00303	0,46875	0,00216
0,4	0,00361	0,00452	0,00345	0,5	0,002444
0,425	0,00393	0,00495	0,00378	0,53125	0,002704
0,45	0,00421	0,0053	0,00405	0,5625	0,002889
0,475	0,00445	0,00564	0,0043	0,59375	0,003123
0,5	0,00476	0,00605	0,00465	0,625	0,003321
0,525	0,00509	0,0065	0,00502	0,65625	0,003568
0,55	0,00549	0,00709	0,00545	0,6875	0,004
0,575	0,00583	0,00754	0,00582	0,71875	0,004235
0,6	0,00626	0,00814	0,00628	0,75	0,004617
0,625	0,00659	0,0086	0,00664	0,78125	0,004901
0,65	0,00688	0,00901	0,00696	0,8125	0,00516
0,675	0,00718	0,00942	0,00728	0,84375	0,005407
0,7	0,00752	0,0099	0,00762	0,875	0,005753
0,725	0,00788	0,01045	0,00795	0,90625	0,006259
0,75	0,00822	0,01092	0,00822	0,9375	0,006667
0,775	0,00871	0,01164	0,00872	0,96875	0,007222
0,8	0,00924	0,01246	0,00928	1	0,007901
0,825	0,01	0,01363	0,01009	1,03125	0,008852
0,85	0,01068	0,01458	0,01078	1,0625	0,009506
0,875	0,01131	0,01548	0,0114	1,09375	0,010185
0,9	0,01208	0,01664	0,0122	1,125	0,011111
0,925	0,01301	0,01794	0,01312	1,15625	0,012037
0,95	0,0155	0,01989	0,01445	1,1875	0,012136
0,925	0,01425	0,02218	0,016	1,15625	0,01742
0,9	0,01628	0,02232	0,01688	1,125	0,014173
0,9	0,01681	0,02439	0,01762	1,125	0,017716
0,9	0,01741	0,02543	0,0183	1,125	0,018704
0,9	0,01809	0,02657	0,01912	1,125	0,019667
0,9	0,01869	0,02747	0,02002	1,125	0,020037



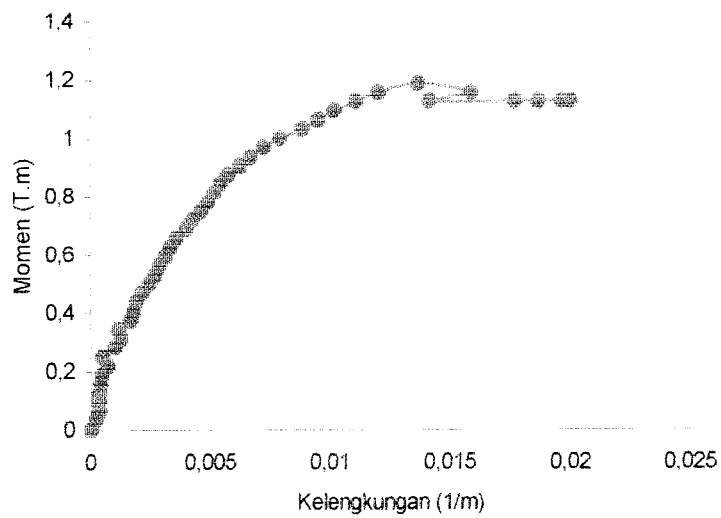
Gambar grafik hubungan Momen-kelengkungan benda uji 1 pada titik 1,2,3



Gambar grafik hubungan Momen-kelengkungan benda uji 1 pada titik 4,5,6

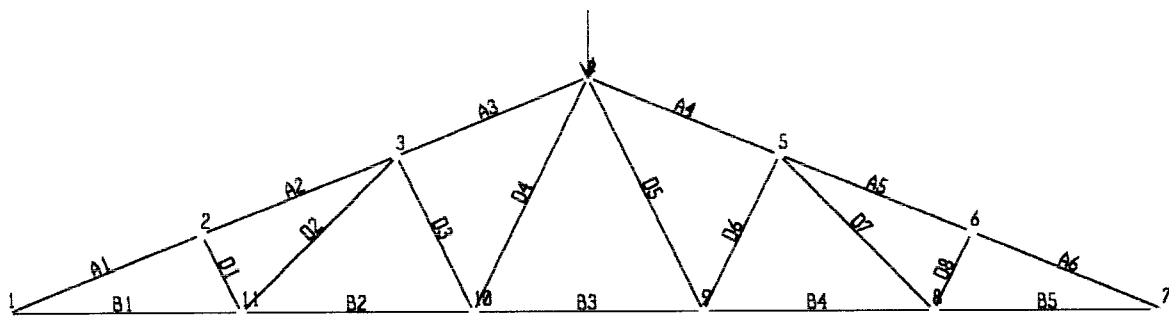


Gambar grafik hubungan Momen-kelengkungan benda uji 2 pada titik 1,2,3



Gambar grafik hubungan Momen-kelengkungan benda uji 2 pada titik 4,5,6

LAMPIRAN 7



Yogya

S T A T I C L O A D C A S E S

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
P	OTHER	1,0000

Yogya

J O I N T D A T A

JOINT ANGLE-B	JOINT ANGLE-C	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A
0,000	1 0,000	-2,50000	0,00000	0,00000	1 1 1 0 0 0	0,000
0,000	2 0,000	-1,66600	0,00000	0,33700	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	3 0,000	-0,83200	0,00000	0,67400	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	4 0,000	0,00000	0,00000	1,01100	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	5 0,000	0,83200	0,00000	0,67400	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	6 0,000	1,66600	0,00000	0,33700	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	7 0,000	2,50000	0,00000	0,00000	0 0 1 0 0 0	0,000
0,000	8 0,000	1,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	9 0,000	0,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	10 0,000	-0,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	11 0,000	-1,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000

Yogya

F R A M E E L E M E N T D A T A

R2	FRAME FACTOR	JNT-1	JNT-2 LENGTH	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1
0,000	1	1	2	A1	0,000	000000	2	0,000
0,000	2	2	3	A2	0,000	000000	2	0,000
0,000	3	3	4	A3	0,000	000000	2	0,000
0,000	4	4	5	A4	0,000	000000	2	0,000
0,000	5	5	6	A5	0,000	000000	2	0,000
0,000	6	6	7	A6	0,000	000000	2	0,000
0,000	7	7	8	B5	0,000	000000	4	0,000
0,000	8	8	9	B4	0,000	000000	4	0,000
0,000	9	9	10	B3	0,000	000000	4	0,000
0,000	10	10	11	B2	0,000	000000	4	0,000
0,000	11	11	1	B1	0,000	000000	4	0,000
0,000	12	2	11	D1	0,000	000000	2	0,000
0,000	13	11	3	D2	0,000	000000	2	0,000
0,000	14	3	10	D3	0,000	000000	2	0,000
0,000	15	10	4	D4	0,000	000000	2	0,000
0,000	16	4	9	D5	0,000	000000	2	0,000
0,000	17	9	5	D6	0,000	000000	2	0,000
0,000	18	5	8	D7	0,000	000000	2	0,000
0,000	19	8	6	D8	0,000	000000	2	0,000

SAP2000 v7.42 File: KUDA-KUDA PAPAN Ton-m Units PAGE 4
7/26/02 9:08:44

Yogya

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-
4	0,000	0,000	-1,000	0,000	0,000	

Yogya

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

R2	JOINT	LOAD R3	U1	U2	U3	R1
0,0000	1	P 0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	2	P 0,0000	2,474E-06	0,0000	-1,249E-05	0,0000
0,0000	3	P 0,0000	3,184E-06	0,0000	-1,840E-05	0,0000
0,0000	4	P 0,0000	2,723E-06	0,0000	-2,125E-05	0,0000
0,0000	5	P 0,0000	2,261E-06	0,0000	-1,840E-05	0,0000
0,0000	6	P 0,0000	2,971E-06	0,0000	-1,249E-05	0,0000
0,0000	7	P 0,0000	5,445E-06	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	8	P 0,0000	4,441E-06	0,0000	-1,418E-05	0,0000
0,0000	9	P 0,0000	3,346E-06	0,0000	-2,008E-05	0,0000
0,0000	10	P 0,0000	2,100E-06	0,0000	-2,008E-05	0,0000
0,0000	11	P 0,0000	1,004E-06	0,0000	-1,418E-05	0,0000

Yogya

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

42	FRAME	LOAD M3	LOC	P	V2	V3	T
----	-------	------------	-----	---	----	----	---

1 P						
0,00	-7,615E-01	0,00	-1,28	-1,81	0,00	0,00
		4,5E-01	-1,21	-1,63	0,00	0,00
0,00	1,352E-02					
		9,0E-01	-1,14	-1,45	0,00	0,00
0,00	7,074E-01					
2 P						
0,00	-3,644E-01	0,00	-8,607E-01	-9,305E-01	0,00	0,00
		4,5E-01	-7,878E-01	-7,501E-01	0,00	0,00
0,00	1,352E-02					
		9,0E-01	-7,150E-01	-5,698E-01	0,00	0,00
0,00	3,103E-01					
3 P						
0,00	-1,722E-01	0,00	-8,336E-01	-5,036E-01	0,00	0,00
		4,5E-01	-7,607E-01	-3,237E-01	0,00	0,00
0,00	1,346E-02					
		9,0E-01	-6,878E-01	-1,438E-01	0,00	0,00
0,00	1,184E-01					
4 P						
0,00	1,184E-01	0,00	-6,878E-01	1,438E-01	0,00	0,00
		4,5E-01	-7,607E-01	3,237E-01	0,00	0,00
0,00	1,346E-02					
		9,0E-01	-8,336E-01	5,036E-01	0,00	0,00
0,00	-1,722E-01					
5 P						
0,00	3,103E-01	0,00	-7,150E-01	5,698E-01	0,00	0,00
		4,5E-01	-7,878E-01	7,501E-01	0,00	0,00
0,00	1,352E-02					
		9,0E-01	-8,607E-01	9,305E-01	0,00	0,00
0,00	-3,644E-01					
6 P						
0,00	7,074E-01	0,00	-1,14	1,45	0,00	0,00
		4,5E-01	-1,21	1,63	0,00	0,00
0,00	1,352E-02					
		9,0E-01	-1,28	1,81	0,00	0,00
0,00	-7,615E-01					
7 P						
0,00	-9,651E-01	0,00	5,082E-01	-2,09	0,00	0,00
		2,5E-01	5,082E-01	-1,97	0,00	0,00
0,00	-4,575E-01					
		5,0E-01	5,082E-01	-1,85	0,00	0,00
0,00	2,002E-02					

0,00	4,675E-01	7,5E-01	5,082E-01	-1,73	0,00	0,00
0,00	8,850E-01	1,00	5,082E-01	-1,61	0,00	0,00
8 P						
0,00	-4,250E-01	0,00	5,547E-01	-1,01	0,00	0,00
0,00	-1,874E-01	2,5E-01	5,547E-01	-8,899E-01	0,00	0,00
0,00	2,002E-02	5,0E-01	5,547E-01	-7,698E-01	0,00	0,00
0,00	1,975E-01	7,5E-01	5,547E-01	-6,497E-01	0,00	0,00
0,00	3,449E-01	1,00	5,547E-01	-5,296E-01	0,00	0,00
9 P						
0,00	-4,004E-02	0,00	6,307E-01	-2,403E-01	0,00	0,00
0,00	5,005E-03	2,5E-01	6,307E-01	-1,201E-01	0,00	0,00
0,00	2,002E-02	5,0E-01	6,307E-01	0,00	0,00	0,00
0,00	5,005E-03	7,5E-01	6,307E-01	1,201E-01	0,00	0,00
0,00	-4,004E-02	1,00	6,307E-01	2,403E-01	0,00	0,00
10 P						
0,00	3,449E-01	0,00	5,547E-01	5,296E-01	0,00	0,00
0,00	1,975E-01	2,5E-01	5,547E-01	6,497E-01	0,00	0,00
0,00	2,002E-02	5,0E-01	5,547E-01	7,698E-01	0,00	0,00
0,00	-1,874E-01	7,5E-01	5,547E-01	8,899E-01	0,00	0,00
0,00	-4,250E-01	1,00	5,547E-01	1,01	0,00	0,00
11 P						
0,00	8,850E-01	0,00	5,082E-01	1,61	0,00	0,00
0,00	4,675E-01	2,5E-01	5,082E-01	1,73	0,00	0,00
0,00	2,002E-02	5,0E-01	5,082E-01	1,85	0,00	0,00
0,00	-4,575E-01	7,5E-01	5,082E-01	1,97	0,00	0,00
0,00	-9,651E-01	1,00	5,082E-01	2,09	0,00	0,00
12 P						
0,00	-5,662E-02	0,00	5,005E-01	-3,121E-01	0,00	0,00

0,00	1,9E-01	4,681E-01	-2,961E-01	0,00	0,00
0,00	4,994E-04				
0,00	3,8E-01	4,357E-01	-2,801E-01	0,00	0,00
0,00	5,462E-02				
	13 P				
	0,00	-8,657E-01	-7,097E-01	0,00	0,00
0,00	-2,901E-01				
	4,7E-01	-7,167E-01	-5,621E-01	0,00	0,00
0,00	1,168E-02				
	9,5E-01	-5,677E-01	-4,144E-01	0,00	0,00
0,00	2,433E-01				
	14 P				
	0,00	6,510E-01	-2,885E-01	0,00	0,00
0,00	-9,320E-02				
	3,8E-01	5,279E-01	-2,279E-01	0,00	0,00
0,00	3,796E-03				
	7,5E-01	4,048E-01	-1,673E-01	0,00	0,00
0,00	7,802E-02				
	15 P				
	0,00	-6,720E-01	-2,797E-01	0,00	0,00
0,00	-1,063E-01				
	5,6E-01	-3,951E-01	-1,428E-01	0,00	0,00
0,00	1,287E-02				
	1,13	-1,182E-01	-5,838E-03	0,00	0,00
0,00	5,478E-02				
	16 P				
	0,00	-1,182E-01	5,838E-03	0,00	0,00
0,00	5,478E-02				
	5,6E-01	-3,951E-01	1,428E-01	0,00	0,00
0,00	1,287E-02				
	1,13	-6,720E-01	2,797E-01	0,00	0,00
0,00	-1,063E-01				
	17 P				
	0,00	4,048E-01	1,673E-01	0,00	0,00
0,00	7,802E-02				
	3,8E-01	5,279E-01	2,279E-01	0,00	0,00
0,00	3,796E-03				
	7,5E-01	6,510E-01	2,885E-01	0,00	0,00
0,00	-9,320E-02				
	18 P				
	0,00	-5,677E-01	4,144E-01	0,00	0,00
0,00	2,433E-01				
	4,7E-01	-7,167E-01	5,621E-01	0,00	0,00
0,00	1,168E-02				
	9,5E-01	-8,657E-01	7,097E-01	0,00	0,00
0,00	-2,901E-01				
	19 P				
	0,00	4,357E-01	2,801E-01	0,00	0,00
0,00	5,462E-02				

0,00	1,9E-01	4,681E-01	2,961E-01	0,00	0,00
0,00	4,994E-04				
0,00	3,8E-01	5,005E-01	3,121E-01	0,00	0,00
0,00	-5,662E-02				

Yogya

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
P	Kayu	0,7250

Yogya

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS	ANGLE-A
ANGLE-B	ANGLE-C				
1	-2,50000	0,00000	0,00000	1 1 1 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
2	-1,66600	0,00000	0,33700	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
3	-0,83200	0,00000	0,67400	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
4	0,00000	0,00000	1,01100	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
5	0,83200	0,00000	0,67400	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
6	1,66600	0,00000	0,33700	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
7	2,50000	0,00000	0,00000	0 0 1 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
8	1,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
9	0,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
10	-0,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				
11	-1,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0	0,000
0,000	0,000				

Yogya

FRAME ELEMENT DATA

R2	FRAME FACTOR	JNT-1	JNT-2	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1
			LENGTH					
0,000	1	1	2	A1	0,000	000000	2	0,000
0,000	2	1	3	A2	0,000	000000	2	0,000
0,000	3	3	4	A3	0,000	000000	2	0,000
0,000	4	4	5	A4	0,000	000000	2	0,000
0,000	5	5	6	A5	0,000	000000	2	0,000
0,000	6	6	7	A6	0,000	000000	2	0,000
0,000	7	7	8	B5	0,000	000000	4	0,000
0,000	8	8	9	B4	0,000	000000	4	0,000
0,000	9	9	10	B3	0,000	000000	4	0,000
0,000	10	10	11	B2	0,000	000000	4	0,000
0,000	11	11	1	B1	0,000	000000	4	0,000
0,000	12	2	11	D1	0,000	000000	2	0,000
0,000	13	11	3	D2	0,000	000000	2	0,000
0,000	14	3	10	D3	0,000	000000	2	0,000
0,000	15	10	4	D4	0,000	000000	2	0,000
0,000	16	4	9	D5	0,000	000000	2	0,000
0,000	17	9	5	D6	0,000	000000	2	0,000
0,000	18	5	8	D7	0,000	000000	2	0,000
0,000	19	8	6	D8	0,000	000000	2	0,000

SAP2000 v7.42 File: KUDA-KUDA PAPAN 1 Ton-m Units PAGE 4
 7/3/02 19:44:52

Yogya

J O I N T F O R C E S Load Case F						
JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY	GLOBAL-ZZ
4	0,000	0,000	-0,725	0,000	0,000	0,000

Yogyo

JOINT DISPLACEMENTS

JOINT R1	LOAD R3	U1	U2	U3	R1
0,0000	1 P 0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	2 P 0,0000	1,794E-06	0,0000	-9,054E-06	0,0000
0,0000	3 P 0,0000	2,309E-06	0,0000	-1,334E-05	0,0000
0,0000	4 P 0,0000	1,974E-06	0,0000	-1,541E-05	0,0000
0,0000	5 P 0,0000	1,639E-06	0,0000	-1,334E-05	0,0000
0,0000	6 P 0,0000	2,154E-06	0,0000	-9,054E-06	0,0000
0,0000	7 P 0,0000	3,948E-06	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	8 P 0,0000	3,220E-06	0,0000	-1,028E-05	0,0000
0,0000	9 P 0,0000	2,426E-06	0,0000	-1,456E-05	0,0000
0,0000	10 P 0,0000	1,522E-06	0,0000	-1,456E-05	0,0000
0,0000	11 P 0,0000	0,0000	0,0000	-1,028E-05	0,0000

Yogyo

JOINT REACTIONS

JOINT R2	LOAD R3	R1	R2	R3	M1
-------------	------------	----	----	----	----

0,0000	1	P	0,0000	0,0000	3,0823	0,0000
			0,0000			
0,0000	7	P	0,0000	0,0000	3,0823	0,0000
			0,0000			

SAP2000 v7.42 File: KUDA-KUDA PAPAN 1 Ton-m Units PAGE 3
7/3/02 10:40:36

Yogya

FRAME ELEMENT FORCES

M2	FRAME	LOAD	LOC	P	V2	V3	T
		M3					
	1	P					
0,00			0,00	-9,280E-01	-1,31	0,00	0,00
				4,5E-01	-8,708E-01	-1,18	0,00
0,00	9,801E-03		0,00	-8,229E-01	-1,05	0,00	0,00
				9,0E-01	-8,229E-01	-1,05	0,00
0,00	5,129E-01						
	2	P					
0,00			0,00	-6,240E-01	-6,740E-01	0,00	0,00
				4,5E-01	-6,712E-01	-6,439E-01	0,00
0,00	9,801E-03		0,00	-6,184E-01	-4,131E-01	0,00	0,00
				9,0E-01	-4,131E-01	0,00	0,00
0,00	2,250E-01						
	3	P					
0,00			0,00	-6,043E-01	-3,851E-01	0,00	0,00
				4,5E-01	-5,515E-01	-2,347E-01	0,00
0,00	9,757E-03		0,00	-4,987E-01	-1,042E-01	0,00	0,00
				9,0E-01	-1,042E-01	0,00	0,00
0,00	8,581E-02						
	4	P					
0,00			0,00	-4,987E-01	1,042E-01	0,00	0,00
				4,5E-01	-5,515E-01	2,347E-01	0,00
0,00	9,757E-03		0,00	-6,043E-01	3,851E-01	0,00	0,00
				9,0E-01	3,851E-01	0,00	0,00
0,00	-1,248E-01						
	5	P					
0,00			0,00	-6,184E-01	4,131E-01	0,00	0,00
				4,5E-01	-6,712E-01	6,439E-01	0,00
0,00	9,801E-03						

0,00	9,0E-01	-6,240E-01	0,740E-01	0,00	0,00
0,00	-2,642E-01				
	6 F				
0,00	0,00	-6,229E-01	1,05	0,00	0,00
0,00	0,129E-01				
0,00	4,0E-01	-6,750E-01	1,16	0,00	0,00
0,00	0,601E-02				
0,00	0,0E-01	-9,268E-01	1,31	0,00	0,00
0,00	-5,521E-01				
	7 F				
0,00	0,00	3,684E-01	-1,52	0,00	0,00
0,00	-6,997E-01				
0,00	2,0E-01	3,634E-01	-1,43	0,00	0,00
0,00	-3,317E-01				
0,00	5,0E-01	3,684E-01	-1,34	0,00	0,00
0,00	1,452E-02				
0,00	7,5E-01	3,684E-01	-1,25	0,00	0,00
0,00	3,390E-01				
0,00	1,00	3,684E-01	-1,17	0,00	0,00
0,00	6,416E-01				
	8 F				
0,00	0,00	4,022E-01	-7,323E-01	0,00	0,00
0,00	-3,081E-01				
0,00	2,5E-01	4,022E-01	-6,452E-01	0,00	0,00
0,00	-1,359E-01				
0,00	5,0E-01	4,022E-01	-5,581E-01	0,00	0,00
0,00	1,452E-02				
0,00	7,5E-01	4,022E-01	-4,710E-01	0,00	0,00
0,00	1,432E-01				
0,00	1,00	4,022E-01	-3,839E-01	0,00	0,00
0,00	2,500E-01				
	9 F				
0,00	0,00	4,573E-01	-1,742E-01	0,00	0,00
0,00	-2,903E-02				
0,00	2,5E-01	4,573E-01	-8,709E-02	0,00	0,00
0,00	0,629E-03				
0,00	5,0E-01	4,573E-01	0,00	0,00	0,00
0,00	1,452E-02				
0,00	7,5E-01	4,573E-01	3,709E-02	0,00	0,00
0,00	3,629E-03				
0,00	1,00	4,573E-01	1,742E-01	0,00	0,00
0,00	-2,903E-02				
	10 F				
0,00	0,00	4,022E-01	3,839E-01	0,00	0,00
0,00	2,500E-01				
0,00	2,5E-01	4,022E-01	4,710E-01	0,00	0,00
0,00	1,432E-01				
0,00	5,0E-01	4,022E-01	5,581E-01	0,00	0,00
0,00	1,452E-02				
0,00	7,5E-01	4,022E-01	6,452E-01	0,00	0,00
0,00	-1,359E-01				

0,00	-3,081E-01	1,00	4,022E-01	7,323E-01	0,00	0,00
	11 F					
0,00	0,410E-01	0,00	3,684E-01	1,17	0,00	0,00
		7,5E-01	3,684E-01	1,28	0,00	0,00
0,00	3,390E-01					
		5,0E-01	3,684E-01	1,34	0,00	0,00
0,00	1,452E-01					
		7,5E-01	3,684E-01	1,45	0,00	0,00
0,00	-3,517E-01					
		1,00	3,684E-01	1,52	0,00	0,00
0,00	-6,997E-01					
	12 F					
		0,00	3,629E-01	-2,262E-01	0,00	0,00
0,00	-4,105E-01					
		1,9E-01	3,394E-01	-2,147E-01	0,00	0,00
0,00	3,621E-01					
		3,6E-01	3,159E-01	-2,031E-01	0,00	0,00
0,00	3,960E-01					
	13 F					
		0,00	-6,276E-01	-5,146E-01	0,00	0,00
0,00	-2,103E-01					
		4,7E-01	-5,196E-01	-4,075E-01	0,00	0,00
0,00	8,463E-01					
		9,5E-01	-4,116E-01	-3,005E-01	0,00	0,00
0,00	1,764E-01					
	14 F					
		0,00	4,720E-01	-2,092E-01	0,00	0,00
0,00	-6,757E-01					
		3,8E-01	3,627E-01	-1,652E-01	0,00	0,00
0,00	2,752E-01					
		7,5E-01	2,935E-01	-1,213E-01	0,00	0,00
0,00	5,656E-01					
	15 F					
		0,00	-4,872E-01	-2,028E-01	0,00	0,00
0,00	-7,704E-01					
		5,6E-01	-2,864E-01	-1,035E-01	0,00	0,00
0,00	9,332E-01					
		1,13	-6,569E-01	-4,233E-01	0,00	0,00
0,00	3,972E-01					
	16 F					
		0,00	-6,569E-01	4,233E-01	0,00	0,00
0,00	3,972E-01					
		5,6E-01	-2,864E-01	1,035E-01	0,00	0,00
0,00	9,332E-01					
		1,13	-4,872E-01	2,028E-01	0,00	0,00
0,00	-7,704E-01					
	17 F					

0,00	5,656E-02	0,00	2,335E-01	1,213E-01	0,00	0,00
0,00		3,8E-01	3,827E-01	1,652E-01	0,00	0,00
0,00	2,752E-03	7,5E-01	4,720E-01	2,092E-01	0,00	0,00
0,00	-6,737E-02					
	18 P					
0,00	1,764E-01	0,00	-4,116E-01	3,005E-01	0,00	0,00
0,00		4,7E-01	-5,196E-01	4,070E-01	0,00	0,00
0,00	8,465E-03	9,5E-01	-6,276E-01	5,146E-01	0,00	0,00
0,00	-2,103E-01					
	19 P					
0,00	3,940E-02	0,00	3,159E-01	2,031E-01	0,00	0,00
0,00		1,9E-01	3,094E-01	2,147E-01	0,00	0,00
0,00	3,621E-04	3,6E-01	3,629E-01	2,262E-01	0,00	0,00
0,00	-4,105E-02					

Yogya

STATIC LOAD CASES

STATIC CASE	CASE TYPE	SELF WT FACTOR
5	Kayu	0,9500

Yogya

JOINT DATA

JOINT	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	RESTRAINTS
ANGLE-A	ANGLE-B	ANGLE-C		
1	-2,50000	0,00000	0,00000	1 1 1 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
2	-1,66600	0,00000	0,33700	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
3	-0,83200	0,00000	0,67400	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
4	0,00000	0,00000	1,01100	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
5	0,66200	0,00000	0,67400	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
6	1,66600	0,00000	0,33700	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
7	2,50000	0,00000	0,00000	0 0 1 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
8	1,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
9	0,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
10	-0,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		
11	-1,50000	0,00000	0,00000	0 0 0 0 0 0
0,000	0,000	0,000		

Yogya

FRAME ELEMENT DATA

R2	FRAME FACTOR	JNT-1	JNT-2 LENGTH	SECTION	ANGLE	RELEASES	SEGMENTS	R1
0,000	1	1	2	A1	0,000	000000	2	0,000
0,000	2	2	3	A2	0,000	000000	2	0,000
0,000	3	3	4	A3	0,000	000000	2	0,000
0,000	4	4	5	A4	0,000	000000	2	0,000
0,000	5	5	6	A5	0,000	000000	2	0,000
0,000	6	6	7	A6	0,000	000000	2	0,000
0,000	7	7	8	B3	0,000	000000	4	0,000
0,000	8	8	9	B4	0,000	000000	4	0,000
0,000	9	9	10	B3	0,000	000000	4	0,000
0,000	10	10	11	B2	0,000	000000	4	0,000
0,000	11	11	1	R1	0,000	000000	4	0,000
0,000	12	2	11	D1	0,000	000000	2	0,000
0,000	13	11	3	D2	0,000	000000	2	0,000
0,000	14	3	10	D3	0,000	000000	2	0,000
0,000	15	10	4	D4	0,000	000000	2	0,000
0,000	16	4	9	D5	0,000	000000	2	0,000
0,000	17	9	5	D6	0,000	000000	2	0,000
0,000	18	5	8	D7	0,000	000000	2	0,000
0,000	19	8	6	D8	0,000	000000	2	0,000

SAP2000 v7.42 File: KUDA-KUDA PAPAN 2 Ton-m Units PAGE 4
7/3/02 20:11:46

Yogya

JOINT	FORCES					Load Case	F
GLOBAL-ZZ	GLOBAL-X	GLOBAL-Y	GLOBAL-Z	GLOBAL-XX	GLOBAL-YY		
0,000	4	0,000	0,000	-1,900	0,000	0,000	

Yogya

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

JOINT R2	LOAD R3	U1	U2	U3	R1
0,0000	1 P 0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	2 P 0,0000	2,653E-06	0,0000	-1,341E-05	0,0000
0,0000	3 P 0,0000	3,480E-06	0,0000	-2,000E-05	0,0000
0,0000	4 P 0,0000	3,086E-06	0,0000	-2,379E-05	0,0000
0,0000	5 P 0,0000	2,692E-06	0,0000	-2,000E-05	0,0000
0,0000	6 P 0,0000	3,517E-06	0,0000	-1,341E-05	0,0000
0,0000	7 P 0,0000	6,172E-06	0,0000	0,0000	0,0000
0,0000	8 P 0,0000	5,094E-06	0,0000	-1,525E-05	0,0000
0,0000	9 P 0,0000	3,855E-06	0,0000	-2,197E-05	0,0000
0,0000	10 P 0,0000	2,307E-06	0,0000	-2,197E-05	0,0000
0,0000	11 P 0,0000	1,078E-06	0,0000	-1,525E-05	0,0000

Yogya

J O I N T R E A C T I O N S

JOINT M2	LOAD M3	F1	F2	F3	M1
-------------	------------	----	----	----	----

0,0000	1	P	0,0000	0,0000	4,5139	0,0000
			0,0000			
0,0000	7	P	0,0000	0,0000	4,5139	0,0000
			0,0000			

SAP2000 v7.42 File: KUDA-KUDA PAPAN 2 Ton-m Units PAGE 3
7/3/02 20:12:11

Yogya

FRAME ELEMENT FORCES

M2	FRAME	LOAD	LOC	F	V2	V3	T
		M3					
	1	P					
0,00			0,00	-1,37	-1,92	0,00	0,00
		-2,140E-01					
0,00			4,5E-01	-1,30	-1,75	0,00	0,00
		1,284E-02					
0,00			9,0E-01	-1,23	-1,56	0,00	0,00
		7,627E-01					
	2	P					
0,00			0,00	-9,339E-01	-1,01	0,00	0,00
		-4,031E-01					
0,00			4,5E-01	-8,647E-01	-8,390E-01	0,00	0,00
		1,284E-02					
0,00			9,0E-01	-7,954E-01	-6,677E-01	0,00	0,00
		3,517E-01					
	3	P					
0,00			0,00	-9,760E-01	-6,112E-01	0,00	0,00
		-2,232E-01					
0,00			4,5E-01	-9,067E-01	-4,403E-01	0,00	0,00
		1,279E-02					
0,00			9,0E-01	-8,375E-01	-2,694E-01	0,00	0,00
		1,720E-01					
	4	P					
0,00			0,00	-8,375E-01	2,694E-01	0,00	0,00
		1,720E-01					
0,00			4,5E-01	-9,067E-01	4,403E-01	0,00	0,00
		1,279E-02					
0,00			9,0E-01	-9,760E-01	6,112E-01	0,00	0,00
		-2,232E-01					
	5	P					
0,00			0,00	-7,954E-01	6,677E-01	0,00	0,00
		3,517E-01					
0,00			4,5E-01	-8,647E-01	8,390E-01	0,00	0,00
		1,284E-02					

0,00	9,0E-01	-9,339E-01	1,01	0,00	0,00
0,00	-4,091E-01				
	6 P				
	0,00	-1,23	1,58	0,00	0,00
0,00	7,627E-01				
	4,5E-01	-1,30	1,75	0,00	0,00
0,00	1,284E-02				
	9,0E-01	-1,37	1,92	0,00	0,00
0,00	-8,146E-01				
	7 P				
	0,00	5,456E-01	-2,22	0,00	0,00
0,00	-1,03				
	2,5E-01	5,456E-01	-2,10	0,00	0,00
0,00	-4,927E-01				
	5,0E-01	5,456E-01	-1,99	0,00	0,00
0,00	1,902E-02				
	7,5E-01	5,456E-01	-1,88	0,00	0,00
0,00	5,022E-01				
	1,00	5,456E-01	-1,76	0,00	0,00
0,00	9,569E-01				
	8 P				
	0,00	6,224E-01	-1,10	0,00	0,00
0,00	-4,766E-01				
	2,5E-01	6,224E-01	-9,901E-01	0,00	0,00
0,00	-2,142E-01				
	5,0E-01	6,224E-01	-8,760E-01	0,00	0,00
0,00	1,902E-02				
	7,5E-01	6,224E-01	-7,619E-01	0,00	0,00
0,00	2,238E-01				
	1,00	6,224E-01	-6,477E-01	0,00	0,00
0,00	4,000E-01				
	9 P				
	0,00	7,884E-01	-2,282E-01	0,00	0,00
0,00	-3,804E-02				
	2,5E-01	7,884E-01	-1,141E-01	0,00	0,00
0,00	4,755E-03				
	5,0E-01	7,884E-01	0,00	0,00	0,00
0,00	1,902E-02				
	7,5E-01	7,884E-01	1,141E-01	0,00	0,00
0,00	4,755E-03				
	1,00	7,884E-01	2,282E-01	0,00	0,00
0,00	-3,804E-02				
	10 P				
	0,00	6,224E-01	6,477E-01	0,00	0,00
0,00	4,000E-01				
	2,5E-01	6,224E-01	7,619E-01	0,00	0,00
0,00	2,238E-01				
	5,0E-01	6,224E-01	8,760E-01	0,00	0,00
0,00	1,902E-02				
	7,5E-01	6,224E-01	9,901E-01	0,00	0,00
0,00	-2,142E-01				

0,00	-4,760E-01	1,00	6,224E-01	1,10	0,00	0,00
	11 P					
0,00	9,569E-01	0,00	5,456E-01	1,76	0,00	0,00
		2,5E-01	5,456E-01	1,88	0,00	0,00
0,00	5,022E-01					
		5,0E-01	5,456E-01	1,99	0,00	0,00
0,00	1,903E-02					
		7,5E-01	5,456E-01	2,10	0,00	0,00
0,00	-4,927E-01					
		1,00	5,456E-01	2,22	0,00	0,00
0,00	-1,03					
	12 P					
0,00	-6,100E-02	0,00	5,480E-01	-3,349E-01	0,00	0,00
		1,9E-01	5,172E-01	-3,197E-01	0,00	0,00
0,00	4,745E-04					
		3,8E-01	4,864E-01	-3,045E-01	0,00	0,00
0,00	5,910E-02					
	13 P					
0,00	-3,204E-01	0,00	-9,676E-01	-7,687E-01	0,00	0,00
		4,7E-01	-8,260E-01	-6,285E-01	0,00	0,00
0,00	1,109E-02					
		9,5E-01	-6,845E-01	-4,882E-01	0,00	0,00
0,00	2,760E-01					
	14 P					
0,00	-1,029E-01	0,00	7,536E-01	-3,124E-01	0,00	0,00
		3,8E-01	6,366E-01	-2,548E-01	0,00	0,00
0,00	3,606E-03					
		7,5E-01	5,197E-01	-1,972E-01	0,00	0,00
0,00	8,852E-02					
	15 P					
0,00	-1,371E-01	0,00	-9,223E-01	-3,298E-01	0,00	0,00
		5,6E-01	-6,592E-01	-1,997E-01	0,00	0,00
0,00	1,223E-02					
		1,13	-3,961E-01	-6,957E-02	0,00	0,00
0,00	8,815E-02					
	16 P					
0,00	8,815E-02	0,00	-3,961E-01	6,957E-02	0,00	0,00
		5,6E-01	-6,592E-01	1,997E-01	0,00	0,00
0,00	1,223E-02					
		1,13	-9,223E-01	3,298E-01	0,00	0,00
0,00	-1,371E-01					
	17 P					

0,00	1,8,852E-02	0,00	5,197E-01	1,972E-01	0,00	0,00
0,00		3,8E-01	6,366E-01	2,548E-01	0,00	0,00
0,00	3,606E-03	7,5E-01	7,536E-01	3,124E-01	0,00	0,00
0,00	-1,029E-01					
	18 P					
0,00	2,760E-03	0,00	-6,845E-01	4,882E-01	0,00	0,00
0,00		4,7E-01	-8,260E-01	6,285E-01	0,00	0,00
0,00	1,109E-02	9,5E-01	-9,676E-01	7,687E-01	0,00	0,00
0,00	-3,204E-01					
	19 P					
0,00	5,910E-02	0,00	4,864E-01	3,045E-01	0,00	0,00
0,00		1,9E-01	5,172E-01	3,197E-01	0,00	0,00
0,00	4,745E-04	3,8E-01	5,480E-01	3,349E-01	0,00	0,00
0,00	-6,100E-02					

