

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HARIAN/DEMI	
TGL. TERIMA :	22 - 08 - 2003
NO. JUDUL :	000560
NO. INV. :	5120000560001

## TUGAS AKHIR

# PERILAKU LENTUR STRUKTUR RANGKA BAJA RUANG SEGITIGA

(The Behavior of Structures Bending Triangular Space Frame Steel)



Disusun Oleh :

Nama : WARDONSONI  
No. Mhs. : 97511083  
NIRM : 970051013114120070

Nama : MUHAMMAD SOLIHAN  
No. Mhs. : 97511207  
NIRM : 970051013114120356

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

**2003**



## **TUGAS AKHIR**

### **PERILAKU LENTUR STRUKTUR RANGKA BAJA RUANG SEGITIGA**

**(The Behavior of Structures Bending Triangular Space Frame Steel)**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
Untuk memenuhi persyaratan memperoleh  
derajat sarjana teknik sipil**

Disusun Oleh :

**Nama : WARDONSONI**  
**No. Mhs. : 97511083**  
**NIRM : 970051013114120079**

**Nama : MUHAMMAD SOLIHAN**  
**No. Mhs. : 97511207**  
**NIRM : 970051013114120356**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2003**

# HALAMAN PENGESAHAN

## TUGAS AKHIR

### PERILAKU LENTUR STRUKTUR RANGKA BAJA RUANG SEGITIGA

(The Behavior of Structures Bending Triangular Space Frame Steel)


Disusun Oleh :

Nama : WARDONSONI  
No. Mhs. : 97511083  
NIRM : 970051013114120070


Nama : MUHAMMAD SOLIHAN  
No. Mhs. : 97511207  
NIRM : 970051013114120356

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Ir. FATKHUROHMAN N.,MT.  
Dosen pembimbing I

  
Tanggal : 18/6-03

Ir.H. SUHARYATMO, MT.  
Dosen pembimbing II

  
Tanggal : 18/6/03

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

“ Hendaklah ada diantaramu kelompok yang selalu mengajak kepada kebajikan, memerintahkan kepada yang makruf dan mencegah dari kemungkaran, mereka itulah orang-orang yang bakal mencapai kebahagiaan”. (QS. Ali Imran : 104)

“ Dan janganlah sebagian kamu memakan harta sebagian yang lain di antara kamu dengan jalan yang bathil”. (QS. Al Baqarah : 188)

### **PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini kupersembahkan buat,

1. Bapak dan Ibu yang tercinta.
2. Kakak dan Adik-adikku tersayang.
3. Teman-teman dekatku terkasih.
4. Para pembaca sekalian.

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alikum warahmatullohi wabarakatuh*

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan karunia-Nya , sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “PERILAKU LENTUR STRUKTUR RANGKA BAJA RUANG SEGITIGA”. Tugas akhir ini disusun dan diselesaikan guna melengkapi syarat kelulusan untuk memperoleh gelar sarjana strata satu di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Tugas Akhir merupakan sarana bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan ilmu dan pengetahuan yang telah di dapat selama mengikuti perkuliahan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil UII untuk mendapatkan satu pengetahuan baru dari hasil penelitian yang dilakukan.

Tugas akhir ini disusun dan diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini kiranya penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Ir. Munadir, MT. selaku ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Ir. Fatkhurrohman N., MT. selaku Dosen Pembimbing I.
4. Ir. Suharyatmo, MT selaku Dosen Pembimbing II.

5. Seluruh dosen Jurusan Teknik sipil yang telah memberikan ilmu kepada penyusun sehingga tanpa mereka penyusun tidak akan bisa menjadi seperti sekarang ini.
6. Bapak, Ibu, Kakak, dan adik-adikku tercinta atas dukungan moral maupun material serta dengan segala doanya.
7. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangatnya.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Harapan penyusun semoga semua amal kebaikan kalian dapat diterima oleh Allah SWT.

Besar harapan penulis dari pembaca untuk memberikan kritik serta saran demi tercapainya kesempurnaan penyusunan laporan penelitian Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis secara pribadi dan bagi siapa saja yang membacanya.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, Mei 2003

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR NOTASI .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
ABTRAKSI .....	xviii
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
<b>BAB III    LANDASAN TEORI</b>	
3.1 Struktur Rangka Ruang .....	6
3.1.1 Komponen Gaya Pada Keseimbangan Global .....	6
3.1.2 Struktur Dukungan Pada Rangka Batang Ruang .....	9

3.13 Metode Kekakuan Rangka (Truss) Tiga Dimensi .....	11
3.2 Batang Tekan .....	19
3.3 Batang Tarik .....	23
3.4 Hubungan Beban-Lendutan .....	24
3.5 Hubungan momen-Kelengkungan .....	26
3.6 Sambungan pada Join .....	31
3.7 Metode Regresi Linier .....	32
<b>BAB IV      METODE PENELITIAN</b>	
4.1 Metode Penelitian .....	34
4.2 Bahan dan Alat Yang Digunakan .....	35
4.3 Model Benda Uji .....	39
4.4 Prosedur Penelitian .....	41
4.5 Pelaksanaan Penelitian .....	42
<b>BAB V      HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
5.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja .....	47
5.2 Hasil Uji Kuat Geser Las .....	47
5.3 Pengujian Kuat letur Struktur	
Rangka Baja Ruang segitiga .....	48
5.4 Hubungan Beban-Lendutan hasil pengujian .....	48
5.5 Grafik Hubungan Beban-Lendutan .....	58
5.6 Hubungan momen-Kelengkungan .....	70
5.7 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan .....	75
5.8 Perbandingan Beban-Lendutan Rata-rata Benda Uji .....	78



5.9 perbandingan Momen-Kelengkungan pada benda Uji..... 79

5.10 pembahasan Pengujian Kuat Lentur ..... 80

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan Hasil pengujian ..... 87

5.2 Saran ..... 88

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Batang-batang pada struktur rangka ruang .....	7
Gambar 3.2	Dukungan pada struktur ruang .....	10
Gambar 3.3	Koordinat elemen lokal .....	12
Gambar 3.4	Elemen rangka ruang .....	14
Gambar 3.5	Batang lurus yang dibebani gaya aksial .....	29
Gambar 3.6	Tegangan Berdasarkan teori tangen modulus .....	22
Gambar 3.7	Grafik hubungan beban ( P ) dan lendutan ( $\Delta$ ) .....	25
Gambar 3.8	Grafik hubungan beban-lendutan pada struktur Space Frame dan Space Truss .....	26
Gambar 3.9	Momen yang terjadi pada struktur rangka ruang .....	27
Gambar 3.10	Penurunan yang terjadi akibat beban ( P ) .....	28
Gambar 3.11	Grafik hubungan Momen-Kelengkungan ( M - $\phi$ ) .....	30
Gambar 3.12	Grafik hubungan Momen-Kelengkungan pada struktur Space frame dan space truss .....	31
Gambar 3.13	Sambungan las langsung .....	32
Gambar 4.1	Flowchart Metode Penelitian .....	34
Gambar 4.2	Universal Testing Material (UTM) .....	36
Gambar 4.3	Bentuk fisik <i>Loading Frame</i> .....	37
Gambar 4.4	<i>Hidraulik jack</i> .....	37

Gambar 4.5	<i>Dial Gauge</i> .....	38
Gambar 4.6	Dukungan Sendi dan rol .....	38
Gambar 4.7	Alat Ukur .....	39
Gambar 4.8	Stuktur rangka baja ruang segitiga model pertama .....	39
Gambar 4.9	Struktur rangka baja ruang segitiga model kedua .....	40
Gambar 4.10	Benda Uji untuk uji kuat tarik baja .....	43
Gambar 4.11	Benda Uji untuk kuat geser las .....	44
Gambar 4.12	Pembebanan dan letak <i>dial gauge</i> pada benda uji .....	46
Gambar 5.1	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	58
Gambar 5.2	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	59
Gambar 5.3	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	59
Gambar 5.4	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	60
Gambar 5.5	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	60
Gambar 5.6	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	61
Gambar 5.7	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	61
Gambar 5.8	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 2	

	dan Dial Gauge 5 .....	62
Gambar 5.9	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	62
Gambar 5.10	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	63
Gambar 5.11	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	63
Gambar 5.12	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	64
Gambar 5.13	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	64
Gambar 5.14	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	65
Gambar 5.15	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	65
Gambar 5.16	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	66
Gambar 5.17	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	66
Gambar 5.18	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	67
Gambar 5.19	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	67

Gambar 5.20	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	68
Gambar 5.21	Grafik hubungan beban-lendutan pada Dial gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	68
Gambar 5.22	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	69
Gambar 5.23	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	69
Gambar 5.24	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	70
Gambar 5.25	Grafik hubungan Momen-kelengkungan Benda Uji I .....	76
Gambar 5.26	Grafik hubungan Momen-kelengkungan Benda Uji II .....	76
Gambar 5.27	Grafik hubungan Momen-kelengkungan Benda Uji III .....	77
Gambar 5.28	Grafik hubungan Momen-kelengkungan Benda Uji IV .....	77
Gambar 5.29	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata antara Benda Uji I Sampai IV pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4 .....	78
Gambar 5.30	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata antara Benda Uji I Sampai IV pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5 .....	78
Gambar 5.31	Grafik hubungan beban-lendutan rata-rata antara Benda Uji I Sampai IV pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6 .....	79
Gambar 5.32	Grafik hubungan Momen-kelengkungan pada benda uji I Sampai IV .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1...	Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja .....	47
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Geser Las .....	48
Tabel 5.3	Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji I .....	48
Tabel 5.4	Hubungan Beban-lendutan Rata-rata Hasil Pengujian Benda Uji I .....	49
Tabel 5.5	Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji II .....	50
Tabel 5.6	Hubungan Beban-lendutan Rata-rata Hasil Pengujian Benda Uji II .....	52
Tabel 5.7	Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji III .....	53
Tabel 5.8	Hubungan Beban-lendutan Rata-rata Hasil Pengujian Benda Uji III .....	54
Tabel 5.9	Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian Benda Uji IV .....	56
Tabel 5.10	Hubungan Beban-lendutan Rata-rata Hasil Pengujian Benda Uji IV .....	57
Tabel 5.11	Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji I .....	71
Tabel 5.12	Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji II .....	72
Tabel 5.13	Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji III .....	73
Tabel 5.14	Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji IV .....	74

Tabel 5.15	Nilai Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) pada keempat benda uji Pengujian Laboratorium .....	80
Tabel 5.16	Nilai Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) Space Frame pada keempat benda uji Perhitungan SAP 2000 .....	81
Tabel 5.17	Nilai Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) Space Truss pada keempat benda uji Perhitungan SAP 2000 .....	81
Tabel 5.18	Nilai Faktor Kekakuan ( EI ) pada keempat benda uji pengujian Laboratorium .....	82
Tabel 5.19	Nilai Faktor Kekakuan ( EI ) Space Frame pada keempat benda uji perhitungan SAP 2000 .....	82
Tabel 5.20	Nilai Faktor Kekakuan ( EI ) Space Truss pada keempat benda uji perhitungan SAP 2000 .....	82
Tabel 5.21	Displacement Ductility ( $\mu_{\Delta}$ ) dan Curvature Ductility ( $\mu_{\phi}$ ) Pengujian Laboratorium .....	83

## DAFTAR NOTASI

$A$	=	Luas penampang
$c_1$	=	Cosinus arah sumbu arah X
$c_2$	=	Cosinus arah sumbu arah Y
$c_3$	=	Cosinus arah sumbu arah Z
$d$	=	Diameter
$d_1$	=	Deformasi yang terjadi searah sumbu X
$d_2$	=	Deformasi yang terjadi searah sumbu Y
$d_3$	=	Deformasi yang terjadi searah sumbu Z
$E$	=	Modulus elastis
$f_1$	=	Gaya yang bekerja searah sumbu X
$f_2$	=	Gaya yang bekerja searah sumbu Y
$f_3$	=	Gaya yang bekerja searah sumbu Z
$K$	=	Matrik kekakuan
$L$	=	Panjang batang
$M$	=	Momen
$M_x$	=	Momen yang bekerja pada sumbu koordinat X
$M_y$	=	Momen yang bekerja pada sumbu koordinat Y
$M_z$	=	Momen yang bekerja pada sumbu koordinat Z
$P$	=	Beban aksial terpusat
$P_x$	=	Gaya yang bekerja pada sumbu koordinat X
$P_y$	=	Gaya yang bekerja pada sumbu koordinat Y
$P_z$	=	Gaya yang bekerja pada sumbu koordinat Z
$R_x$	=	Reaksi gaya yang bekerja pada sumbu koordinat X
$R_y$	=	Reaksi gaya yang bekerja pada sumbu koordinat Y
$R_z$	=	Reaksi gaya yang bekerja pada sumbu koordinat Z



$\Delta$	=	Lendutan
$\phi$	=	Kelengkungan
$r$	=	Jari-jari inersia
$\theta_x$	=	Sudut yang dibentuk oleh sumbu batang dengan sumbu koordinat arah X.
$\theta_y$	=	Sudut yang dibentuk oleh sumbu batang dengan sumbu koordinat arah Y.
$\theta_z$	=	Sudut yang dibentuk oleh sumbu batang dengan sumbu koordinat arah Z
$f$	=	Vektor gaya
$u$	=	Vektor deformasi
$I$	=	Momen inersia
$i$	=	Jari-jari inersia
$i_{min}$	=	Jari-jari inersia batang tunggal terhadap sumbu terlemah
$P_{kr}$	=	Beban kritis
$A_g$	=	Luas penampang beruto
$A_n$	=	Luas penampang netto (luas penampang yang direduksi)
$F_y$	=	Kekuatan tarik
$\theta$	=	Sudut yang dibentuk oleh grafik hubungan $P-\Delta$
$\alpha$	=	Sudut yang dibentuk oleh grafik hubungan $M-\phi$
$\mu I$	=	Daktailitas
$y_{i-1}$	=	Pelenturan pada titik $i-1$
$y_i$	=	Pelenturan pada titik $i$
$y_{i+1}$	=	Pelenturan pada titik $i+1$
$\Delta_x$	=	Jarak yang dibentuk antara $y_{i-1}$ dan $y_i$ atau $y_{i+1}$ dan $y_i$
$\lambda$	=	Momen puntir beban layanan terdistribusi merata
$\lambda c$	=	Kekuatan momen tekuk puntir lateral elastik

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lembar Konsultasi
- Lampiran 2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja dan Geser Las
- Lampiran 3 Data Benda Uji
- Lampiran 4 Hasil Pengujian Kuat Lentur Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga
- Lampiran 5 Analisis Gaya Batang dengan menggunakan Program Komputer SAP 2000
- Lampiran 6 Analisis Beban-lendutan dan Momen-Kelengkungan dengan Program Komputer SAP 2000
- Lampiran 7 Gambar Struktur Benda Uji Hasil Analisis Komputer SAP 2000
- Lampiran 8 Dokumentasi pada waktu pelaksanaan pengujian kuat lentur struktur rangka baja ruang segitiga di laboratorium struktur FTSP-UH

## ABSTRAKSI

*Struktur rangka tiga dimensi mempunyai sumbu global arah X, Y, Z dibentuk dari elemen-elemen batang yang tersambung dengan alat sambung. Dalam perencanaan struktur rangka baja, titik kumpul pertemuan batang (joint) diasumsikan sebagai keadaan ideal, joint dianggap sendi atau jepit, kenyataan dilapangan sambungan pada titik joint disambung dengan baut atau las. hal ini menunjukkan perilaku yang berbeda dari keadaan sebenarnya.*

*Perbedaan sudut antara batang diagonal terhadap batang horizontal menimbulkan panjang batang dan tinggi struktur yang berbeda, semakin besar sudut maka batang diagonal pada struktur akan semakin panjang, dampaknya batang tersebut rawan terhadap tekuk ini terlihat pada pembebanan transversal secara bertahap di laboratorium pada benda uji.*

*Pengujian perilaku lentur struktur rangka batang ruang segitiga pada benda uji I, II, III, IV untuk mengetahui besarnya kekakuan dan faktor kekakuan struktur yang bisa diketahui dari hubungan Beban-Lendutan ( $P-\Delta$ ) dan hubungan Momen\_Kelengkungan ( $M-\phi$ ) yang terjadi akibat dari pembebanan statis terpusat secara bertahap pada arah transversal. Hasil analisis menunjukkan benda uji I mempunyai kekakuan 56% lebih kaku dibandingkan dengan benda uji II, benda uji III mempunyai kekakuan 54% lebih kaku dibandingkan dengan benda uji IV, faktor kekakuan juga menunjukkan bahwa benda uji I lebih kaku dibandingkan dengan benda uji II dan Faktor kekakuan benda uji III juga menunjukkan lebih kaku dengan benda uji IV, daktilitas benda uji I lebih kecil dibandingkan dengan benda uji II dan benda uji III daktilitasnya lebih kecil dibandingkan dengan benda uji IV maka berdasarkan hubungan lendutan ( $P-\Delta$ ), Momen kelengkungan ( $M-\phi$ ) dan daktilitas yang terjadi dapat disimpulkan benda uji I mempunyai perilaku yang lebih kaku dari benda uji II dan benda uji III lebih kaku dibandingkan dengan benda uji IV.*

*Kata kunci : beban-Lendutan, Momen-Kelengkungan, Daktilitas dan perbedaan sudut batang diagonal terhadap batang horizontal serta gaya kritis.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 latar Belakang Masalah

Struktur rangka batang dibentuk dari elemen-elemen batang lurus yang tersusun. Umumnya elemen-elemen tersebut dirangkai dengan pola dasar segitiga dengan maksud untuk memperoleh struktur yang relatif stabil. Setiap elemen dianggap tergabung pada titik hubung sendi, tetapi pada kenyataannya untuk memperoleh struktur yang kestabilan yang baik maka setiap titik hubung antar elemen batang dibuat kaku.

Struktur rangka batang sebagai struktur penahan beban berkembang dengan pesat. Hal ini terlihat dari banyaknya struktur rangka batang yang digunakan dalam bangunan, baik yang dua dimensi maupun tiga dimensi. Struktur tiga dimensi disebut dengan struktur rangka batang ruang.

Struktur rangka batang ruang dibentuk dari susunan batang-batang yang mempunyai sumbu global arah X, Y dan Z. Rangka batang ruang dibentuk dari batang – batang yang relatif kaku dan membentuk pola segitiga, dengan demikian, diharapkan struktur rangka batang ruang ini lebih kuat menahan tekuk arah lateral.

Struktur rangka batang ruang ada yang berbentuk segiempat maupun segitiga. Struktur rangka batang ruang segiempat pada bagian atasnya

rangka batang ruang segitiga pada bagian atasnya batang-batang diagonal dan vertikal langsung dihubungkan dengan batang memanjang arah bentang, sehingga Struktur rangka batang ruang segitiga pada bagian atasnya tidak menggunakan bracing.

Penggunaan struktur rangka batang ruang dalam dunia konstruksi lebih mudah dalam pengerjaannya. Elemen – elemen penyusun struktur rangka batang banyak yang mengalami tekan sehingga mengakibatkan bahaya tekuk elemen tersebut. Dalam perencanaan diharapkan rangka batang mempunyai batang tekan pendek dan batang tarik panjang.

Bentuk struktur rangka batang ruang segitiga masih perlu diteliti. Dengan demikian kami mencoba untuk meneliti perilaku lentur struktur rangka baja ruang segitiga.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Mempelajari perilaku lentur struktur rangka baja ruang segitiga dengan variasi sudut batang diagonal terhadap batang horizontal dengan model warren, perilaku tersebut:

1. Hubungan Beban-Lendutan ( $P-\Delta$ ), dan kekakuan berdasarkan variasi sudut batang diagonal terhadap batang horizontal.
2. Hubungan Momen-Kelengkungan ( $M - \phi$ ).
3. Mendapatkan Daktilitas pada masing-masing benda uji.

### 1.3 Manfaat penelitian

untuk memberikan gambaran tentang Perilaku Lentur Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga.

### 1.4 Batasan masalah

Penelitian ini mempunyai batasan antara lain :

1. Profil baja yang digunakan adalah profil pipa bulat baja hitam.
2. Struktur rangka ruang segitiga menggunakan model warren.
3. Benda uji terdiri dari 4 sampel, yaitu : dua model warren dengan variasi sudut batang diagonal terhadap batang horizontal adalah  $70^\circ$  dan  $75^\circ$ .
4. Panjang bentang struktur rangka baja segitiga adalah 3 meter.
5. Diameter rangka baja yang digunakan adalah  $\varnothing \frac{1}{2}$  inch,  $\varnothing \frac{3}{4}$  inch,  $\varnothing 1$  inch, dan  $\varnothing 1 \frac{1}{2}$  inch.
6. Sambungan menggunakan las, asumsi kekuatan las sama dengan kekuatan baja.
7. Beban yang dipakai adalah beban transversal secara bertahap, tidak menghitung gaya puntir.
8. Struktur rangka baja ruang segitiga didukung oleh sendi-rol.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam perencanaan struktur rangka batang, tempat pertemuan batang-batang sering diasumsikan sebagai keadaan ideal seperti keadaan sendi maupun jepit sempurna. Hal ini sangat berbeda dengan keadaan sesungguhnya terjadi di lapangan, sambungan pada joint dipakai sambungan las, sambungan baut dan sambungan paku keling. Sifat dari sambungan tersebut tidak sama persis dengan keadaan ideal seperti sendi maupun jepit sempurna. (Padosbajayo, 1991).

Struktur rangka (*frame structure*) yang memiliki kekakuan yang jauh lebih besar dalam satu arah dibandingkan dengan arah yang lain dapat diperlakukan sebagai portal bidang, tetapi jika kekakuan dalam satu arah mempengaruhi arah yang lain maka struktur tersebut merupakan struktur portal ruang. ( Charles G. Salmon dan John E. Johnson, 1986).

Kerangka kaku (*rigid frame*) adalah sebuah struktur kerangka dimana batang-batang komponen bertemu pada simpul yang kaku, seperti pada simpul yang dilas pada baja struktur. ( Chu-Kia Wang 1985).

Pada rangka batang, jika titik simpul rangka batang bersifat kaku, maka batang akan mengalami lenturan walaupun semua beban bekerja di titik simpul. Dalam hal ini deformasi lentur bisa menjadi penting dan struktur bidang dianalisa

sebagai portal bidang atau portal ruang. (William Weaver dan James M. Gere, 1986 ).

Batang batang yang cenderung berputar terhadap jointnya senantiasa mengalami tahanan sebagian pada joint-joint semi rigid dan seluruh pada joint-joint kaku sehingga batang-batang tersebut akan melentur dan menerima tegangan lentur atau tegangan sekunder. ( Chu-kia Wang, 1985 ).

Untuk rangka batang yang hanya memikul beban vertikal, pada batang tepi atas umumnya timbul gaya tekan dan pada tepi bawah umumnya timbul gaya tarik. Apabila beban-beban tersebut bekerja langsung pada batang maka akan timbul tegangan lentur pada batang tersebut, selain itu juga tegangan aksial tekan atau tarik yang umum ada pada rangka batang. ( Daniel L. Schodek, 1991 ).

Las harus mentransmisikan seluruh beban dari satu batang ke batang lainnya, las pun harus didimensi sesuai dengan bahan yang dibentuk dari material elektroda yang tepat. Untuk keperluan disain, las *fillet* diasumsikan mentransmisikan beban melalui tegangan geser pada area efektif. ( Charles G. Salmon dan John E. Johnson, 1992).

Daktilitas didefinisikan sebagai besaran yang mencerminkan kemampuan struktur untuk melakukan perubahan bentuk elasto-plastis tanpa mengalami keruntuhan dan biasanya dinyatakan dengan suatu rasio antara perubahan bentuk elasto-plastis total dari struktur atau elemen struktur sebelum runtuh terhadap perubahan bentuknya pada batas elastis. (Wahyudi dan Syahril, 1997 ).



## BAB III

### LANDASAN TEORI

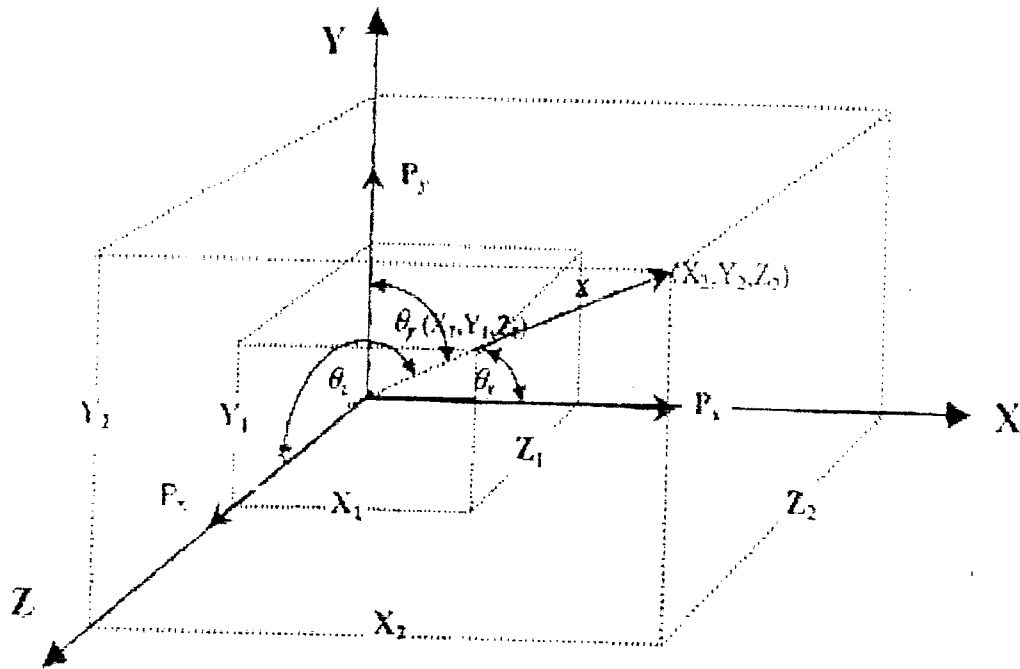
#### 3.1 Struktur Rangka Ruang

Tidak seperti struktur dua dimensi, dimana semua batang dan gaya-gaya yang terjadi pada bidang yang sama, namun pada struktur tiga dimensi, batang dan gaya-gaya yang terjadi pada sebuah ruang.

##### 3.1.1 Komponen Gaya Pada Keseimbangan Global

Weaver, Jr dan Gere (1980) menyatakan bahwa gaya yang terjadi pada rangka kaku dari struktur ruang terjadi pada beberapa arah dan momen yang terjadi pada beberapa sumbunya. Sebuah gaya pada ruang dapat diperinci berapa besarnya, arah dan garis aksinya, atau dengan 3 sumbu koordinat yang saling tegak lurus, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.1 garis gaya aksi yang berubah-ubah membuat 3 bidang dengan sumbu X, Y, dan Z. Sedangkan sudutnya  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  dan  $\theta_z$  pada bidang antara gaya  $p$  dan  $P_x$ ,  $P_y$ , serta  $P_z$  disebut sudut arah (*direction angles*). Sudut arah adalah sudut pada sumbu batang dengan sumbu koordinat, sedang cosinus arah adalah perbandingan dari panjang proyeksi dan panjang batangnya. Cosinus arah (*direction cosinus*) digunakan untuk menghitung komponen gaya. Cosinus arah didapat dari koordinat joint-jointnya, titik-titik ujung batangnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.

arah didapat dari koordinat joint-jointnya, titik-titik ujung batangnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Batang – batang pada struktur rangka ruang

Untuk sebuah batang disambungkan pada join 1 dan 2, sehingga cosinus arah koordinat joint-jointnya dapat dilihat pada persamaan 3.1.a sampai 3.1.c

$$\cos \theta_x = \frac{X_2 - X_1}{l} = \frac{l_x}{l} \dots \dots \dots (3.1.a)$$

$$\cos \theta_y = \frac{Y_2 - Y_1}{l} = \frac{l_y}{l} \dots \dots \dots (3.1.b)$$

$$\cos \theta_z = \frac{Z_2 - Z_1}{l} = \frac{l_z}{l} \dots \dots \dots (3.1.c)$$

Dengan mengacu pada **Gambar 3.1**, bahwa persamaan untuk mencari panjang batang (L) dapat dilihat pada persamaan 3.1.d yang ditulis:

$$L = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2} \dots\dots\dots(3.1.d)$$

Komponen gaya aksial pada cosinus arah adalah:

$$P_x = P \cos \theta_x = P \frac{l_x}{l} \dots\dots\dots(3.2.a)$$

$$P_y = P \cos \theta_y = P \frac{l_y}{l} \dots\dots\dots(3.2.b)$$

$$P_z = P \cos \theta_z = P \frac{l_z}{l} \dots\dots\dots(3.2.c)$$

Dengan mengacu pada persamaan 3.2.a sampai 3.2.c, maka besarnya resultan gaya dapat dicari seperti dirumuskan pada persamaan 3.2.d

$$P = \left[ P_x^2 + P_y^2 + P_z^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.2.d)$$

Persamaan 3.2.a sampai 3.2.c menunjukkan apakah komponen gaya yang terjadi sebanding dengan panjang proyeksinya, sebagai berikut:

$$\frac{P_x}{l_x} = \frac{P_y}{l_y} = \frac{P_z}{l_z} = \frac{P}{l} \dots\dots\dots(3.3)$$

Persamaan keseimbangan dari struktur rangka dinyatakan dengan kondisi keseimbangan yang dipakai. Jika kita tahu salah satu komponennya, maka dua komponen gaya yang lainnya dapat dicari dengan geometri (di ukur). Aksi momen hampir berubah-ubah pada sumbu dapat diuraikan kedalam

tiga komponen pada tiga sumbu orthogonal komponen ini akan mempunyai bentuk yang sama seperti gaya-gaya pada persamaan (3.2), untuk struktur tiga dimensi persamaan keseimbangan terdiri dari gaya-gaya yang seimbang pada tiga arah yang saling tegak lurus. Jika koordinat sumbu itu adalah X, Y dan Z, persamaan keseimbangan yang didapat adalah :

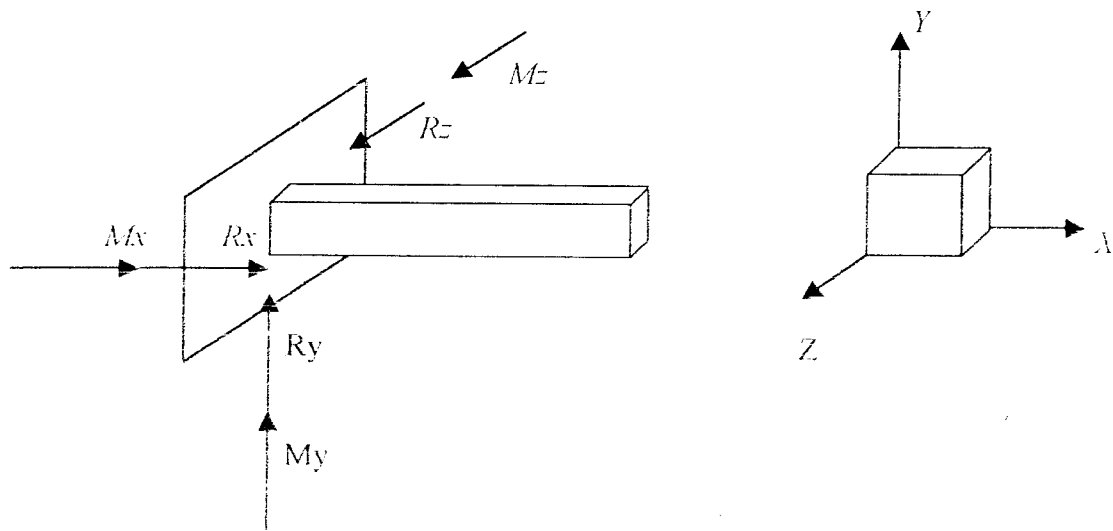
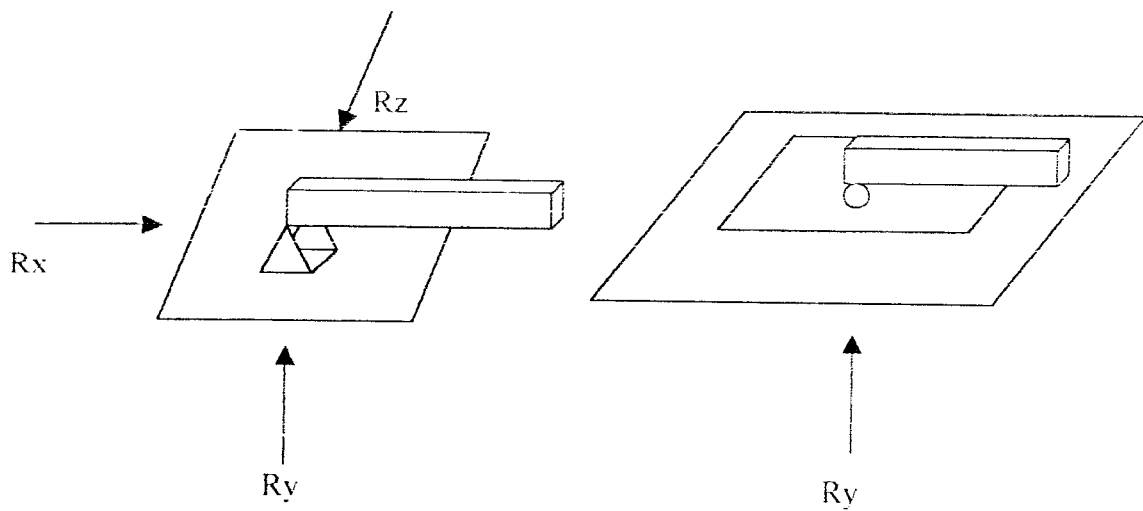
$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0; \sum F_z = 0 \dots \dots \dots (3.4.a)$$

$$\sum M_x = 0; \sum M_y = 0; \sum M_z = 0 \dots \dots \dots (3.4.b)$$

Persamaan keseimbangan pada rumus 3.4.a dan 3.4.b dapat digunakan untuk mencari reaksi gaya-gaya batang pada statik tertentu dan gaya aksial, geser, momen dan torsi pada balok tiga dimensi.

### 3.1.2 Struktur Dukungan Pada Rangka Batang Ruang

Schodek (1980) menyebutkan bahwa dukungan pada struktur ruang mempunyai bermacam bentuk, tergantung dari jenis kekangan yang dipakai pada struktur dukungan tersebut ( seperti pada gambar 3.2). kekangan akan melawan *displacement* pada semua arah yang saling tegak lurus atau melawan rotasi pada semua sumbunya. Reaksi beban dapat berupa kombinasi dari gaya  $R_x$ ,  $R_y$  dan  $R_z$  dan momem  $M_x$ ,  $M_y$  dan  $M_z$ .

(a) *Fixed support* (dukungan jepit)(b) *Pinned support* (dukungan sendi)(c) *Roller support* (dukungan rol)**Gambar 3.2** Dukungan Pada Struktur Ruang

*Fixed support* (dukungan jepit), dukungan tetap pada struktur ruang mencegah translasi dan rotasi pada semua arah dan semua sumbu dari dukungan jointnya. Reaksi beban pada dukungan ditunjukkan dengan gaya  $R_x$ ,  $R_y$  dan  $R_z$  dan momen  $M_x$ ,  $M_y$  dan  $M_z$  yang terjadi pada dukungan joint seperti diperlihatkan Gambar (3.2.a). Letak momen  $M_x$ ,  $M_y$  dan  $M_z$  ditunjukkan dengan vektor sebagai simbol standar panah berkepala ganda.

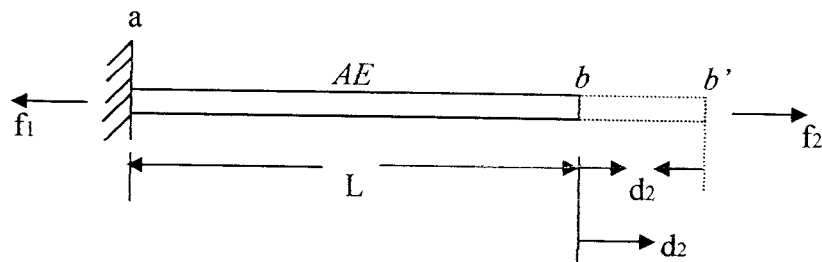
*Pinned support* (dukungan sendi). Pinned support untuk struktur ruang mencegah translasi pada semua arah dari dukungan joint ditunjukkan dengan gaya  $R_x$ ,  $R_y$  dan  $R_z$ , seperti pada Gambar (3.2.b).

*Roller support* (dukungan rol). Pada struktur ruang menyediakan sebuah kekangan translasi pada dukungan joint tegak lurus, seperti pada Gambar (3.2.c).

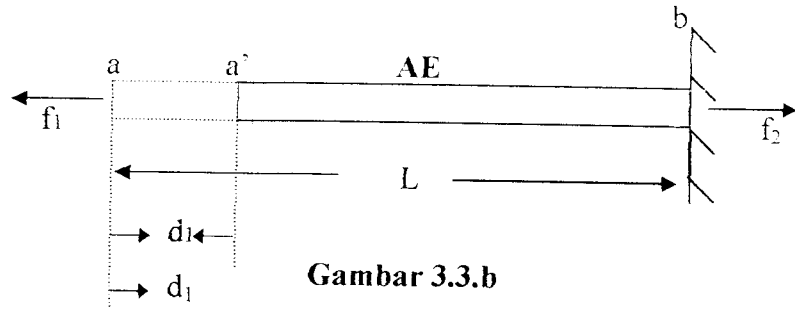
### 3.1.3 Metode Kekakuan Rangka (Trusses) Tiga Dimensi

#### a. Matrik kekakuan untuk elemen rangka tiga dimensi

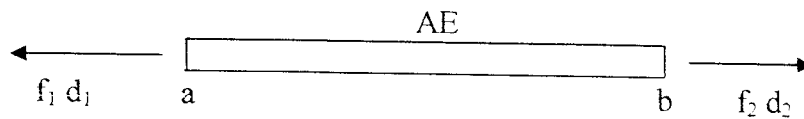
Gaya-gaya batang dan displacement pada koordinat elemen lokal seperti pada Gambar 3.3, matrik kekakuan didapat dengan mencari hubungan antara gaya-gaya pada ujungnya dan *displacement*.



Gambar 3.3.a



Gambar 3.3.b



Gambar 3.3.c

Gambar 3.3 Koordinat Elemen Lokal

Jika titik b diberi deformasi atau batang a dan b diperpanjang sebesar  $d_2$  sehingga b menjadi  $b'$ . (lihat Gambar 3.3.a) syarat kesetimbangan :

$$f_1 = \frac{AE}{l} d_2 \dots \dots \dots (3.5.a)$$

$$f_2 = -\frac{AE}{l} d_2 \dots \dots \dots (3.5.b)$$

terlihat a menjadi  $a'$  (lihat Gambar 3.3.b), maka syarat kesetimbangan dapat ditulis seperti persamaan 3.6.a dan 3.6.b:

$$f_1 = \frac{AE}{l} d_1 \dots \dots \dots (3.6.a)$$

$$f_2 = -\frac{AE}{l} d_1 \dots \dots \dots (3.6.b)$$

Persamaan (3.5) dan (3.6) jika digabungkan akan menjadi:

$$f_1 = \frac{AE}{l} d_1 - \frac{AE}{l} d_2 \dots\dots\dots (3.7.a)$$

$$f_2 = -\frac{AE}{l} d_1 + \frac{AE}{l} d_2 \dots\dots\dots (3.7.b)$$

Persamaan (3.7) di atas dapat dituliskan kedalam bentuk matriks

$$\{f\} = [k] \{d\} \dots\dots\dots (3.8.a)$$

dimana nilai

$$K = \frac{AE}{l}$$

Sehingga persamaan 3.8.a, menjadi

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{AE}{l} & -\frac{AE}{l} \\ -\frac{AE}{l} & \frac{AE}{l} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots (3.8.c)$$

dimana :

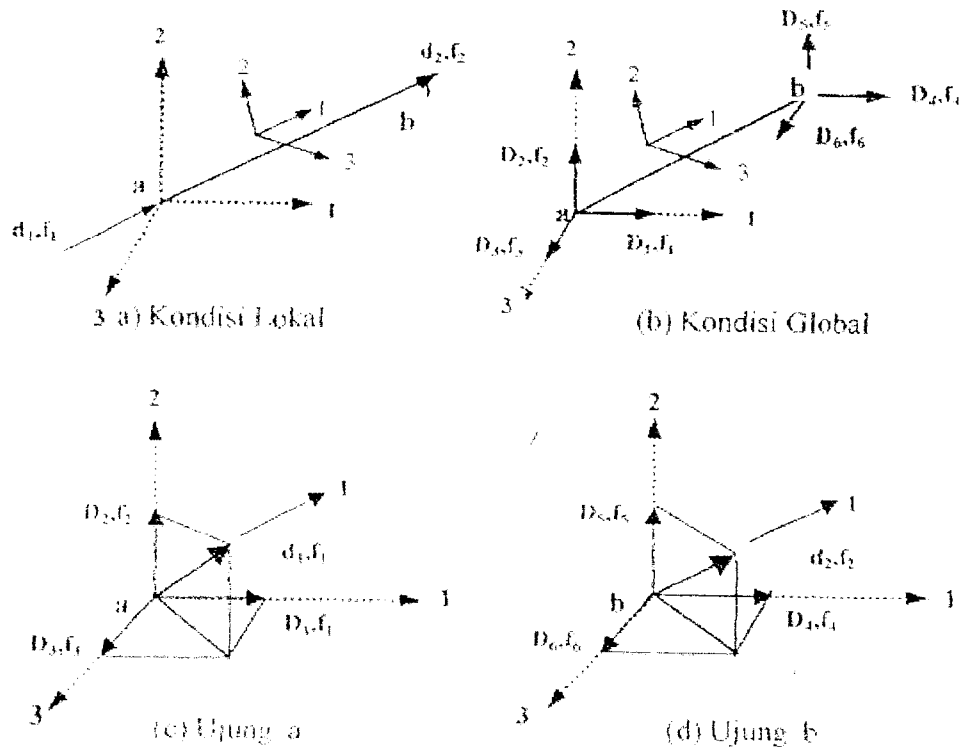
$\{f\}$  = Vektor gaya

$\{k\}$  = matriks kekakuan

$\{d\}$  = matrik *displacement*



b. Matrik Transformasi



Gambar 3.4 Elemen Rangka Ruang

Persamaan dasar dari matrik transformasi seperti pada persamaan 3.8.a, yaitu :  $f = k \cdot d$

$$\begin{Bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{Bmatrix} = \gamma \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{Bmatrix}, \text{ dimana nilai } \gamma = \frac{AE}{l}$$

Deformasi  $d_1$  mempunyai komponen - komponen  $D_1, D_2$  dan  $D_3$  pada koordinat global seperti pada Gambar 3.4, sehingga  $d_1$  dan  $d_2$  dapat diuraikan menjadi:

$$d_1 = D_1 \cos \theta_x + D_2 \cos \theta_y + D_3 \cos \theta_z \dots \dots \dots (3.9.a)$$

$$d_2 = D_4 \cos \theta_x + D_5 \cos \theta_y + D_6 \cos \theta_z \dots \dots \dots (3.9.b)$$

Jika  $d_1$  dan  $d_2$  diuraikan dalam bentuk matrik, maka akan menjadi sebuah bentuk persamaan seperti pada persamaan 3.10.a dan 3.10.b

$$d_1 = \begin{matrix} \cos \theta_x & \cos \theta_y & \cos \theta_z \end{matrix} \begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(3.10.a)$$

$$d_2 = \begin{matrix} \cos \theta_x & \cos \theta_y & \cos \theta_z \end{matrix} \begin{Bmatrix} D_4 \\ D_5 \\ D_6 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(3.10.b)$$

Jika nilai-nilai yang dipakai

$d_1 \Leftrightarrow d_2 =$  deformasi lokal ujung a

$d_1 \Leftrightarrow d_2 =$  deformasi lokal ujung b .

$$\begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{Bmatrix} = D_a = \text{Deformasi global ujung a}$$

$$\begin{Bmatrix} D_4 \\ D_5 \\ D_6 \end{Bmatrix} = D_b = \text{Deformasi global ujung b}$$

Dapat dilihat pada Gambar 3.1, bahwa  $\theta_x$ ,  $\theta_y$  dan  $\theta_z$  adalah sudut-sudut antara sumbu batang x dan X, Y dan Z adalah sebagai sumbunya. Cosinus dari sudut-sudut tersebut adalah cosinus arah dari sumbu x dengan pengaruh dari koordinat sumbu global, dengan

$$C_1 = \cos \theta_x, C_2 = \cos \theta_y, C_3 = \cos \theta_z \dots\dots\dots(3.11)$$

dari persamaan 3.11, maka  $d_a$  dan  $d_b$  dapat ditulis kedalam bentuk persamaan 3.12.a dan 3.12.b

$$d_a = [c_1 \ c_2 \ c_3] D_a \dots\dots\dots(3.12.a)$$

$$d_b = [c_1 \ c_2 \ c_3] D_b \dots\dots\dots(3.12.b)$$

jika diambil

$$\lambda = [c_1 \ c_2 \ c_3] \dots\dots\dots(3.13)$$

maka nilai  $d_a$  dan  $d_b$  dapat ditulis kedalam bentuk matrik, menjadi :

$$\begin{Bmatrix} d_a \\ d_b \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} D_a \\ D_b \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(3.14)$$

dimana  $\lambda$  = matrik transformasi. Seperti pada keterangan diatas bahwa nilai  $d_a = d_1$  dan  $d_b = d_2$ , sehingga  $d_1$  dan  $d_2$  dapat dituliskan kedalam bentuk matrik transformasi berikut:

$$\begin{Bmatrix} d_1 \\ d_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \\ D_6 \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(3.15)$$

dimana :

$$\{d\} = [\Delta] \{D\}$$

Sehingga bentuk persamaan 3.16 analog dengan bentuk

$$\begin{Bmatrix} f_a \\ f_b \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_a \\ F_b \end{Bmatrix} \dots\dots\dots(3.16)$$

Karena  $\{d\} = [\Delta] \{D\}$  maka,  $d_a$  dan  $d_b$  dapat dituliskan kedalam bentuk persamaan berikut :

$$\{d_a\} = [\lambda] \{D_a\} \rightarrow \{D_a\} = [\lambda]^T \{d_a\} \dots \dots \dots (3.17.a)$$

$$\{d_b\} = [\lambda] \{D_b\} \rightarrow \{D_b\} = [\lambda]^T \{d_b\} \dots \dots \dots (3.17.b)$$

Karena bentuk  $\{d\} = [\Delta] \{D\}$  analog dengan  $\{F\} = [\Delta]^T \{f\}$  maka pada persamaan 3.18.a, menjelaskan hubungan vektor gaya dengan matrik kekakuan

$$\begin{aligned} \{F\} &= [\Delta]^T \{f\} \\ \{f\} &= [\Delta]^T \{d\} \end{aligned} > \{F\} = [\Delta]^T [k] \{d\} \dots \dots \dots (3.18.a)$$

Sedangkan hasil dari persamaan 3.18.b, vektor gaya disubstitusikan dengan vektor deformasi, sehingga akan menjadi:

$$\begin{aligned} \{F\} &= [\Delta]^T [k] \{d\} \\ \{f\} &= [\Delta]^T \{D\} \end{aligned} > \{F\} = [\Delta]^T [k] \{D\} \dots \dots \dots (3.18.b)$$

Hasil akhir dari substitusi tersebut akan diperoleh kekakuan

$$\begin{aligned} \{F\} &= [\Delta]^T [k] \{D\} \\ \{F\} &= [K] \{D\} \end{aligned} > \{F\} = [\Delta]^T [k] [\Delta] \dots \dots \dots (3.18.c)$$

Kekakuan (K) dari persamaan 3.18.c, jika dikembangkan lagi akan menjadi

$$[K] = \begin{bmatrix} \lambda^T & 0 \\ 0 & \lambda^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.19)$$

dimana :

$$K_{aa} = \lambda^T k_{aa} \lambda$$

$$K_{ab} = \lambda^T k_{ab} \lambda$$

$$K_{ba} = \lambda^T k_{ba} \lambda$$

$$K_{bb} = \lambda^T k_{bb} \lambda$$

Sehingga nilai kekakuan matrik  $K_{aa}$ , dapat dihitung dengan persamaan 3.20

$$K_{aa} = \begin{Bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{Bmatrix}^T [l] \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix} = \gamma \begin{bmatrix} c_1^2 & c_1c_2 & c_1c_3 \\ c_1c_2 & c_2^2 & c_2c_3 \\ c_1c_3 & c_2c_3 & c_3^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.20)$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung pula besarnya nilai K sehingga hasil akhir dari matrik kekakuan (k) dapat dihitung dengan persamaan 3.21, yaitu:

$$[K] = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} c_1^2 & c_1c_2 & c_1c_3 & -c_1^2 & -c_1c_2 & -c_1c_3 \\ c_1c_2 & c_2^2 & c_2c_3 & -c_1c_2 & -c_2^2 & -c_2c_3 \\ c_1c_3 & c_2c_3 & c_3^2 & -c_1c_3 & -c_2c_3 & -c_3^2 \\ -c_1^2 & -c_1c_2 & -c_1c_3 & c_1^2 & c_1c_2 & c_1c_3 \\ -c_1c_2 & -c_2^2 & -c_2c_3 & c_1c_2 & c_2^2 & c_2c_3 \\ -c_1c_3 & -c_2c_3 & -c_3^2 & c_1c_3 & c_2c_3 & c_3^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.21)$$

## c. cosinus arah

cosinus arah adalah cosinus dari sudut-sudut pada sumbu batang dengan koordinat sumbu global. Joint-joint a dan b dari batang  $ab$  pada Gambar 3.1 mempunyai koordinat  $(X_a, Y_a, Z_a)$  dan  $(X_b, Y_b, Z_b)$  pada sistem koordinat global  $X, Y$  dan  $Z$ , untuk menghitung besarnya panjang batang  $ab$ , dapat dilihat pada persamaan 3.22.

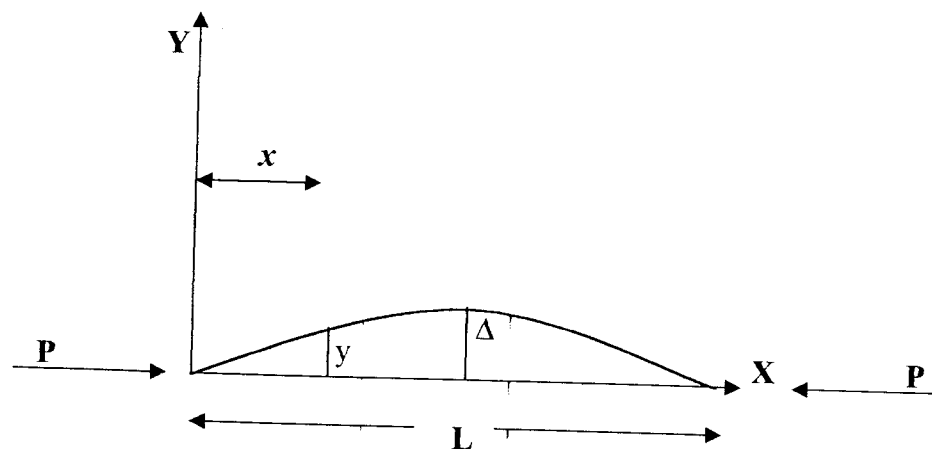
$$L = \sqrt{(X_b - X_a)^2 + (Y_b - Y_a)^2 + (Z_b - Z_a)^2} \dots \dots \dots (3.22)$$

dan cosinus arahnya adalah:

$$c_1 = \frac{X_b - X_a}{L}, c_2 = \frac{Y_b - Y_a}{L}, c_3 = \frac{Z_b - Z_a}{L}, \dots \dots \dots (3.23)$$

### 3.2 Batang Tekan.

Akibat beban ( $P$ ) dan pelenturan ( $Y$ ), pada penampang tersebut akan bekerja momen lentur. Seperti pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Batang lurus yang dibebani gaya tekan aksial

$$M = -Py \dots\dots\dots(3.24)$$

Karena  $M = EI \frac{d^2 y}{dx^2}$ , jika disubstitusikan kedalam persamaan (3.24), maka akan menjadi:

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = -Py \dots\dots\dots(3.25)$$

dengan :

E= Modulus elastisitas.                      P= Gaya aksial.

I = Momen Inersia.                              Y = Pelenturan.

Penyelesaian pada persamaan (3.26) menunjukkan beban kritis yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \dots\dots\dots(3.26)$$

Persamaan (3.26) menunjukkan beban kritis menurut Euler, jika masing-masing ruas dibagi dengan luas penampang (A), akan diperoleh tegangan kritis ( $\sigma_{kr}$ ).

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 EI}{AL^2} \dots\dots\dots(3.27)$$

Karena  $\frac{A}{I} = \frac{1}{i^2_{\min}}$ , dan panjang (L) diganti dengan panjang tekuk ( $L_K$ ),

maka persamaan (3.27) dapat dinyatakan dengan persamaan ( 3.28).

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 E}{\left[ \frac{Lk}{i} \right]^2} \dots\dots\dots(3.28)$$

dengan  $\frac{L_k}{i}$  adalah kelangsingan ( $\lambda$ )

Tampak bahwa kuat tekan kolom dipengaruhi oleh kelangsingan, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin langsing suatu kolom, kuat tekan semakin kecil.

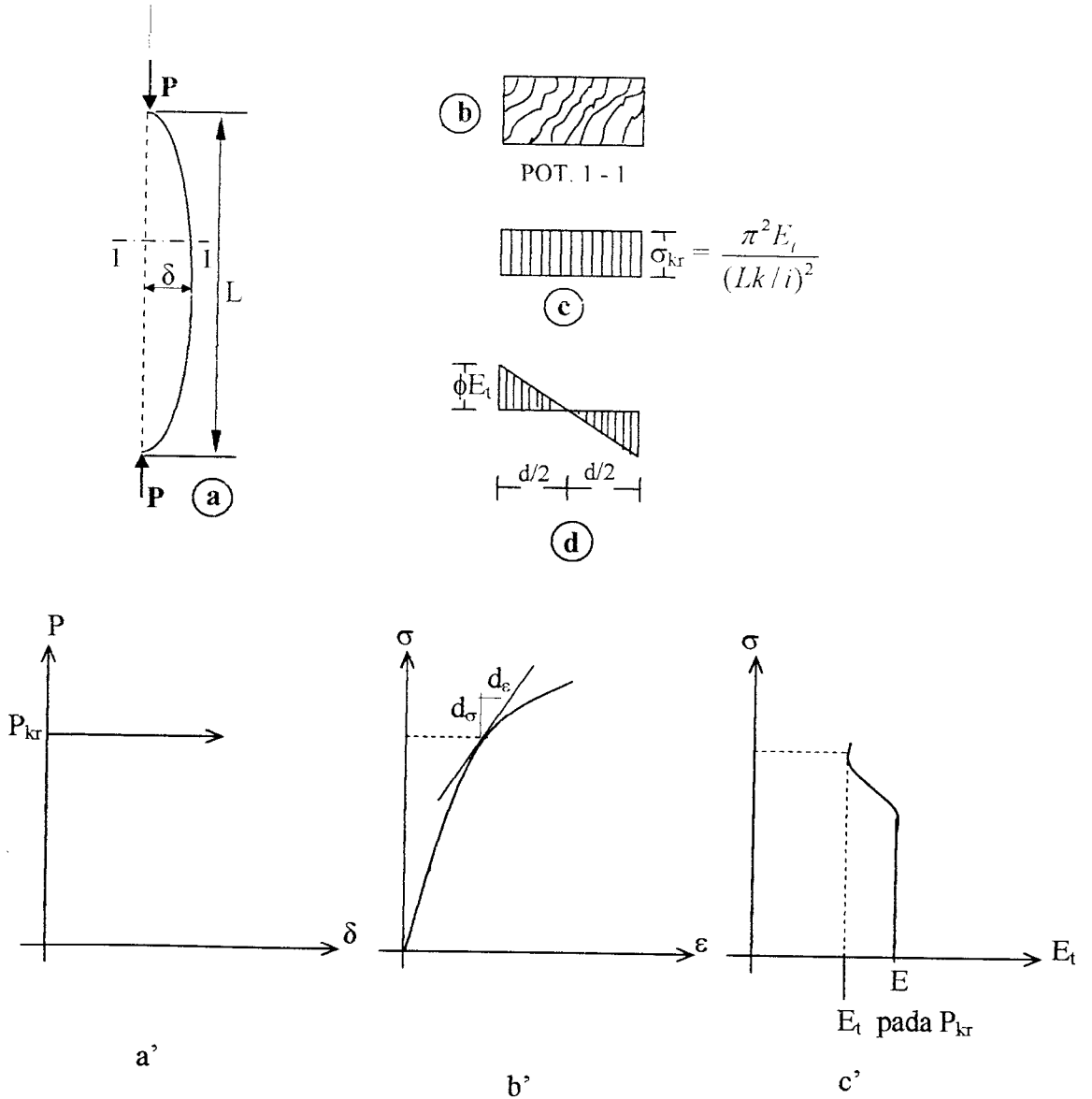
**Padosbajayo (1991)** mengemukakan batas berlakunya persamaan euler adalah batas proporsional dengan modulus elastis yang tetap. Kolom pendek dan kolom sedang runtuh bila penampangnya menjadi tidak elastis, berarti persamaan euler tidak cocok untuk menentukan kuat tekan kolom pendek dan kuat tekan kolom sedang. Salah satu teori yang membahas tentang kuat tekan kolom di atas batas elastis dikemukakan oleh Friedrich Engesser, yang kemudian dikenal sebagai teori “Tangen Modulus”. Untuk menjelaskan teori ini, tinjaulah sebuah batang lurus yang mendukung gaya tekan aksial P. beban P berangsur-angsur ditambah dari nol sampai batang tersebut runtuh, lihat gambar 3.6a. sampai sesaat sebelum runtuh batang tetap dianggap lurus (tidak ada lendutan). Dianggap lendutan terjadi pada saat batang tersebut runtuh. Pada saat batang runtuh tegangan yang terjadi di dalam penampang batang dianggap terbagi rata, lihat gambar 3.6.c, dan mengabaikan tegangan yang terjadi pada batang akibat batang melentur. Hubungan antara beban dengan lendutan ditunjukkan pada gambar 3.6.a’. modulus pada tegangan kritis, diambil garis singung dari diagram tegangan regangan saat kolom tersebut runtuh periksa gambar 3.6.b’, modulus pada saat



kolom runtuh dinyatakan:

$$E_t = \frac{d_\sigma}{d_\varepsilon} \dots \dots \dots (3.29)$$

dengan :  $d_\sigma$  = Perubahan tegangan       $d_\varepsilon$  = Perubahan regangan



Gambar 3.6 Tegangan berdasarkan teori tangent modulus

perubahan dari modulus elastis ke modulus yang harganya berubah-ubah ditunjukkan pada gambar 3.6.c'. dari gambar 3.6.c' dapat diketahui bahwa  $E_t < E$  dengan mengganti modulus didapat persamaan enggeser sebagai berikut :

$$\sigma_{kr} = \frac{\pi^2 x E_t^2}{\left( \frac{l_k}{i} \right)^2} \dots \dots \dots (3.30)$$

karena  $E_t < E$  maka, hasil yang diperoleh menurut persamaan lebih kecil daripada persamaan Euler.

### 3.3 Batang Tarik

Batang tarik adalah batang yang mengalami peristiwa tarik aksial akibat beban yang bekerja pada ujung-ujung batang. Desain komponen batang tarik merupakan persoalan yang paling sederhana dibandingkan perencanaan pada batang tekan. Meskipun stabilitas bukan merupakan kriteria utama dalam mendesain batang tarik, namun batang tarik perlu dibatasi panjangnya untuk menjaga agar fleksibel, karena pada batang tarik yang panjang akan mempunyai lendutan yang besar sekali akibat berat dari batang tarik itu sendiri.

**Salmon johnson (1986)** mengulas tentang masalah batang tarik, bahwa perencanaan batang tarik merupakan salah satu masalah teknik struktur yang paling sederhana, karena stabilitas bukan merupakan hal yang utama, perencanaan batang tarik pada hakikatnya menentukan luas penampang lintang batang yang cukup untuk menahan beban yang terjadi pada dua tempat yaitu:

1. keruntuhan pada penampang bruto yang jauh dari sambungan (kriteria pelepasan).

Prosedur perencanaan ini umumnya berdasarkan kekuatan batas (ultimate). Akan mencapai kekuatan batas bila semua serat penampang lintang batang meleleh (kriteria pelepasan). Kekuatan batang tarik tersebut dinyatakan dengan

$$T_u = F_y A_g \dots\dots\dots(3.31)$$

Dimana  $T_u$  = beban tarik,  $F_y$  = kekuatan tarik dan

$A_g$  = luas penampang bruto.

2. keruntuhan pada daerah luas efektif (*kerusakan fraktur*)

Keruntuhan pada batang tarik yang berlubang akibat lubang baut atau paku keling, luas penampang lintang yang direduksi (luas netto) digunakan dalam perhitungan. Lubang pada batang akan menimbulkan konsentrasi tegangan (tegangan tidak merata). Kekuatan batang tarik yang berlubang ditunjukkan pada persamaan (3.32)

$$T_u = F_y A_n \dots\dots\dots(3.32)$$

Dimana  $T_u$  = beban tarik,  $F_y$  = kekuatan tarik dan

$A_n$  = luas penampang netto (luas penampang tereduksi).

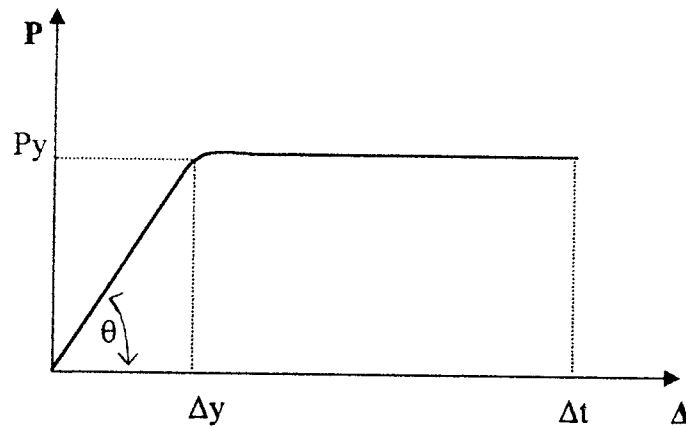
### 3.4 Hubungan Beban Dengan Lendutan

Schodeck (1991) mengemukakan bahwa kekakuan suatu struktur ( $k$ ) didefinisikan sebagai rasio beban dan lendutan, yang dinyatakan dengan :

$$k = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots(3.33)$$

Tampak bahwa kekakuan berbanding terbalik dengan lendutan ( $\Delta$ ). Apabila suatu struktur diberi beban aksial ( $P$ ), maka lendutan yang terjadi dapat diukur, sehingga kekakuan ( $k$ ) dapat diketahui.

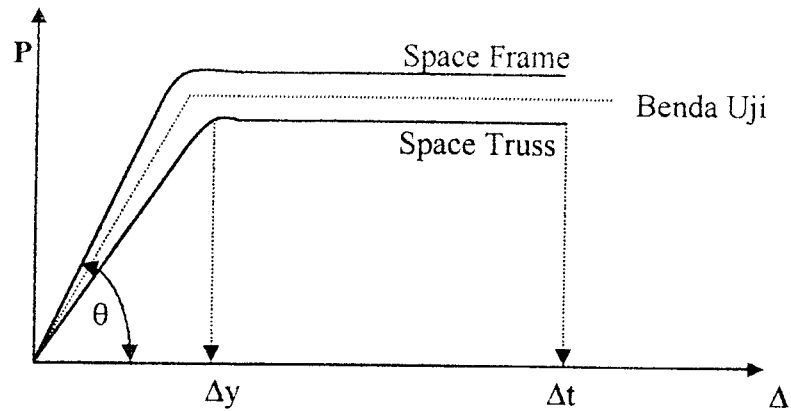
Hubungan beban dan lendutan untuk berbagai macam struktur ditunjukkan oleh Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Grafik hubungan beban ( $P$ ) - lendutan ( $\Delta$ ).

Pada Gambar 3.7 terlihat bahwa kekakuan struktur nampak linier sampai pada beban ( $P_y$ ). Selanjutnya struktur hanya mampu menerima beban konstan sedangkan lendutan yang terjadi terus bertambah sampai struktur tersebut hancur. Dari grafik hubungan beban dan lendutan akan membentuk sudut sebesar  $\theta$ , dimana :

$$\text{tg } \theta = \frac{P}{\Delta} \dots\dots\dots(3.34)$$



**Gambar 3.8** Grafik hubungan beban-lendutan pada struktur space frame dan space truss.

Lendutan yang terjadi sepanjang  $\Delta_y$  sampai  $\Delta_t$  akan membentuk suatu *displacement daktilitas* ( $\mu$ ).

Untuk mendapatkan tingkat daktilitas dapat dilihat pada Gambar 3.8, yang dinyatakan dengan persamaan 3.35.

$$\mu = \frac{\Delta_t}{\Delta_y} \dots\dots\dots(3.35)$$

Untuk melihat perbandingan kekakuan struktur dapat dilihat dari besarnya  $\Delta$ , seperti terlihat pada Gambar 3.8, bahwa pada struktur *frame* mempunyai kekakuan lebih besar dibandingkan dengan struktur truss.

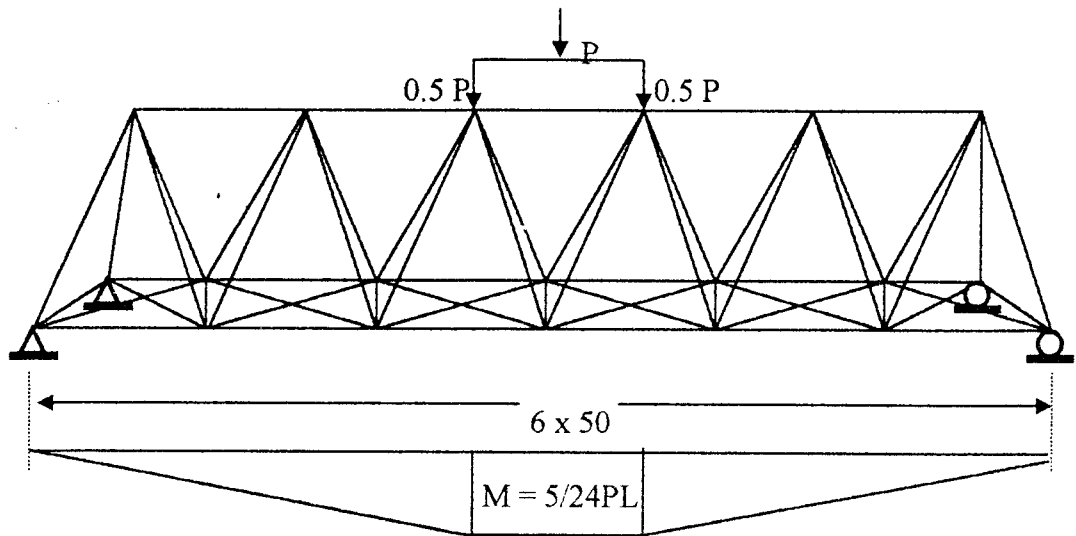
**3.5 Hubungan Momen dan kelengkungan**

Pemberian beban arah transversal terpusat (P) pada struktur rangka batang ruang seperti terlihat pada gambar 3.9.a akan mengakibatkan terjadinya momen sebesar.

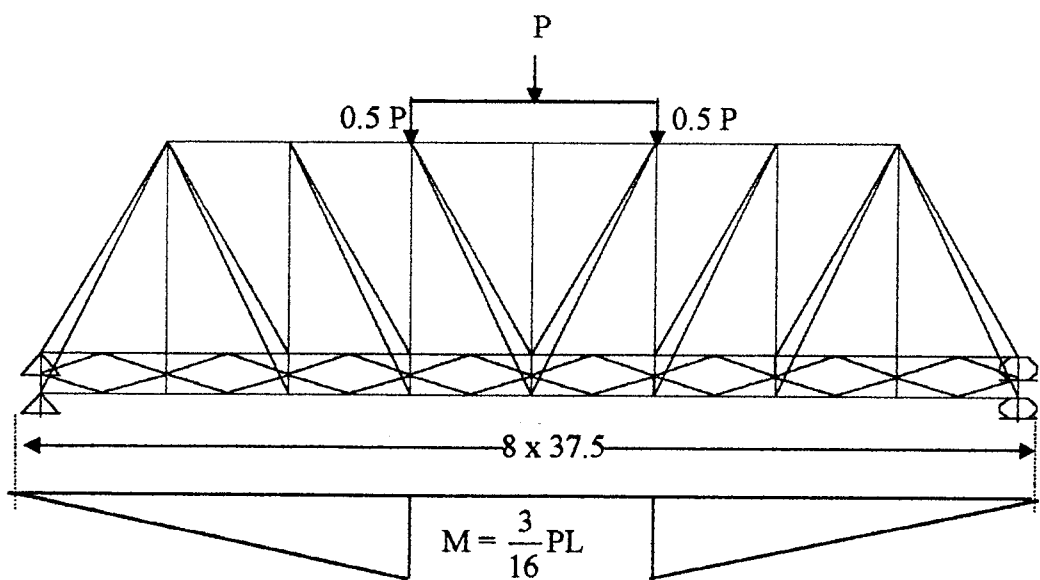
$$M = \frac{5}{24} PL \dots\dots\dots(3.36.a)$$

Pada gambar 3.9.b akan mengakibatkan terjadinya momen sebesar

$$M = \frac{3}{16} PL \dots \dots \dots (3.36.b)$$

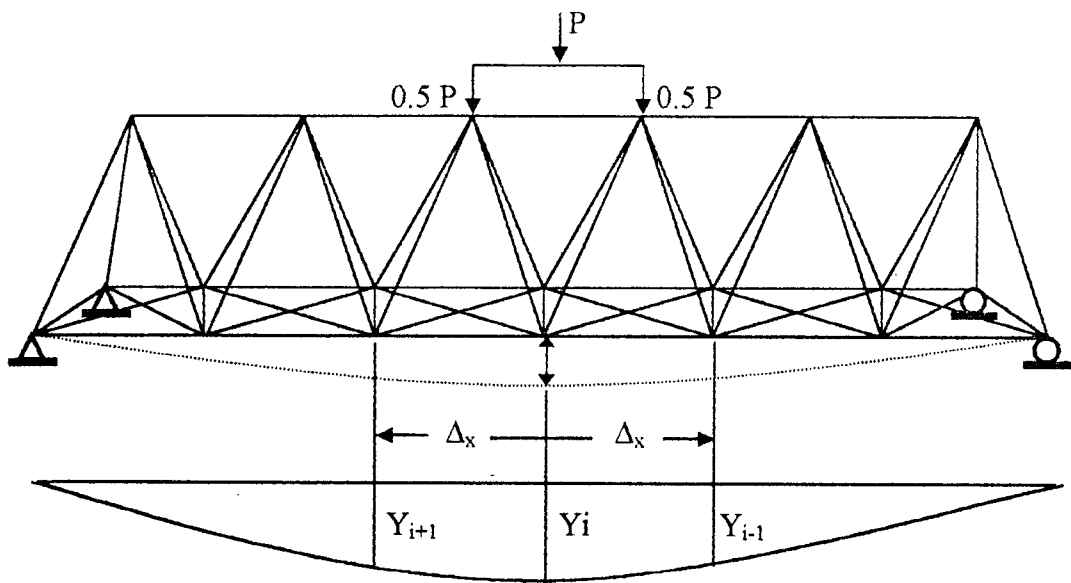


**Gambar 3.9.a** Momen yang terjadi pada struktur rangka ruang model I



**Gambar 3.9.b** Momen yang terjadi pada struktur rangka ruang model II

Fatkhurrahman N (1999) mengemukakan, pemberian beban (P) akan didapatkan perpindahan yang diukur pada tiga titik distrik yang berurutan dengan jarak yang sama ( $\Delta x$ ), dimana tiga titik distrik tersebut diberi notasi  $y_{i+1}$ ,  $y_i$  dan  $y_{i-1}$  seperti terlihat pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Penurunan yang terjadi akibat beban (P)

Dengan mengacu pada gambar (3.10)  $dy$  dan  $dx$  didekati dengan persamaan

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{2\Delta_x} \dots\dots\dots(3.37)$$

Turunan kedua persamaan 3.37 adalah

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx}(y_{i+1} - y_{i-1}) - (y_{i+1} - y_{i-1}) \frac{d}{dx}(2\Delta_x)}{(2\Delta_x)^2} \dots\dots\dots(3.38)$$

Karena  $(2\Delta_x)$  adalah konstanta maka nilai dari

$$\frac{d}{dx}(2\Delta_x) = 0 \dots\dots\dots(3.39)$$

Sehingga persamaan 3.38 menjadi

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{(2\Delta_x) \frac{d}{dx} \left( \frac{y_{i+2} - y_i}{2\Delta_x} - \frac{y_i - y_{i-2}}{2\Delta_x} \right)}{(2\Delta_x)^2} \dots\dots\dots(3.40)$$

Selanjutnya dari persamaan 3.40

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+2} - 2y_i + y_{i-2}}{(2\Delta_x)^2} \dots\dots\dots(3.41)$$

Kemudian persamaan 3.41 disederhanakan, menjadi

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{y_{i+1} - 2y_i + y_{i-1}}{(\Delta_x)^2} \dots\dots\dots(3.42)$$

persamaan 3.42 menunjukkan bahwa kelengkungan dapat dicari dengan pendekatan tiga titik yang berurutan.

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

Sehingga persamaan kelengkungan dapat dicari dengan rumus :

$$\phi = \frac{1}{\rho} = \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[ 1 + \left( \frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2}} \dots\dots\dots(3.43)$$

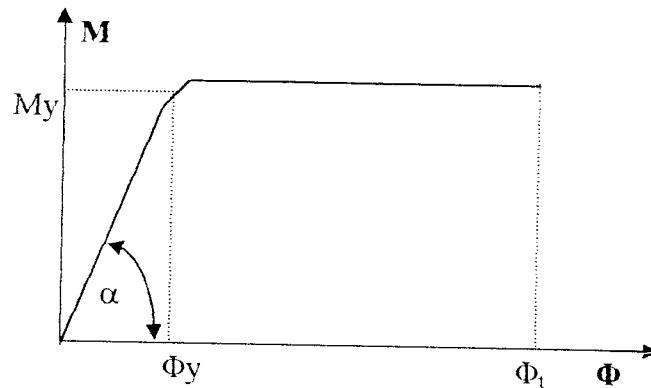
Karena  $\frac{dy}{dx}$  kecil maka dengan pendekatan metode *central difference*  $\frac{dy}{dx}$

didekatkan dengan nol, sehingga didapat kelengkungan dengan rumus



$$\phi = \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \dots \dots \dots (3.44)$$

Dari persamaan 3.44, maka dapat dicari faktor kekakuan ( $EI$ ) setelah momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\phi$ ) diketahui. Grafik hubungan momen dengan kelengkungan pada gambar 3.11 berikut.

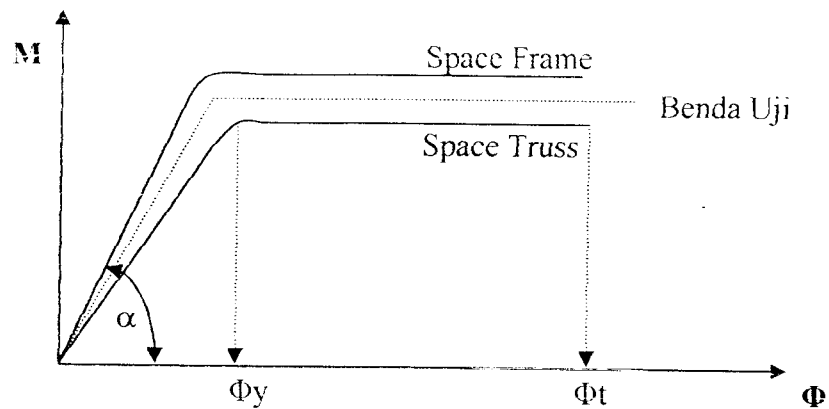


**Gambar 3.11** Grafik hubungan momen-kelengkungan ( $M - \Phi$ )

Gambar 3.11 menunjukkan hubungan antara momen-kelengkungan tampak bahwa pada grafik hubungan momen-kelengkungan akan membentuk sudut ( $\alpha$ ), dimana

$$\text{tg } \alpha = \frac{M}{\phi} \dots \dots \dots (3.45.a)$$

$$EI = \text{tg } \alpha \dots \dots \dots (3.45.b)$$



**Gambar 3.12** Grafik hubungan momen-kelengkungan pada struktur *Space Frame* dan *Space truss*.

Simpangan daktilitas juga dapat diketahui dari hubungan momen dan kelengkungan yaitu sepanjang  $\Phi_y$ - $\Phi_t$

$$\mu = \frac{\phi_t}{\phi_y} \dots \dots \dots (3.46)$$

Dengan mengacu pada Gambar 3.12 dan persamaan 3.47, maka dapat dicari besarnya nilai daktilitas kelengkungan (*curvature ductility*), karena simpangan yang terjadi sepanjang  $\Phi_y$  sampai  $\Phi_t$  akan menunjukkan nilai daktilitas struktur rangka ruang.

Untuk membandingkan kekakuan struktur dapat dilihat besarnya  $\alpha$ . Seperti terlihat pada Gambar 3.12, bahwa pada struktur frame mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan truss.

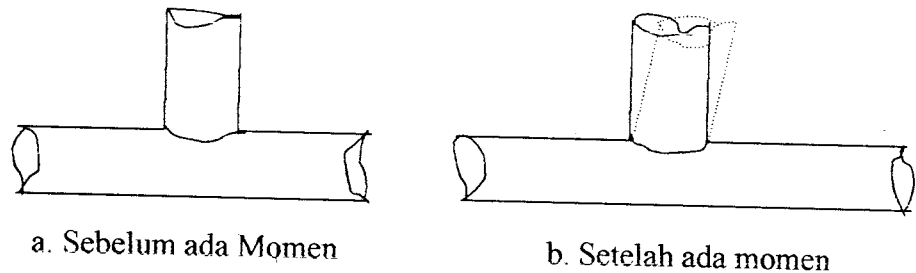
### 3.6 Sambungan Pada Joint

Tri Cahyo, (2000) menyebutkan dua metode pengelasan profil bulat yaitu dengan cara sambungan las langsung dan sambungan las menggunakan plat buhul ditinjau dari segi kekuatan sambungan las merupakan sambungan yang paling

baik karena tidak terjadi perlemahan seperti pada sambungan baut atau paku keling. Pada benda uji yang akan diteliti keduanya menggunakan sambungan las langsung tanpa pelat buhul.

Pengelasan pada sambungan tanpa pelat buhul (sambungan las langsung) dilakukan dengan cara mengelas pada seluruh sisi melingkar dari pipa.

Sambungan pada joint tanpa menggunakan pelat buhul termasuk kedalam struktur batang truss (sambungan semi rigid atau setengah kaku).



**Gambar 3.13** Sambungan Las Langsung

### 3.7 Metode Regresi Linier

Di dalam praktek, sering dijumpai data diberikan dalam nilai diskret atau tabel. Dua hal yang diharapkan dari data diskret, yaitu :

1. Mencari bentuk kurva yang dapat mewakili data diskret tersebut.
2. Mengestimasi nilai data pada titik-titik diantara nilai-nilai yang diketahui.

Kedua aplikasi tersebut diatas dikenal sebagai *curva fitting*. Ada dua metode pendekatan di dalam *curve fitting* yang didasarkan pada jumlah kesalahan yang terjadi pada data.

## 1. Regresi Kuadrat Terkecil

Suatu cara atau metode untuk membuat kurva yang meminimumkan perbedaan (selisih) antara titik-titik data dan kurva dikenal dengan regresi kuadrat terkecil.

Regresi kuadrat terkecil dilakukan apabila data menunjukkan adanya kesalahan cukup besar, bentuk paling sederhana dari regresi kuadrat terkecil apabila kurva yang mewakili titik-titik percobaan merupakan garis lurus (*linier*), sehingga persamaan adalah

$$y=ax+b \dots \dots \dots (3.47)$$

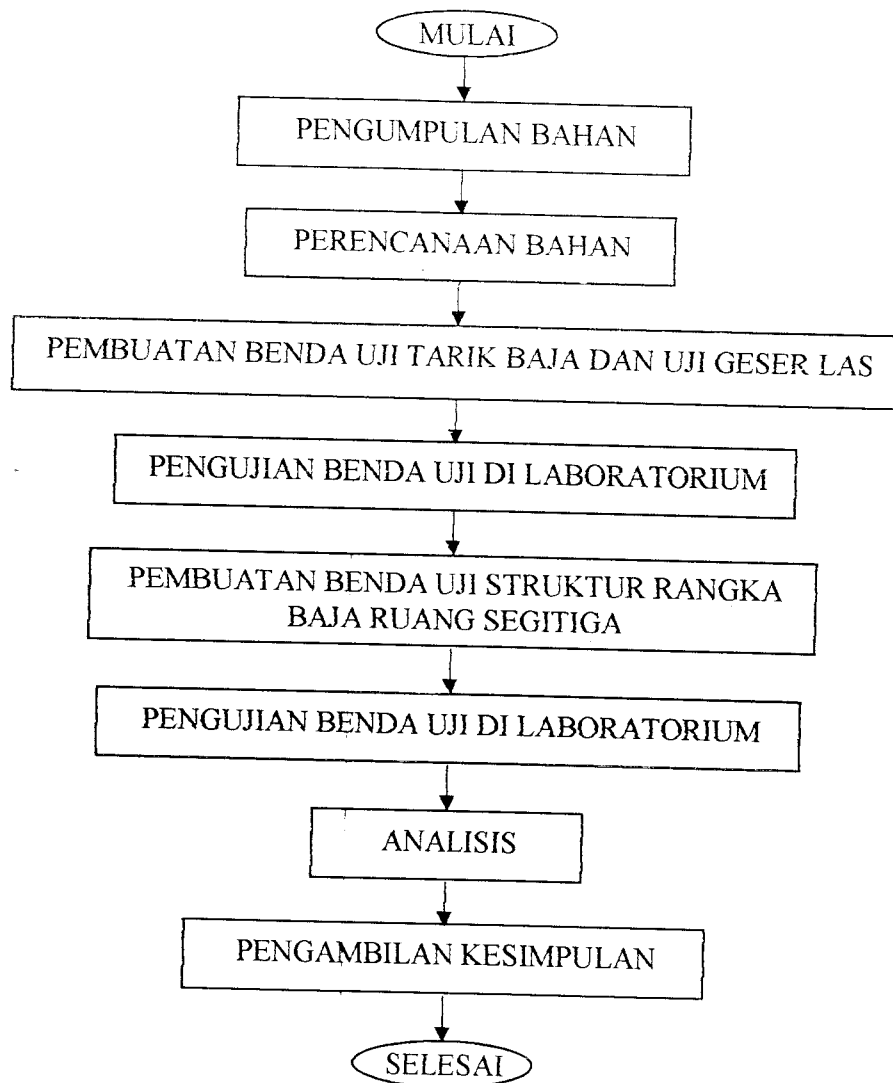
## 2. Intepolasi

Apabila data yang diketahui sangat besar maka pendekatan yang dilakukan adalah membuat kurva atau sejumlah kurva yang melalui setiap titik, sehingga kurva yang mewakili titik-titik percobaan merupakan garis yang sudah tidak merupakan garis lurus (*linier*).

**BAB IV**  
**METODE PENELITIAN**

**4.1 Metode Penelitian**

Metode Penelitian adalah urutan pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan penelitian yang diajukan dalam penulisan tugas akhir. Jalannya penelitian dapat dilihat dari flowchart pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Flowchart Metode Penelitian

## 4.2 Bahan dan Alat yang digunakan

Untuk kelancaran dalam penelitian ini diperlukan beberapa bahan dan peralatan yang digunakan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan penelitian. Adapun bahan dan alat yang digunakan sebagai berikut :

### 4.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah :

#### a. Baja profil

Baja profil yang digunakan adalah baja profil pipa bulat ukuran diameter  $\frac{1}{2}$  in,  $\frac{3}{4}$  in, 1 in dan  $1\frac{1}{2}$  in dengan ketebalan masing-masing 2 mm.

#### b. Las

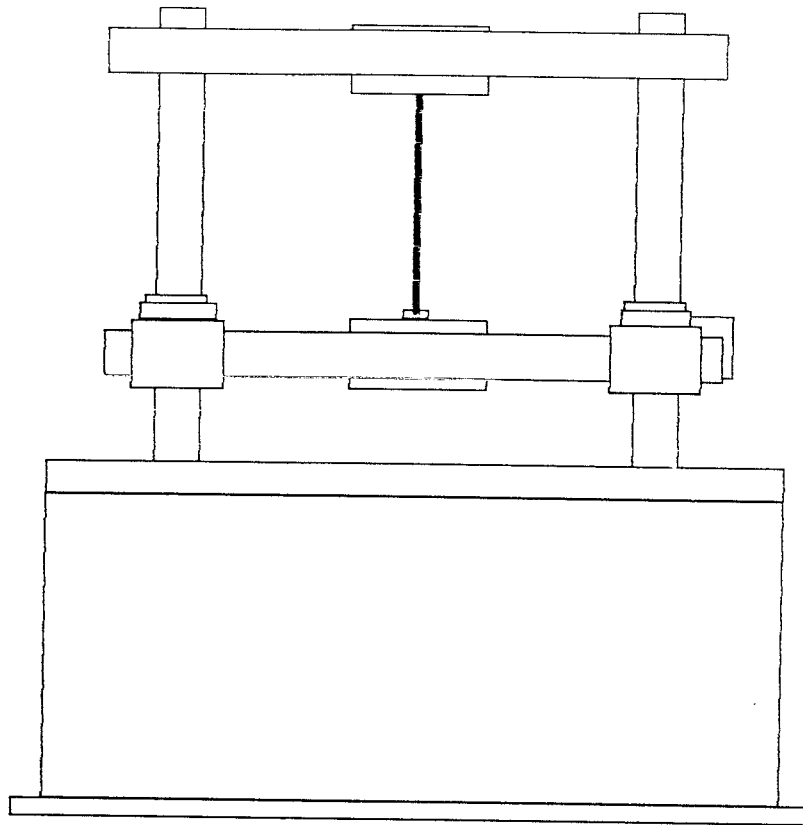
Sambungan las menggunakan Elektroda E70XX dengan kekuatan tarik maksimum  $F_u = 70$  Ksi.

### 4.2.2 Peralatan

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan sebagai sarana mencapai maksud dan tujuan. Adapun peralatan yang digunakan terdiri dari :

#### a. Mesin Uji Kuat Tarik

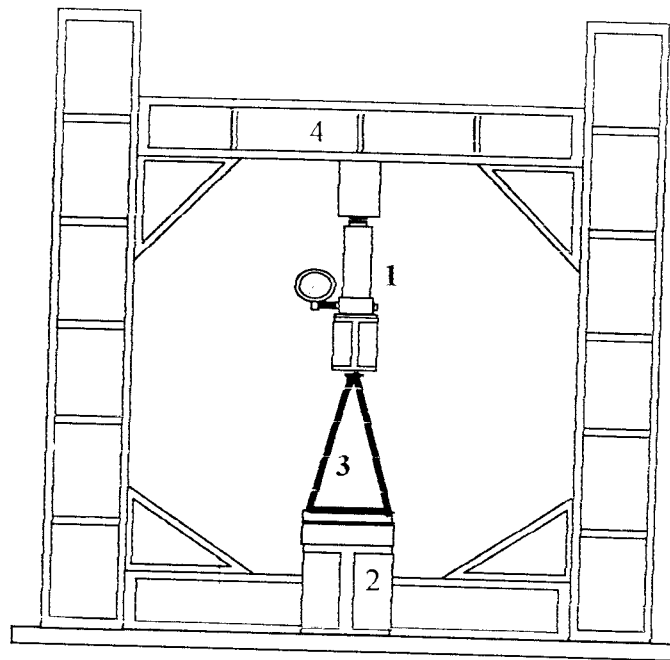
Digunakan untuk mengetahui kuat tarik baja. Pada penelitian ini alat yang digunakan UNIVERSAL TESTING MATERIAL (UTM) Merk SHIMATSU type UMH 30, Kapasitas 30 ton, seperti pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Universal Testing Material (UTM).

*b. Loading Frame*

Untuk keperluan uji pembebanan digunakan *Loading Frame*, dari bahan baja profil WF 450x200x9x14. Seperti pada Gambar 4.3. Bentuk dasar *Loading Frame* berupa portal segi empat yang berdiri di atas 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 450x200x9x14. Posisi balok portal dapat diatur untuk menyesuaikan dengan bentuk dan ukuran model yang akan diuji.



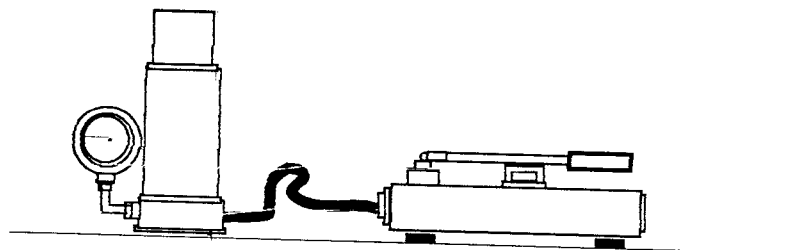
**Gambar 4.3** Bentuk Fisik *Loading Frame*

Keterangan :

- |                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| 1. Hydraulic Jack | 4. Baja WF 450 x 200 x 14 |
| 2. Dukungan       |                           |
| 3. Benda uji      |                           |

c. *Hidraulik Jack*

Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian lentur Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga dengan beban sentris P yang mempunyai kapasitas maksimum 30 ton dan ketelitian pembacaan sebesar 0.25 ton. Bentuk fisik *Hidraulik Jack* dapat dilihat pada Gambar 4.4.

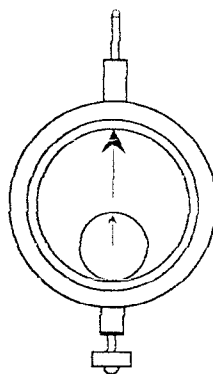


**Gambar 4.4** *Hidraulik Jack*



d. *Dial Gauge*

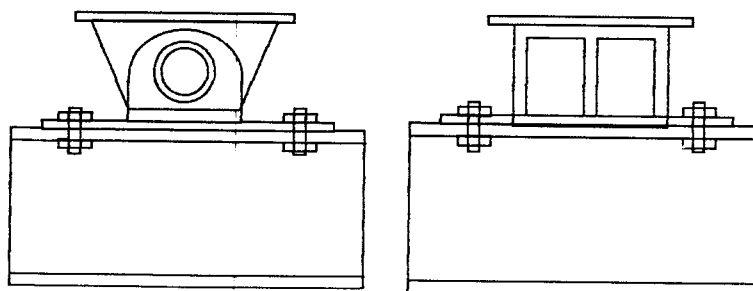
Alat ini digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi. Pada penelitian ini menggunakan *Dial Gauge* dengan kapasitas lendutan maksimum 50 mm dan ketelitian pembacaan 0.01 mm. Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan *Dial Gauge* sebanyak enam buah.



**Gambar 4.5** *Dial Gauge*

e. Dukungan Sendi dan Rol

Dukungan sendi di pasang pada salah satu dukungan Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga dan dukungan rol di pasang pada dukungan lainnya.



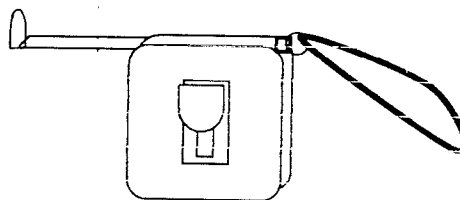
a. Dukungan Rol

b. Dukungan Sendi

**Gambar 4.6** Dukungan Sendi dan Rol

## f. Alat ukur

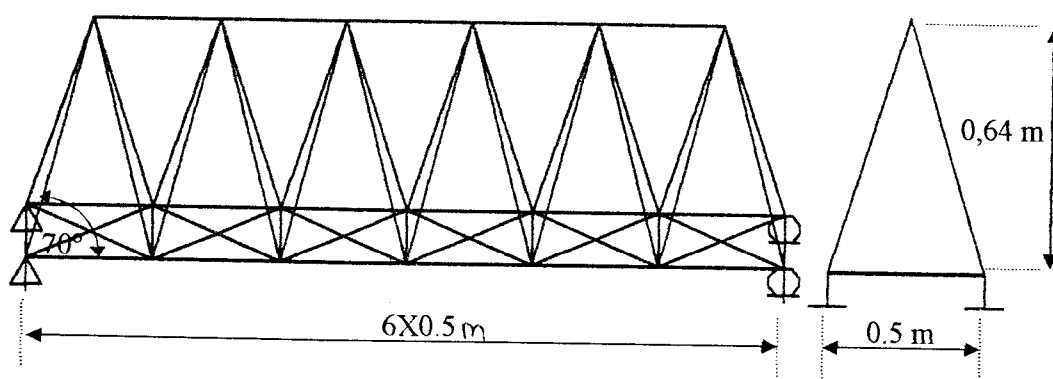
Alat ini digunakan untuk mengukur panjang Struktur Rangka Baja dan mengukur panjang dukungan sendi dan rol serta untuk mengukur posisi pembebanan. Alat ini digunakan untuk mengatur posisi benda uji pada *Loading Frame*.



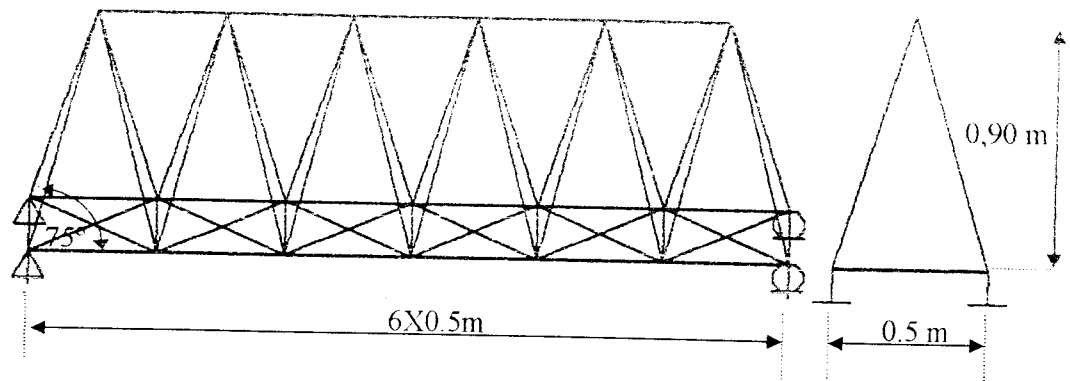
**Gambar 4.7** Alat Ukur

### 4.3 Model Benda Uji

Model benda uji dalam penelitian ini berupa Struktur Rangka Baja Ruang segitiga model Warren dengan panjang 3 meter yang disusun dari profil pipa bulat diameter  $\frac{1}{2}$  in,  $\frac{3}{4}$  in, 1 in dan  $1\frac{1}{2}$  in dengan ketebalan masing-masing 2 mm. Benda uji dibuat sebanyak dua buah sampel untuk masing-masing variasi. Jadi Jumlah seluruhnya ada empat buah benda uji. Bentuk model benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.

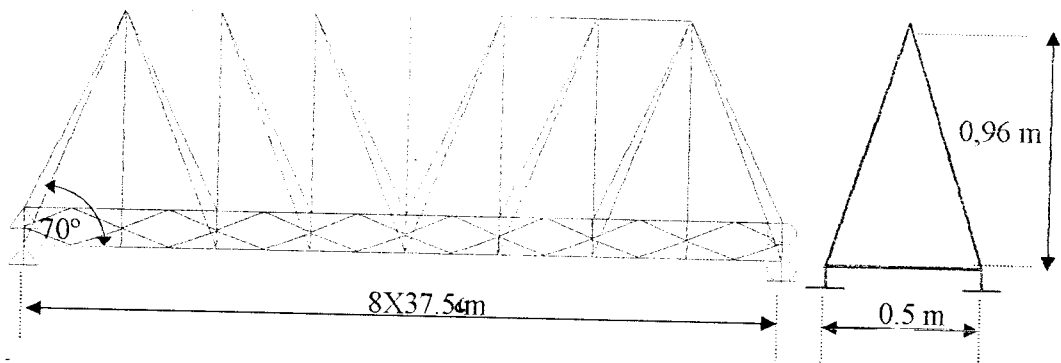


a. Benda Uji I dengan sudut  $70^\circ$

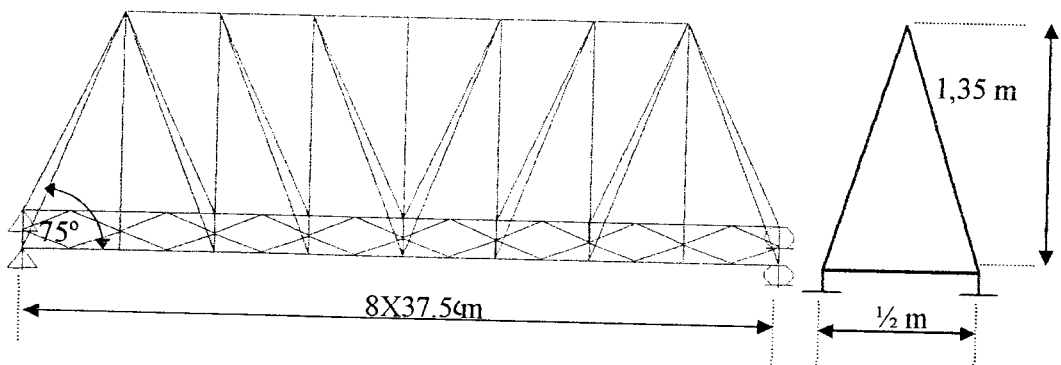


b. Benda Uji II dengan sudut  $75^\circ$

**Gambar 4.8** Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga model pertama



a. Benda Uji III dengan sudut  $70^\circ$



b. Benda Uji IV dengan sudut  $75^\circ$

**Gambar 4.9** Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga model kedua

#### 4.4 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, terdiri dari :

1. Tahap Perumusan Masalah

Tahap ini meliputi perumusan terhadap Topik Penelitian, Latar Belakang Masalah, Tujuan Penelitian, manfaat penelitian dan Pembatasan Masalah.

2. Tahap Perumusan Teori

Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam pelaksanaan penelitian dan hipotesis.

3. Tahap Pelaksanaan Penelitian

- a. Pengumpulan bahan
- b. Pembuatan benda uji
- c. Pengujian Pendahuluan
- d. Persiapan peralatan
- e. Pengujian benda uji

4. Tahap analisis

Analisis dilakukan dengan mencatat hasil uji laboratorium berupa beban dan lendutan yang terjadi.

5. Tahap Pengambilan Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab penelitian terhadap permasalahan.

#### 4.5 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir dilakukan dalam beberapa tahap sebagai berikut :

##### 4.5.1 Pembuatan benda uji

Pengumpulan bahan dan perhitungan dimensi Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga selesai, selanjutnya pembuatan benda uji sesuai dengan perencanaan.

a. Pembuatan benda uji Kuat Tarik Baja

Profil pipa bulat di potong sepanjang 30 cm kemudian dibelah dan di tengahnya dibuat luasan  $6 \times 1 \text{ cm}^2$  dengan cara digergaji.

b. Pembuatan benda uji Kuat Geser Las

Profil pipa bulat di sambung dengan las pada profil segi empat lainnya dengan luasan tertentu.

c. Pembuatan benda uji Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga

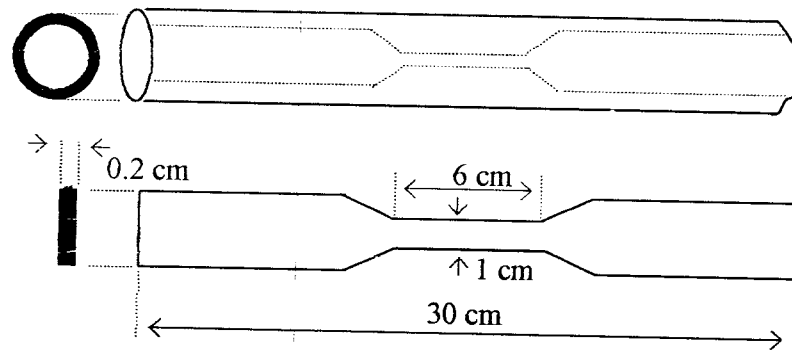
Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga merupakan rangkaian profil baja pipa bulat, dirangkaikan dengan menggunakan sambungan las. Panjang struktur tiga meter dengan lebar  $\frac{1}{2}$  meter dan menggunakan ketinggian yang berbeda berdasarkan sudut batang diagonal terhadap sudut batang horisontal yang digunakan yaitu  $70^\circ$  dan  $75^\circ$ .

#### 4.5.2 Pengujian Pendahuluan

Sebelum pengujian benda uji struktur rangka baja ruang segitiga, terlebih dahulu dilakukan uji pendahuluan pada bahan-bahan yang digunakan untuk membuat struktur rangka baja ruang segitiga yaitu meliputi pengujian kuat tarik baja dan pengujian kuat geser las

##### a. Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada pengujian kuat tarik baja, tegangan tarik baja dapat diketahui dengan membagi batas luluh awal dengan luas rata-rata dari luasan benda uji. Benda uji untuk kuat tarik baja seperti pada Gambar 4.10.

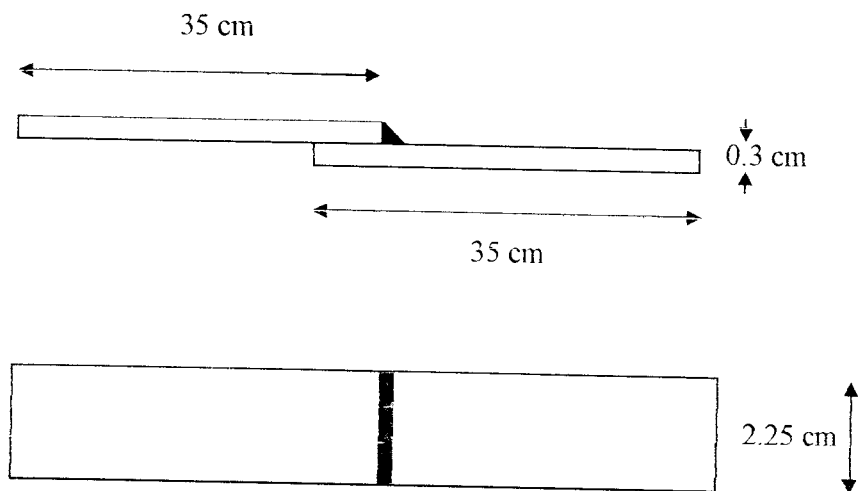


**Gambar 4.10** Benda uji untuk uji Kuat Tarik Baja

##### b. Pengujian Kuat Geser Las

Pengujian Kuat Geser Las untuk mengetahui kuat ultimit las listrik yang digunakan dalam pengelasan benda uji. Tegangan Ultimit las

dapat diketahui dengan membagi kuat tarik las dengan luas rata-rata dari luasan las benda uji. Benda uji untuk kuat geser las seperti pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Benda uji untuk uji Kuat Geser Las

#### 4.5.3 Setting Alat

Sebelum pengujian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan *setting* terhadap peralatan yang akan dipergunakan.

Dukungan sendi dan rol (Gambar 4.6) diletakkan pada *Loading Frame* (Gambar 4.3) pada posisi 1.5 meter dari pusat *Loading Frame*, yang dipergunakan untuk menumpu benda uji dengan panjang 3 meter.

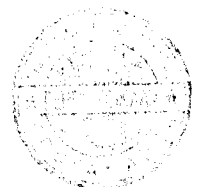
*Hidrolik Jack* (Gambar 4.4) diletakkan diatas balok sepanjang 2 meter yang berfungsi sebagai pembagi beban agar diperoleh dua pusat beban yang membebani benda uji.

*Dial Gauge* (Gambar 4.5) diletakkan dibawah benda uji seperti pada Gambar 4.12. *Dial Gauge* yang digunakan dalam penelitian ini enam buah, tiga buah diletakkan disisi kiri dan tiga buah disisi kanan pada benda uji.

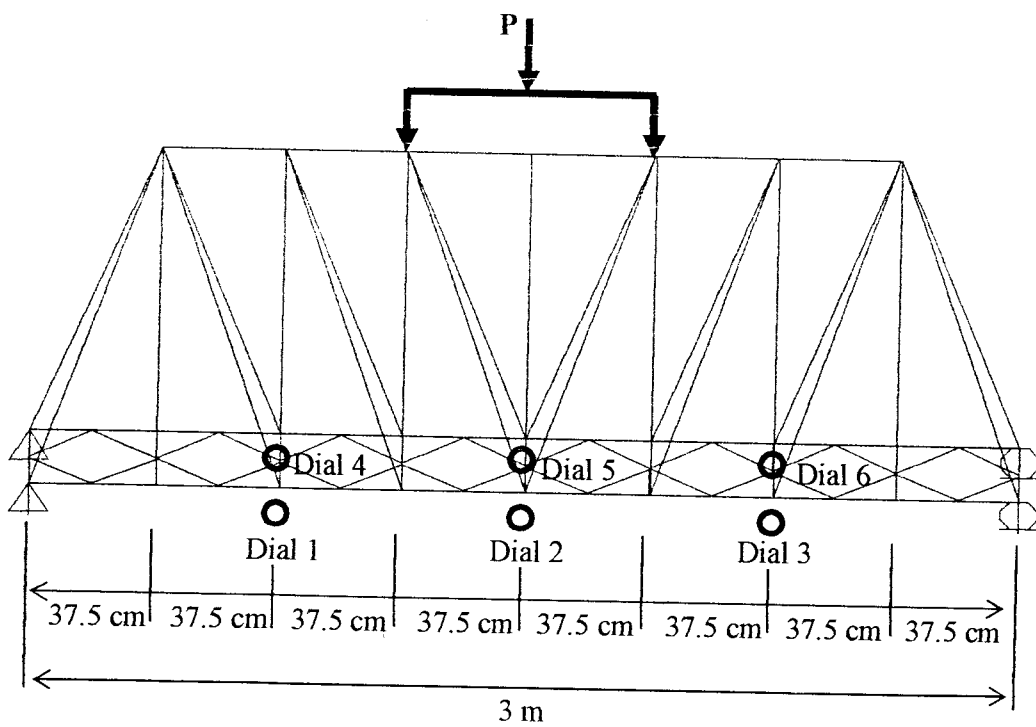
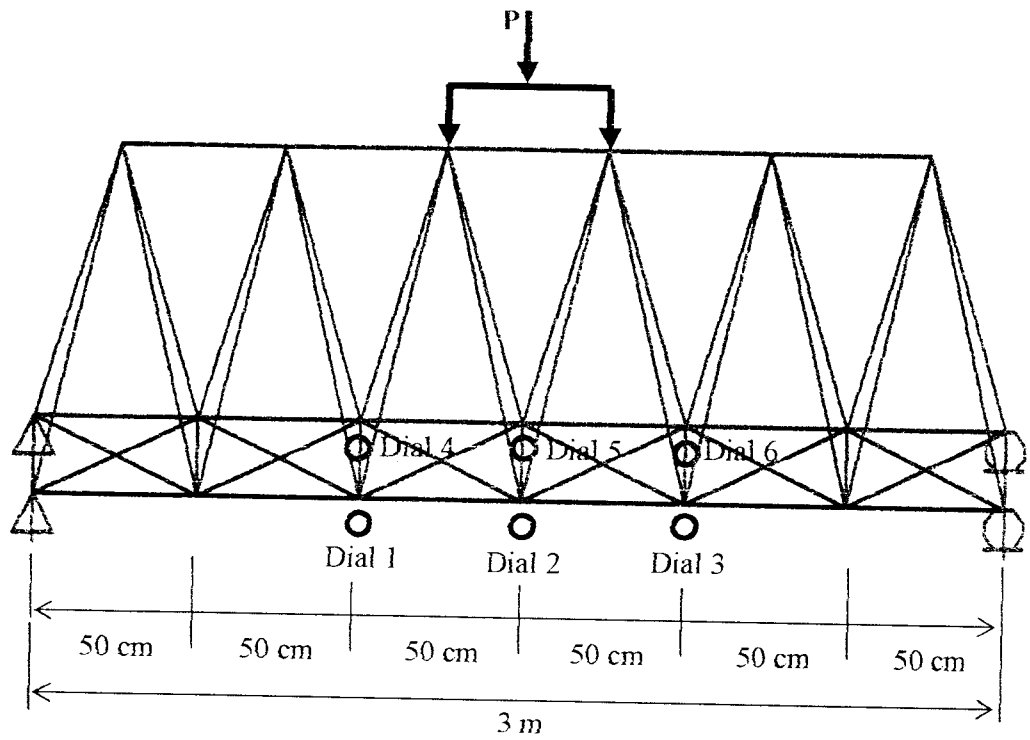
#### 4.5.4 Pengujian Benda Uji Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Benda uji yang sudah di *setting* siap diuji. *Hidraulik Jack* dipompa untuk mendapatkan beban bertahap yang dinaikkan secara berangsur-angsur dengan interval 3 KN, dimulai dari pembebanan 0 kN sampai dengan pembebanan maksimum.
2. Setiap pembebanan mencapai interval 3 KN, Pemompaan *Hidraulik Jack* dihentikan dan ditahan kemudian pembacaan dan pencatatan *Dial Gauge*.
3. Proses dilakukan sampai pembebanan maksimum, sehingga benda uji mengalami leleh sampai terjadi kerusakan pada benda uji.







**Gambar 4.12** Pembebanan dan letak *dial gauge* pada benda uji

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Hasil Uji Kuat Tarik Baja

Pelaksanaan Pengujian kuat tarik baja dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian kuat tarik baja dilakukan untuk mengetahui mutu dari bahan atau profil yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian kuat tarik baja ditunjukkan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian kuat tarik baja

Benda Uji	$F_y$ (Mpa)	$F_y$ rata-rata (Mpa)	$F_u$ (Mpa)	$F_u$ rata-rata (Mpa)
Benda Uji I	205	235.56	242	276.67
Benda Uji II	250		303	
Benda Uji III	251.67		285	

dipakai  $F_y = 240$  Mpa dan  $F_u = 280$  Mpa

#### 5.2 Hasil Uji Kuat Geser Las

Pelaksanaan Pengujian kuat geser las dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian geser las dilakukan untuk mengetahui kuat geser las, sehingga kekuatan sambungan dapat direncanakan. Hasil pengujian kuat geser las ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil uji geser las

Benda Uji	Tegangan Geser Las (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tegangan Geser Las Rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )
Benda Uji I	4023,25	4316,62
Benda Uji II	5217,67	
Benda Uji III	3708,94	

### 5.3 Pengujian Kuat Lentur Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga

Pelaksanaan pengujian kuat lentur Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga dilakukan di Laboratorium Struktur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian kuat lentur didapatkan data beban dan lendutan. Data tersebut dapat dipergunakan untuk membuat grafik hubungan beban dan lendutan yang diolah untuk memperoleh grafik hubungan momen dan kelengkungan.

### 5.4 Hubungan beban-lendutan hasil pengujian

#### a. Benda Uji I

Data hubungan beban dan lendutan yang terjadi dari hasil pengujian kuat lentur dibuat dalam bentuk Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3	0.25	0.44	0.40	0.00	0.25	0.23
3	6	0.60	0.87	0.85	0.00	0.652	0.61
4	9	0.92	1.28	1.27	0.20	0.999	0.91
5	12	1.09	1.50	1.49	0.29	1.20	1.07
6	15	1.44	1.96	1.93	0.39	1.59	1.44
7	18	1.61	2.21	2.15	0.46	1.83	1.62

No.	Beban ( KN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
8	21	1.89	2.54	2.48	0.59	2.15	1.94
9	24	2.18	2.93	2.83	1.32	2.52	2.28
10	27	2.37	3.18	3.05	1.35	2.74	2.49
11	30	2.57	3.44	3.28	1.46	2.98	2.73
12	33	2.90	3.84	3.65	1.53	3.36	3.12
13	36	3.16	4.17	3.94	1.53	3.71	3.43
14	39	3.40	4.46	4.21	1.53	3.99	3.72
15	42	3.71	4.86	4.57	1.53	4.38	4.09
16	45	3.93	5.10	4.82	1.53	4.68	4.38
17	48	4.11	5.15	4.82	1.58	4.78	4.40
18	51	4.16	5.47	5.10	1.88	5.10	4.70
19	54	4.45	5.84	5.42	2.23	5.552	5.10
20	57	4.81	6.32	5.83	2.68	6.02	5.60
21	60	4.88	6.44	5.99	2.81	6.21	5.76
22	63	5.11	6.72	6.18	3.10	6.68	6.10
23	66	5.46	7.16	6.57	3.56	7.28	6.66
24	69	5.65	7.43	6.8	3.85	7.72	6.98
25	66	5.3	7.66	6.91	4.56	7.23	7.30
26	66	6.06	8.01	7.18	4.36	7.58	7.42
27	66	6.36	8.43	7.50	4.68	7.98	7.75
28	69	6.70	8.80	7.81	5.02	8.42	8.00
29	69	6.95	9.23	8.10	5.45	9.00	8.50
30	69	6.95	9.26	8.10	5.51	9.20	8.55
31	69	7.23	9.74	8.45	5.91	9.71	9.98

Hasil pengujian kuat lentur berupa lendutan yang terdiri dari enam buah titik pencatatan dari dial gauge akan dibuat menjadi tiga buah titik dengan menggabungkan lendutan yang terjadi pada posisi dial gauge yang sama kemudian dibuat rata-ratanya, seperti pada Tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata Hasil pengujian

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)		
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6
1	0	0.00	0.00	0.00
2	3	0.13	0.35	0.32
3	6	0.30	0.76	0.73
4	9	0.56	1.14	1.09
5	12	0.69	1.35	1.28

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)		
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6
6	15	0.92	1.78	1.69
7	18	1.04	2.02	1.89
8	21	1.24	2.35	2.21
9	24	1.75	2.73	2.56
10	27	1.86	2.96	2.77
11	30	2.02	3.21	3.005
12	33	2.22	3.60	3.38
13	36	2.35	3.94	3.69
14	39	2.47	4.23	3.97
15	42	2.62	4.62	4.33
16	45	2.73	4.89	4.60
17	48	2.85	4.96	4.61
18	51	3.02	5.29	4.90
19	54	3.34	5.69	5.26
20	57	3.75	6.17	5.72
21	60	3.84	6.33	5.87
22	63	4.11	6.70	6.14
23	66	4.51	7.22	6.61
24	69	4.75	7.57	6.89
25	66	4.93	7.44	7.10
26	66	5.21	7.79	7.30
27	66	5.52	8.20	7.62
28	69	5.86	8.61	7.90
29	69	6.20	9.11	8.30
30	69	6.23	9.23	8.32
31	69	6.57	9.72	9.21

b. Benda Uji II

Data hubungan beban dan lendutan yang terjadi dari hasil pengujian kuat lentur dibuat dalam bentuk Tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian

No.	Beban ( KN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08
3	6	0.00	0.01	0.00	0.40	0.60	0.58

No.	Beban		Lendutan (mm)					
	( KN )	dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6	
4	9	0.24	0.33	0.35	0.8	1.01	1.05	
5	12	0.38	0.51	0.51	1.05	1.35	1.3	
6	15	0.57	0.73	0.74	1.35	1.71	1.63	
7	18	0.82	1.02	1.01	1.75	2.19	2.05	
8	21	0.96	1.18	1.14	2.02	2.42	2.25	
9	24	1.38	1.64	1.58	2.37	3.03	2.75	
10	27	1.62	1.88	1.82	2.62	3.33	3.00	
11	30	1.87	2.14	2.08	2.85	3.61	3.22	
12	33	2.12	2.41	2.34	3.05	3.85	3.40	
13	36	2.47	2.83	2.75	3.37	4.24	3.72	
14	39	2.66	3.04	2.95	3.52	4.44	3.90	
15	42	3.02	3.42	3.32	3.80	4.81	4.28	
16	45	3.23	3.65	3.52	3.97	4.99	4.3	
17	48	3.46	3.89	3.80	4.12	5.2	4.48	
18	51	3.95	4.44	4.25	4.5	5.65	4.82	
19	54	4.30	4.80	4.62	4.77	5.99	5.00	
20	57	4.64	5.16	5.02	5.07	6.36	5.35	
21	60	4.89	5.41	5.24	5.25	6.59	5.54	
22	63	5.12	5.64	5.46	5.40	6.82	5.70	
23	66	5.54	6.05	5.92	5.70	7.16	5.95	
24	63	5.95	6.21	6.55	5.70	7.53	6.05	
25	57	6.10	6.20	6.55	5.95	7.70	6.10	
26	57	6.62	6.28	6.82	6.67	8.20	6.40	
27	57	6.24	6.77	7.27	7.27	8.80	6.82	
28	60	6.71	7.16	7.61	7.75	9.21	7.11	
29	60	7.20	7.57	7.94	8.25	9.69	7.42	
30	60	7.70	7.98	8.27	8.75	10.12	7.75	
31	60	8.05	8.28	8.58	9.02	10.41	7.98	
32	57	8.10	8.38	8.65	9.02	10.49	8.12	
33	57	8.24	8.68	8.97	9.22	10.75	8.45	
34	54	8.50	9.09	9.40	9.50	11.13	8.90	
35	54	8.85	9.63	9.95	9.87	11.6	9.43	
36	54	9.22	10.20	10.50	10.25	12.10	10.00	
37	54	9.68	10.80	11.12	10.27	12.64	10.62	
38	54	10.2	11.43	11.81	11.25	13.26	11.30	
39	54	10.78	12.13	12.56	11.77	13.91	12.00	
40	52	11.55	13.08	13.61	12.5	14.8	13.05	
41	51	12.30	14.42	14.14	13.27	15.89	14.50	

Hasil pengujian kuat lentur berupa lendutan yang terdiri dari enam buah titik pencatatan dari dial gauge akan dibuat menjadi tiga buah titik dengan menggabungkan lendutan yang terjadi pada posisi dial gauge yang sama kemudian dibuat rata-ratanya, seperti pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata Hasil pengujian

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)		
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6
1	0	0.00	0.00	0.00
2	3	0.00	0.04	0.04
3	6	0.20	0.31	0.29
4	9	0.52	0.67	0.7
5	12	0.72	0.93	0.90
6	15	0.96	1.22	1.18
7	18	1.28	1.60	1.53
8	21	1.49	1.80	1.69
9	24	1.87	2.33	2.16
10	27	2.12	2.60	2.41
11	30	2.36	2.87	2.65
12	33	2.58	3.13	2.87
13	36	2.92	3.53	3.23
14	39	3.09	3.74	3.42
15	42	3.41	4.12	3.80
16	45	3.60	4.32	3.91
17	48	3.79	4.54	4.14
18	51	4.22	5.04	4.53
19	54	4.53	5.39	4.81
20	57	4.85	5.76	5.18
21	60	5.07	6.00	5.39
22	63	5.26	6.23	5.58
23	66	5.62	6.60	5.93
24	63	5.82	6.87	6.30
25	57	6.02	6.95	6.32
26	57	6.64	7.24	6.61
27	57	6.75	7.78	7.04
28	60	7.23	8.18	7.36
29	60	7.72	8.63	7.68
30	60	8.22	9.05	8.01
31	60	8.53	9.34	8.28
32	57	8.56	9.43	8.38

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)		
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6
33	57	8.73	9.71	8.71
34	54	9.00	10.11	9.15
35	54	9.36	10.61	9.69
36	54	9.73	11.15	10.25
37	54	9.97	11.72	10.87
38	54	10.72	12.34	11.55
39	54	11.27	13.02	12.28
40	52	12.02	13.94	13.33
41	51	12.78	15.15	14.32

c. Benda Uji III

Data hubungan beban dan lendutan yang terjadi dari hasil pengujian kuat lentur dibuat dalam bentuk Tabel 5.7.

**Tabel 5.7** Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian

No.	Beban ( KN )	Lendutan (mm)					
		Dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3	0.02	0.10	0.11	0.05	0.00	0.00
3	6	0.31	0.69	0.55	0.36	0.61	0.29
4	9	0.46	1.00	0.77	0.57	0.98	0.53
5	12	0.60	1.29	0.97	0.77	1.32	0.72
6	15	0.82	1.72	1.26	1.02	1.79	0.99
7	18	0.93	1.94	1.40	1.15	2.01	1.14
8	21	1.10	2.28	1.63	1.32	2.37	1.31
9	24	1.24	2.55	1.82	1.47	2.62	1.44
10	27	1.41	2.90	2.04	1.62	2.95	1.60
11	30	1.58	3.26	2.26	1.80	3.25	1.75
12	33	1.78	3.68	2.54	1.97	3.67	1.90
13	36	1.94	4.00	2.73	2.10	3.92	2.02
14	39	2.11	4.38	2.97	2.27	4.27	2.16
15	42	2.31	4.84	3.25	2.45	4.71	2.31
16	45	2.41	5.08	3.40	2.55	4.88	2.38
17	48	2.57	5.44	3.62	2.72	5.2	2.50
18	51	2.78	5.89	3.88	2.90	5.61	2.66
19	54	2.95	6.26	4.06	3.05	5.96	2.80
20	57	3.10	6.61	4.24	3.15	6.22	2.92



No.	Beban ( KN )	Lendutan (mm)					
		Dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
21	60	3.36	7.12	4.50	3.35	6.71	3.10
22	63	3.56	7.54	4.70	3.50	7.06	3.22
23	66	3.80	8.11	4.96	3.70	7.60	3.38
24	69	4.06	8.74	5.22	3.90	8.10	3.54
25	72	4.33	9.45	5.45	4.07	8.65	3.64
26	63	4.71	10.45	5.50	4.27	9.17	3.75
27	63	5.06	10.71	5.49	4.35	9.45	3.75
28	63	5.30	11.04	5.62	4.57	9.60	3.81
29	63	5.55	11.51	5.84	4.80	9.95	4.00
30	66	5.82	12.12	6.13	5.05	10.41	4.20
31	66	6.01	12.84	6.48	5.25	10.95	4.42
32	66	6.15	13.75	6.83	5.42	11.50	4.70
33	64	6.18	15.04	7.20	5.50	12.08	5.00
34	64	5.80	16.40	7.80	5.50	13.36	5.56
35	63	5.45	16.87	8.45	5.50	14.74	6.20
36	63	5.33	19.21	9.05	5.50	15.81	6.74
37	63	5.40	20.54	9.45	5.50	16.71	7.14
38	63	5.62	21.98	9.70	5.60	17.48	7.40
39	63	5.89	23.56	9.96	5.80	18.23	7.68
40	63	6.17	25.12	10.29	5.95	19.00	7.95
41	63	6.45	26.71	10.62	6.10	20.72	8.15
42	63	6.70	28.42	10.96	6.30	20.35	8.30

Hasil pengujian kuat lentur berupa lendutan yang terdiri dari enam buah titik pencatatan dari dial gauge akan dibuat menjadi tiga buah titik dengan menggabungkan lendutan yang terjadi pada posisi dial gauge yang sama kemudian dibuat rata-ratanya, seperti pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata Hasil pengujian

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)		
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6
1	0	0.00	0.00	0.00
2	3	0.03	0.05	0.05
3	6	0.33	0.65	0.42
4	9	0.51	0.99	0.65
5	12	0.68	1.30	0.84

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)		
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6
6	15	0.92	1.75	1.13
7	18	1.04	1.97	1.27
8	21	1.21	2.32	1.47
9	24	1.35	2.58	1.63
10	27	1.51	2.92	1.82
11	30	1.69	3.25	2.01
12	33	1.87	3.67	2.22
13	36	2.02	3.96	2.37
14	39	2.19	4.32	2.56
15	42	2.38	4.77	2.78
16	45	2.48	4.98	2.89
17	48	2.64	5.32	3.06
18	51	2.84	5.75	3.27
19	54	3.00	6.11	3.43
20	57	3.12	6.41	3.58
21	60	3.35	6.91	3.80
22	63	3.53	7.30	3.96
23	66	3.75	7.85	4.17
24	69	3.98	8.42	4.38
25	72	4.20	9.05	4.54
26	63	4.49	9.81	4.62
27	63	4.70	10.08	4.62
28	63	4.93	10.32	4.71
29	63	5.17	10.73	4.92
30	66	5.43	11.26	5.16
31	66	5.63	11.89	5.45
32	66	5.78	12.62	5.76
33	64	5.84	13.56	6.10
34	64	5.65	14.88	6.68
35	63	5.47	15.80	7.32
36	63	5.41	17.51	7.89
37	63	5.45	18.62	8.29
38	63	5.61	19.73	8.55
39	63	5.84	20.89	8.82
40	63	6.06	22.06	9.12
41	63	6.27	23.71	9.38
42	63	6.50	24.385	9.63

## d. Benda Uji IV

Data hubungan beban dan lendutan yang terjadi dari hasil pengujian kuat lentur dibuat dalam bentuk Tabel 5.9.

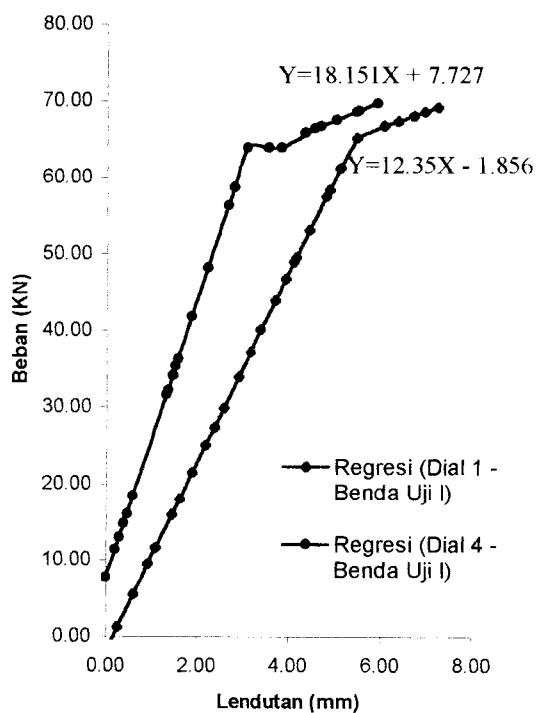
**Tabel 5.9** Hubungan Beban-Lendutan Hasil Pengujian

No.	Beban ( KN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00
3	6	0.40	1.46	0.56	0.00	0.63	0.33
4	9	0.85	2.07	0.95	0.32	1.20	0.60
5	12	1.15	2.47	1.15	0.60	1.59	0.79
6	15	1.43	2.88	1.38	0.85	2.00	0.99
7	18	1.68	3.26	1.54	1.10	2.38	1.18
8	21	1.90	3.67	1.80	1.37	2.78	1.36
9	24	2.10	4.04	2.00	1.62	3.16	1.54
10	27	2.35	4.51	2.24	1.92	3.62	1.75
11	30	2.62	5.01	2.50	2.25	4.13	1.98
12	33	2.83	5.44	2.67	2.47	4.49	2.15
13	36	3.06	5.82	2.88	2.75	4.92	2.35
14	39	3.28	6.26	3.08	3.00	5.35	2.53
15	42	3.51	6.70	3.28	3.25	5.78	2.70
16	45	3.74	6.18	3.47	3.42	6.20	2.89
17	48	3.94	6.58	3.65	3.58	6.56	3.02
18	51	4.18	7.08	3.89	3.78	7.02	3.22
19	54	4.34	7.41	4.03	3.90	7.32	3.35
20	57	4.63	8.11	4.33	4.15	7.93	3.60
21	60	4.82	8.60	4.55	4.32	8.36	3.77
22	63	4.98	9.38	4.88	4.55	9.01	4.05
23	54	4.92	11.68	4.50	4.50	10.32	4.65
24	54	5.40	11.78	5.05	4.62	11.45	5.15
25	51	5.48	13.95	5.59	4.86	12.60	5.70
26	54	5.85	14.69	5.93	5.12	13.32	6.05
27	54	6.18	15.41	6.26	5.25	14.00	6.40
28	54	6.98	16.70	6.83	5.60	14.12	6.98
29	48	6.96	18.36	7.82	5.60	17.00	7.95
30	48	6.98	19.61	8.50	5.60	18.33	8.60

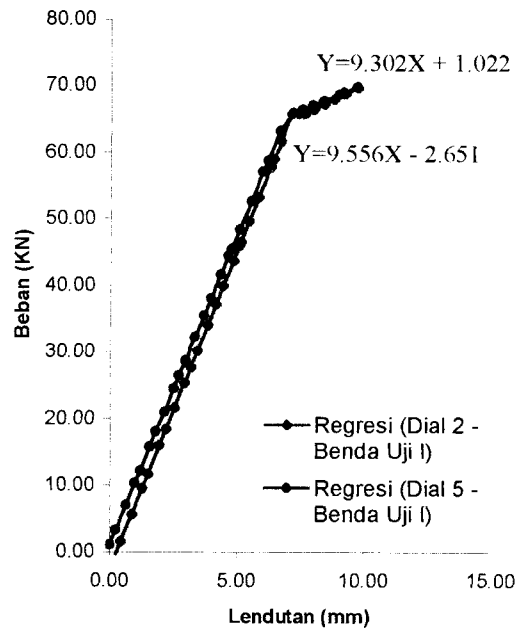
### 5.5 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan

Data hubungan beban dan lendutan yang terjadi pada hasil pengujian kuat lentur seperti terlihat pada Tabel 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 dan 5.10, kemudian dibuat grafik hubungan beban-lendutan seperti pada gambar dibawah ini.

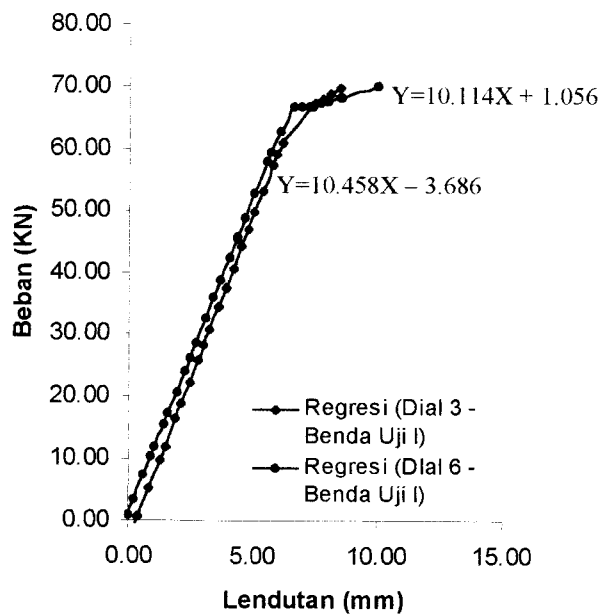
#### a. Benda Uji I



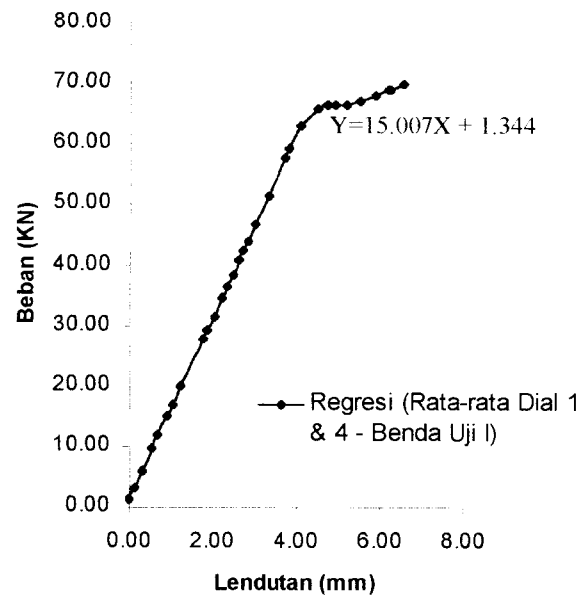
**Gambar 5.1** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



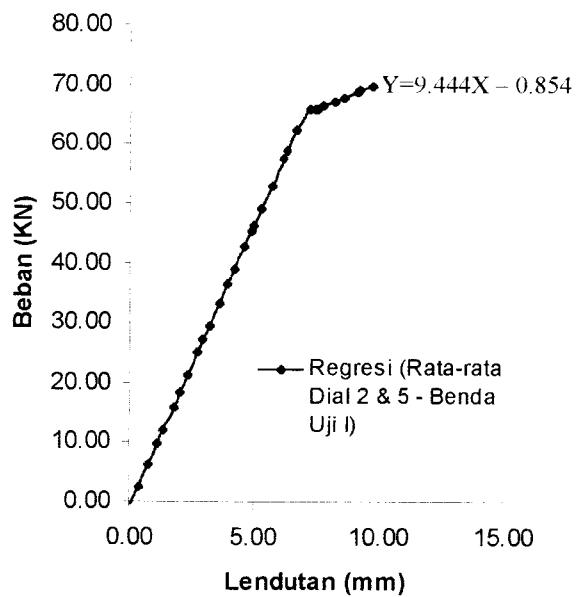
**Gambar 5.2** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



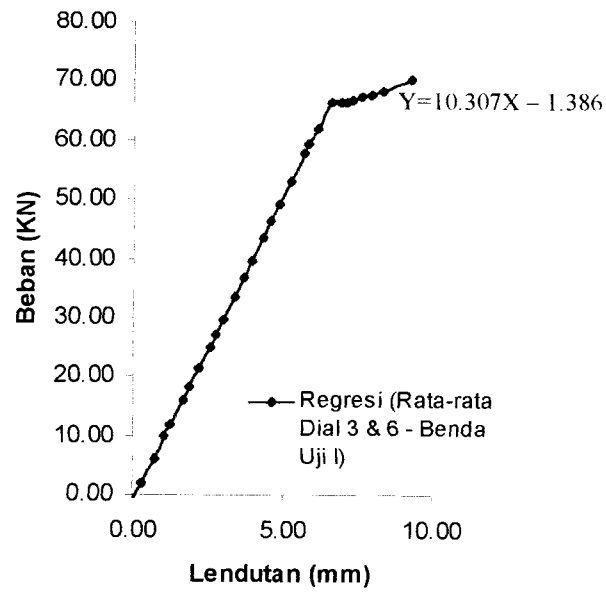
**Gambar 5.3** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6



**Gambar 5.4** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4

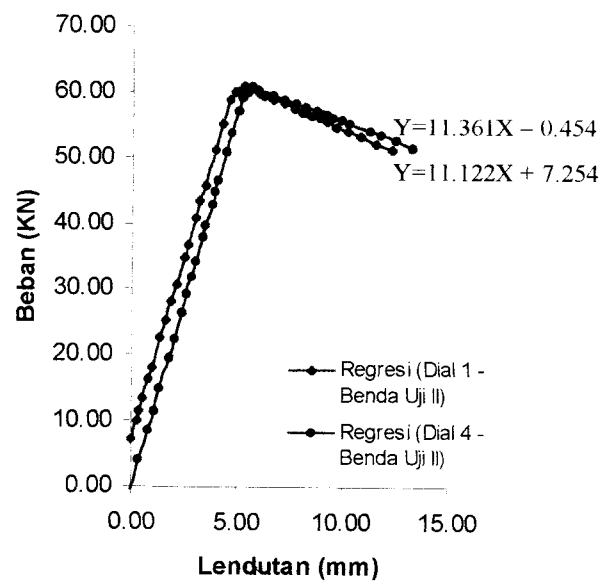


**Gambar 5.5** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

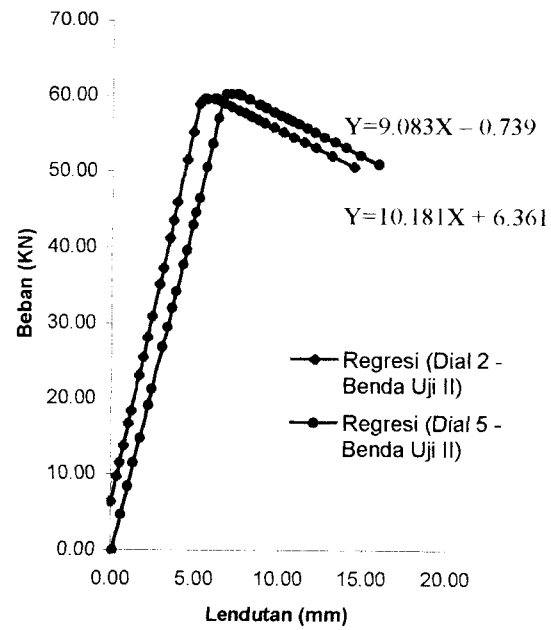


**Gambar 5.6** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

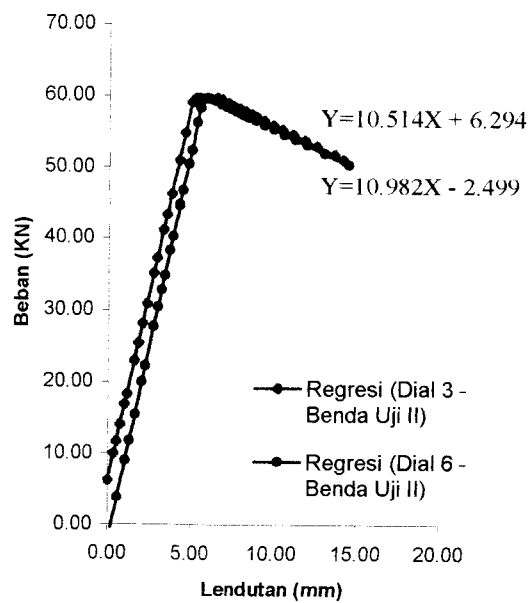
b. Benda Uji II



**Gambar 5.7** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4

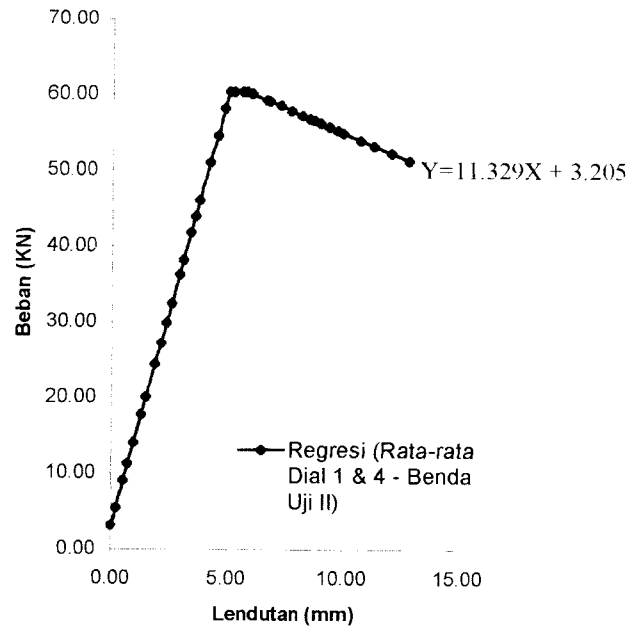


**Gambar 5.8** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

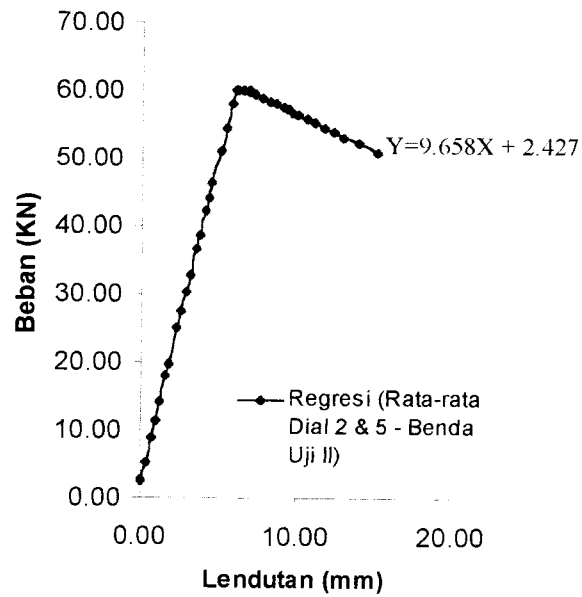


**Gambar 5.9** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

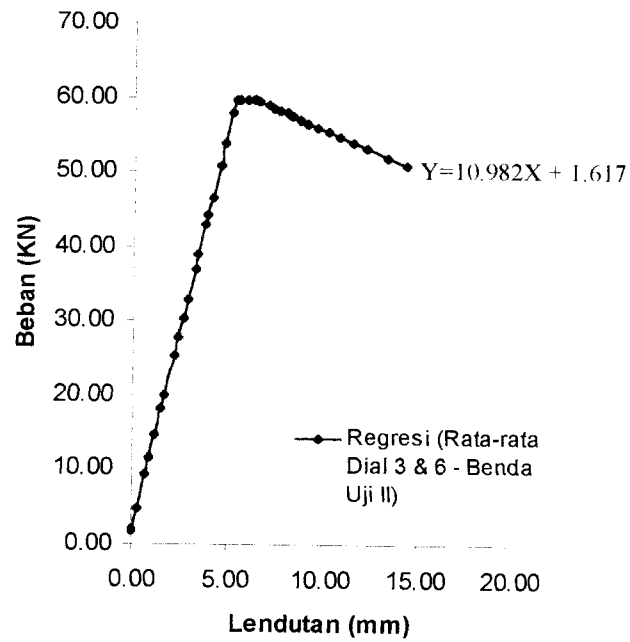




**Gambar 5.10** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4

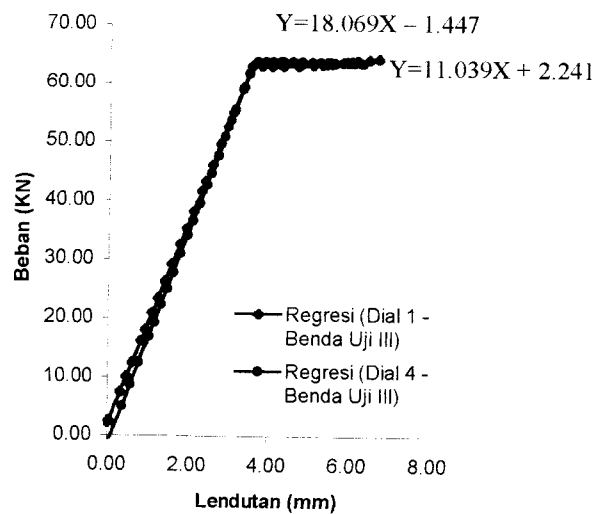


**Gambar 5.11** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

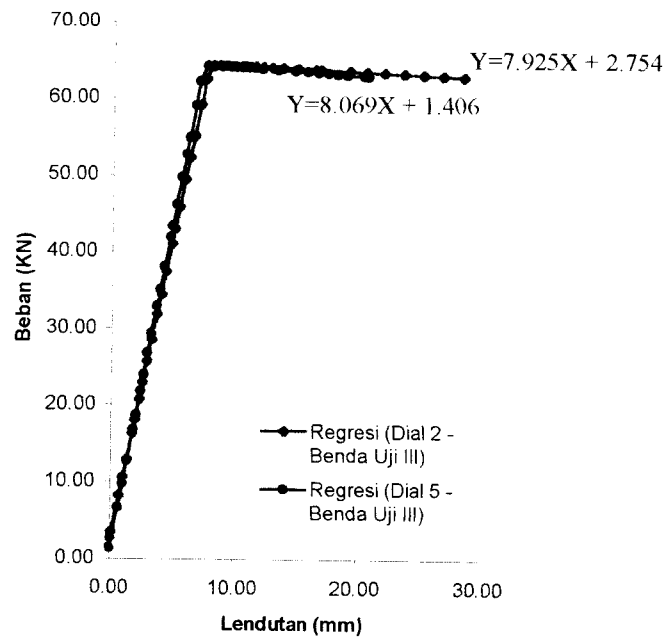


**Gambar 5.12** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

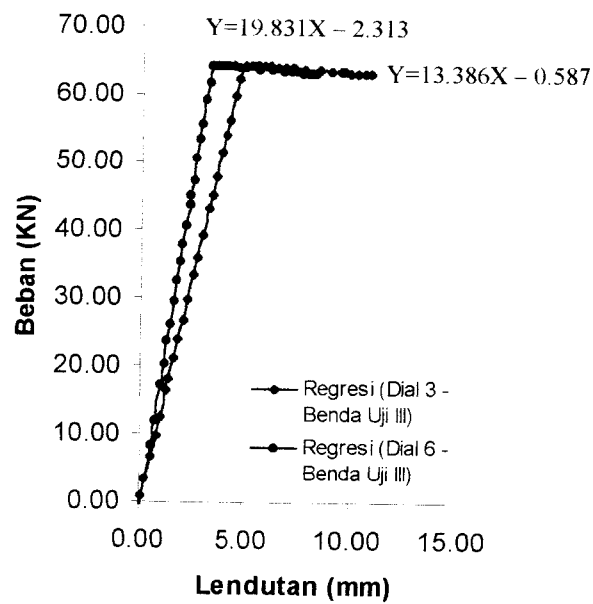
c. Benda Uji III



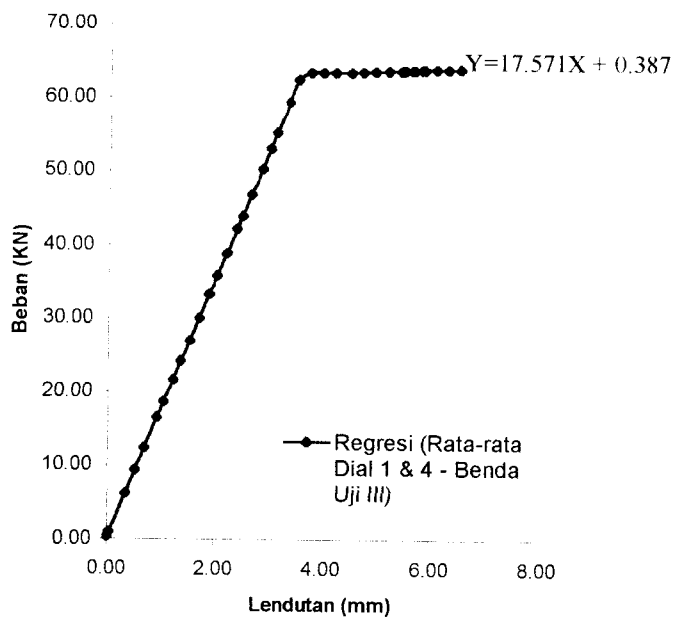
**Gambar 5.13** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



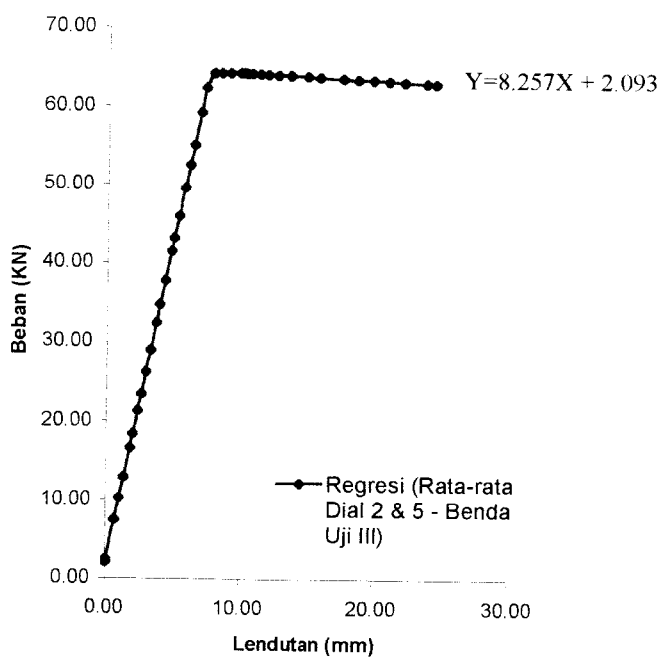
**Gambar 5.14** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



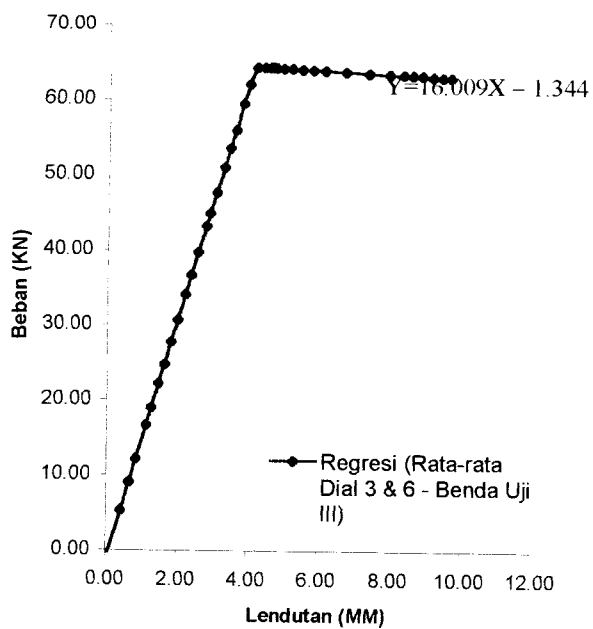
**Gambar 5.15** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6



**Gambar 5.16** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4

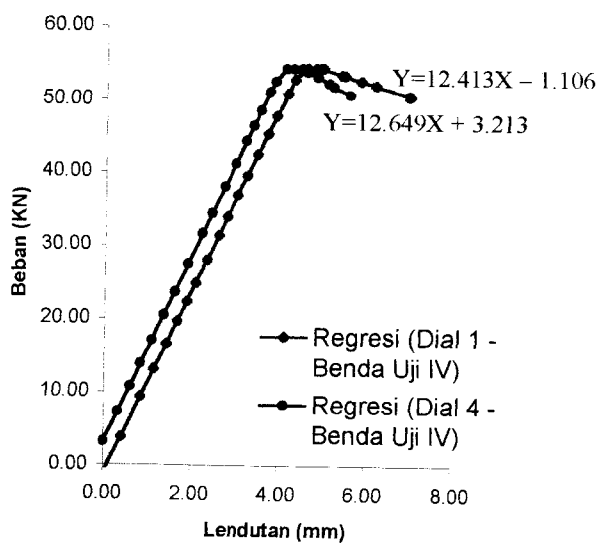


**Gambar 5.17** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

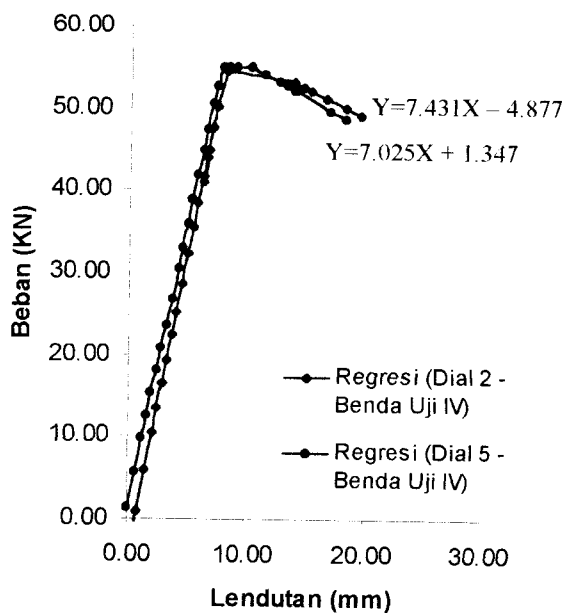


**Gambar 5.18** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

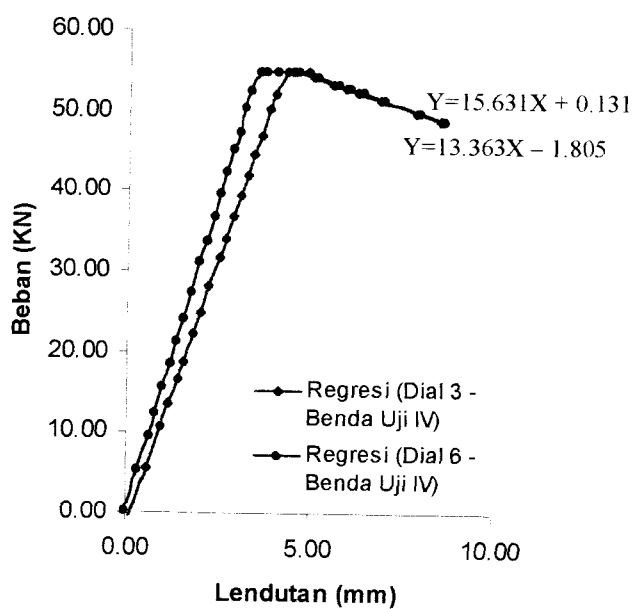
d. Benda Uji IV



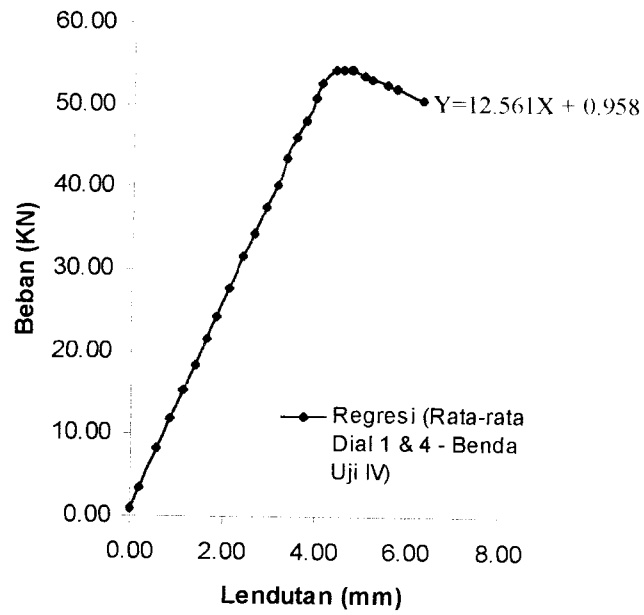
**Gambar 5.19** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



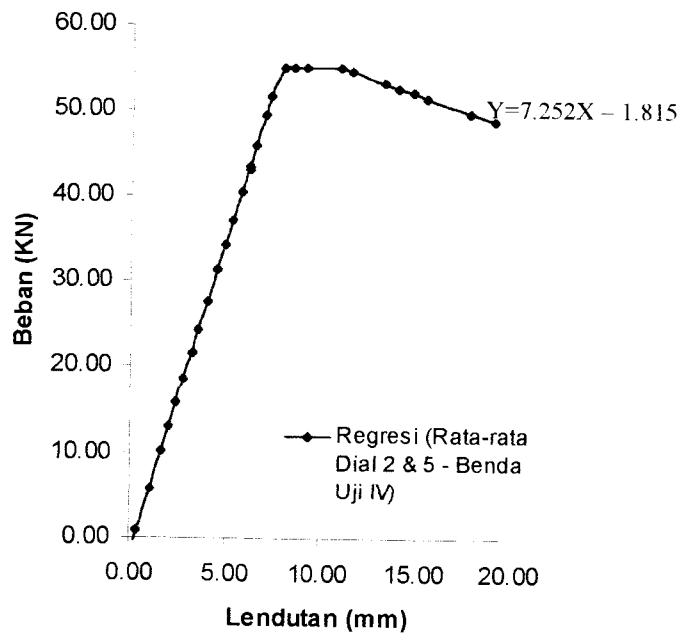
**Gambar 5.20** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



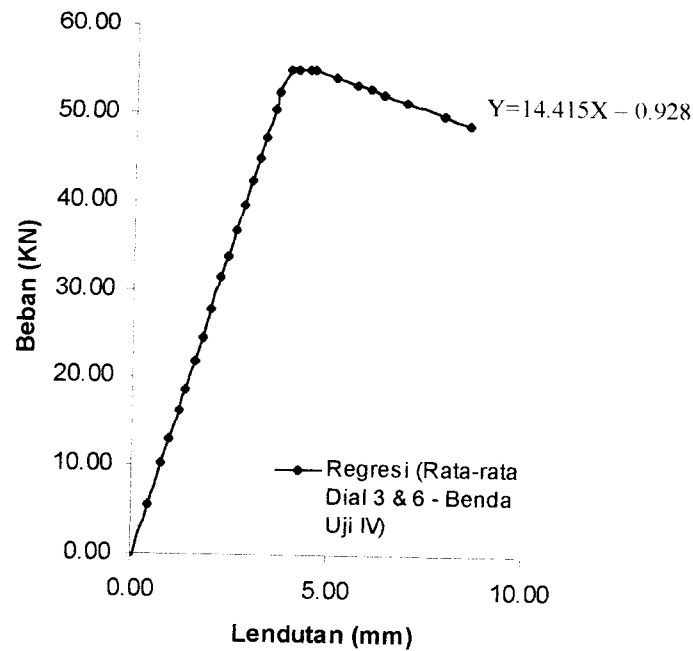
**Gambar 5.21** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6



**Gambar 5.22** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



**Gambar 5.23** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



**Gambar 5.24** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

### 5.6 Hubungan Momen dan Kelengkungan

Hubungan Momen ( $M$ ) dan Kelengkungan ( $\phi$ ) dapat dicari setelah data hubungan Beban ( $P$ ) dan Lendutan ( $\Delta$ ) didapatkan dari hasil pengujian kuat lentur Struktur Rangka Baja Ruang Segitiga.

Contoh perhitungan mencari momen dan kelengkungan :

Data yang digunakan adalah pembebanan 69 kN pada benda uji I. Lendutan yang dipakai adalah lendutan rata-rata dengan nilai dial gauge 1 ( $y_{i+1}$ ) = 0.0657 mm, dial gauge 2 ( $y_i$ ) = 0.09725 mm dan dial gauge 3 ( $y_{i-1}$ ) = 0.09215 mm dengan jarak antar dial ( $\Delta x$ ) =  $\frac{1}{2}$  m. Dengan menggunakan persamaan 3.41, maka besarnya kelengkungan dapat dihitung.



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

$$\Phi = \frac{0.0657 - (2 \times 0.09725) + 0.09215}{(50)^2} = 1.466 \left(\frac{1}{m}\right)$$

Momen dapat dicari dengan menggunakan persamaan 3.28.

$$M = \frac{5}{24} \times P \times L$$

$$M = \frac{5}{24} \times 9 \times 3 = 5.63 \text{ KNm}$$

Dari contoh perhitungan dapat diperlihatkan data hubungan momen dan kelengkungan seperti pada Tabel 5.11, 5.12, 5.13 dan 5.14.

a. Benda Uji I

**Tabel 5.11** Hubungan Momen-Kelengkungan

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	3	0.12	0.34	0.31	1.88	0.0010
3	6	0.30	0.76	0.73	3.75	0.0020
4	9	0.56	1.13	1.09	5.63	0.0025
5	12	0.69	1.35	1.28	7.50	0.0029
6	15	0.91	1.77	1.68	9.38	0.0038
7	18	1.03	2.02	1.88	11.25	0.0045
8	21	1.24	2.35	2.21	13.13	0.0050
9	24	1.75	2.73	2.55	15.00	0.0046
10	27	1.86	2.96	2.77	16.88	0.0052
11	30	2.01	3.21	3.00	18.75	0.0056
12	33	2.21	3.60	3.38	20.63	0.0064
13	36	2.34	3.94	3.68	22.50	0.0074
14	39	2.46	4.22	3.96	24.38	0.0081
15	42	2.62	4.62	4.33	26.25	0.0092
16	45	2.73	4.89	4.60	28.13	0.0098
17	48	2.84	4.96	4.61	30.00	0.0099
18	51	3.02	5.28	4.90	31.88	0.0106
19	54	3.34	5.69	5.26	33.75	0.0112

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
20	57	3.74	6.17	5.71	35.63	0.0115
21	60	3.84	6.32	5.87	37.50	0.0117
22	63	4.10	6.70	6.14	39.38	0.0126
23	66	4.51	7.22	6.61	41.25	0.0133
24	69	4.75	7.57	6.89	43.13	0.0140
25	66	4.93	7.44	7.10	41.25	0.0114
26	66	5.21	7.79	7.30	41.25	0.0123
27	66	5.52	8.20	7.62	41.25	0.0131
28	69	5.86	8.61	7.90	43.13	0.0138
29	69	6.20	9.11	8.30	43.13	0.0149
30	69	6.23	9.23	8.32	43.13	0.0156
31	69	6.57	9.72	9.21	43.13	0.0147

b. Benda Uji II

Tabel 5.12 Hubungan Momen-Kelengkungan

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	3	0.00	0.04	0.04	1.88	0.0020
3	6	0.20	0.30	0.29	3.75	0.0015
4	9	0.52	0.67	0.70	5.63	0.0008
5	12	0.71	0.93	0.90	7.50	0.0004
6	15	0.96	1.22	1.18	9.38	0.0002
7	18	1.28	1.60	1.53	11.25	0.0009
8	21	1.49	1.80	1.69	13.13	0.0013
9	24	1.87	2.33	2.16	15.00	0.0022
10	27	2.12	2.60	2.41	16.88	0.0027
11	30	2.36	2.87	2.65	18.75	0.0032
12	33	2.58	3.13	2.87	20.63	0.0037
13	36	2.92	3.53	3.23	22.50	0.0045
14	39	3.09	3.74	3.42	24.38	0.0048
15	42	3.41	4.11	3.80	26.25	0.0055
16	45	3.60	4.32	3.91	28.13	0.0059
17	48	3.79	4.54	4.14	30.00	0.0063
18	51	4.22	5.04	4.53	31.88	0.0073
19	54	4.53	5.39	4.81	33.75	0.0079

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
20	57	4.855	5.76	5.18	35.63	0.0086
21	60	5.07	6.00	5.39	37.50	0.0091
22	63	5.26	6.23	5.58	39.38	0.0095
23	66	5.62	6.60	5.93	41.25	0.0102
24	63	5.82	6.87	6.30	39.38	0.0107
25	57	6.02	6.95	6.32	35.63	0.0110
26	57	6.64	7.24	6.61	35.63	0.0119
27	57	6.75	7.78	7.04	35.63	0.0125
28	60	7.23	8.18	7.36	37.50	0.0134
29	60	7.72	8.63	7.68	37.50	0.0144
30	60	8.22	9.05	8.01	37.50	0.0153
31	60	8.53	9.34	8.28	37.50	0.0159
32	57	8.56	9.43	8.38	35.63	0.0160
33	57	8.73	9.71	8.71	35.63	0.0164
34	54	9.00	10.11	9.15	33.75	0.0171
35	54	9.36	10.61	9.69	33.75	0.0180
36	54	9.73	11.15	10.25	33.75	0.0189
37	54	9.97	11.72	10.87	33.75	0.0197
38	54	10.72	12.34	11.55	33.75	0.0211
39	54	11.27	13.02	12.28	33.75	0.0223
40	52	12.02	13.94	13.33	32.50	0.0240
41	51	12.78	15.15	14.32	31.88	0.0259

## c. Benda Uji III

Tabel 5.13 Hubungan Momen-Kelengkungan

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	3	0.03	0.05	0.05	1.69	0.0000
3	6	0.33	0.65	0.42	3.38	0.0010
4	9	0.51	0.99	0.65	5.06	0.0014
5	12	0.68	1.30	0.84	6.75	0.0019
6	15	0.92	1.75	1.12	8.44	0.0026
7	18	1.04	1.97	1.27	10.13	0.0029
8	21	1.21	2.32	1.47	11.81	0.0035
9	24	1.35	2.58	1.63	13.50	0.0039
10	27	1.51	2.92	1.82	15.19	0.0045
11	30	1.69	3.25	2.00	16.88	0.0050

No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
12	33	1.87	3.67	2.22	18.56	0.0058
13	36	2.02	3.96	2.37	20.25	0.0063
14	39	2.19	4.32	2.56	21.94	0.0069
15	42	2.38	4.77	2.78	23.63	0.0078
16	45	2.48	4.98	2.89	25.31	0.0082
17	48	2.64	5.32	3.06	27.00	0.0088
18	51	2.84	5.75	3.27	28.69	0.0096
19	54	3.00	6.11	3.43	30.38	0.0103
20	57	3.12	6.41	3.58	32.06	0.0109
21	60	3.35	6.91	3.80	33.75	0.0119
22	63	3.53	7.30	3.96	35.44	0.0126
23	66	3.75	7.85	4.17	37.13	0.0138
24	69	3.98	8.42	4.38	38.81	0.0151
25	72	4.20	9.05	4.54	40.50	0.0166
26	63	4.49	9.81	4.62	35.44	0.0187
27	63	4.70	10.08	4.62	35.44	0.0193
28	63	4.93	10.32	4.71	35.44	0.0195
29	63	5.17	10.73	4.92	35.44	0.0202
30	66	5.43	11.26	5.16	37.13	0.0212
31	66	5.63	11.89	5.45	37.13	0.0226
32	66	5.78	12.62	5.76	37.13	0.0244
33	64	5.84	13.56	6.10	36.00	0.0270
34	64	5.65	14.88	6.68	36.00	0.0310
35	63	5.47	15.80	7.32	35.44	0.0334
36	63	5.41	17.51	7.89	35.44	0.0386
37	63	5.45	18.62	8.29	35.44	0.0418
38	63	5.61	19.73	8.55	35.44	0.0450
39	63	5.84	20.89	8.82	35.44	0.0482
40	63	6.06	22.06	9.12	35.44	0.0514
41	63	6.27	23.71	9.38	35.44	0.0565
42	63	6.50	24.38	9.63	35.44	0.0580

d. Benda Uji IV

Tabel 5.14 Hubungan Momen-Kelengkungan

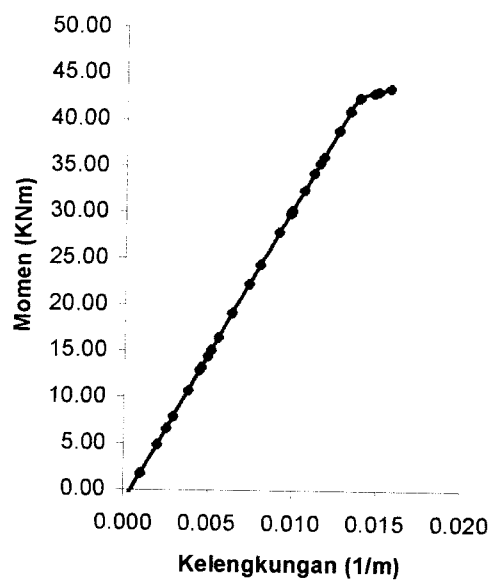
No.	Beban ( KN )	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	3	0.00	0.38	0.00	1.69	0.0014

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
3	6	0.20	1.04	0.44	3.38	0.0026
4	9	0.58	1.63	0.77	5.06	0.0034
5	12	0.87	2.03	0.97	6.75	0.0039
6	15	1.14	2.44	1.18	8.44	0.0045
7	18	1.39	2.82	1.36	10.13	0.0051
8	21	1.63	3.22	1.58	11.81	0.0058
9	24	1.86	3.60	1.77	13.50	0.0063
10	27	2.13	4.06	1.99	15.19	0.0071
11	30	2.43	4.57	2.24	16.88	0.0079
12	33	2.65	4.96	2.41	18.56	0.0087
13	36	2.90	5.37	2.61	20.25	0.0093
14	39	3.14	5.80	2.80	21.94	0.0101
15	42	3.38	6.24	2.99	23.63	0.0109
16	45	3.58	6.19	3.18	25.31	0.0100
17	48	3.76	6.57	3.33	27.00	0.0107
18	51	3.98	7.05	3.55	28.69	0.0117
19	54	4.12	7.36	3.69	30.38	0.0123
20	57	4.39	8.02	3.96	32.06	0.0137
21	60	4.57	8.48	4.16	33.75	0.0146
22	63	4.76	9.19	4.46	35.44	0.0163
23	54	4.71	11.00	4.57	30.38	0.0235
24	54	5.01	11.61	5.10	30.38	0.0253
25	51	5.17	13.27	5.64	28.69	0.0307
26	54	5.48	14.00	5.99	30.38	0.0329
27	54	5.71	14.70	6.33	30.38	0.0350
28	54	6.29	15.41	6.90	30.38	0.0367
29	48	6.28	17.68	7.88	27.00	0.0430
30	48	6.29	18.97	8.55	27.00	0.0464

### 5.7 Grafik Hubungan Momen dan Kelengkungan

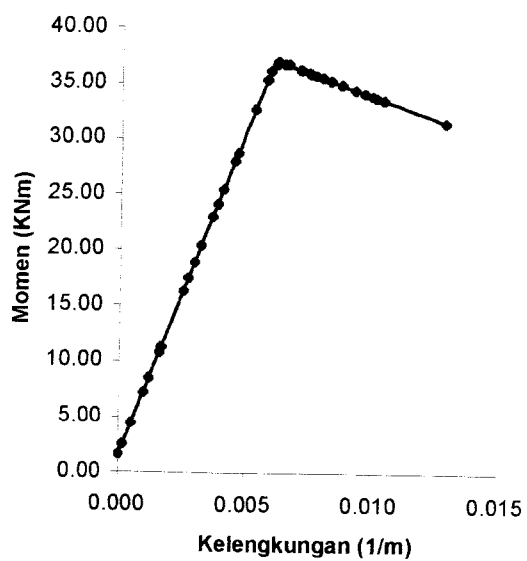
Hubungan Momen ( $M$ ) dan Kelengkungan ( $\Phi$ ) dapat dibuat grafik dengan memakai data dari Tabel 5.11, 5.12, 5.13 dan 5.14. Grafik hubungan Momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\Phi$ ) pada benda uji dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.

a. Benda Uji I



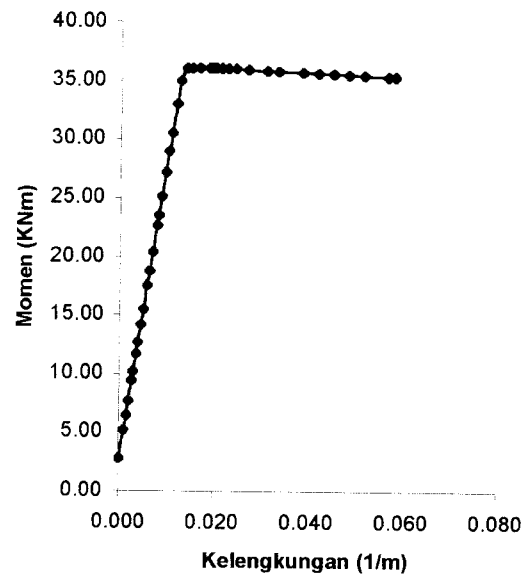
Gambar 5.25 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji I

b. Benda Uji II



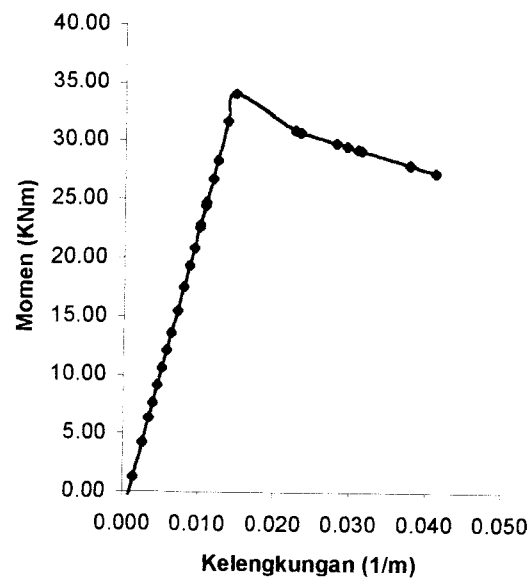
Gambar 5.26 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji II

c. Benda Uji III



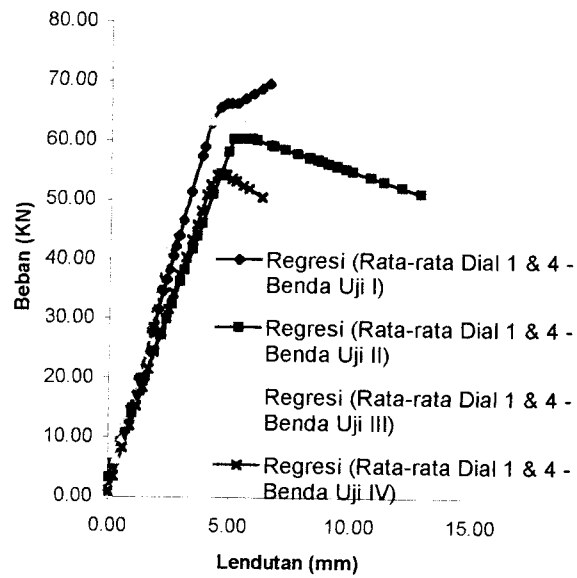
**Gambar 5.27** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji III

d. Benda Uji IV

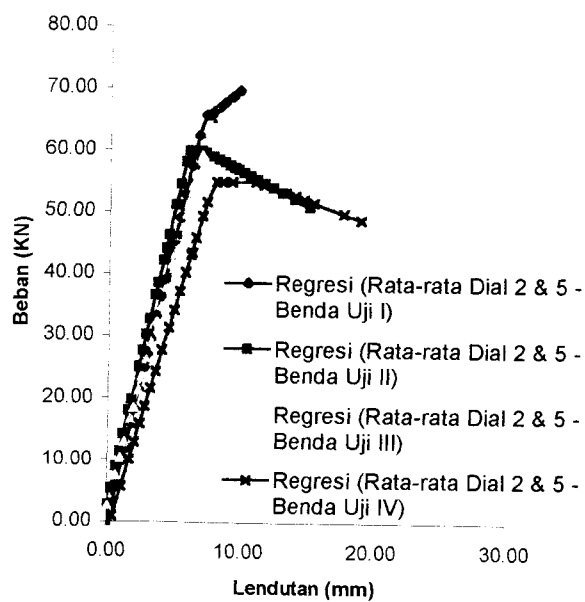


**Gambar 5.28** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji IV

### 5.8 Perbandingan Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata Benda Uji

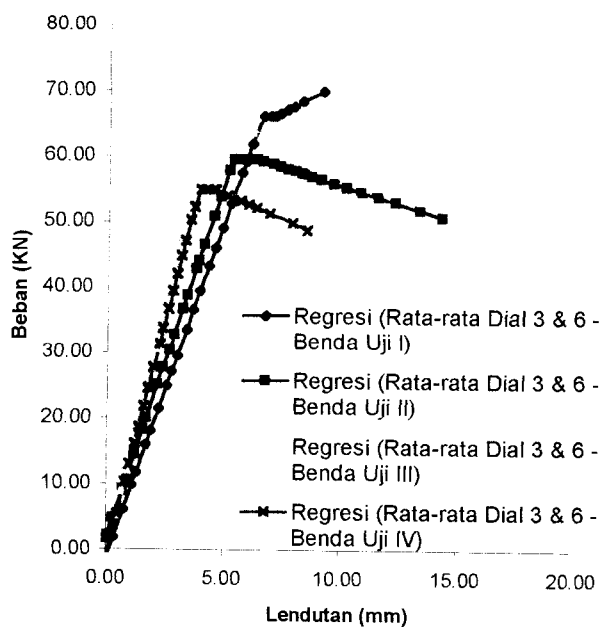


**Gambar 5.29** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata antara Benda Uji I sampai IV pada Dial Gauge 1 dan 4



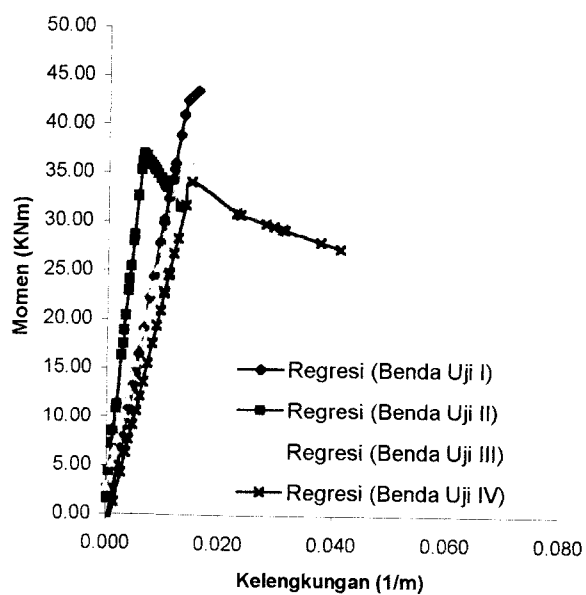
**Gambar 5.30** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata antara Benda Uji I sampai IV pada Dial Gauge 2 dan 5





**Gambar 5.31** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata antara Benda Uji I sampai IV pada Dial Gauge 3 dan 6

### 5.9 Perbandingan Hubungan Momen-Kelengkungan dari Benda Uji



**Gambar 5.32** Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan pada Benda Uji I sampai IV

### 5.10 Pembahasan Hasil Pengujian Kuat Lentur

Dari hasil pengujian kuat lentur struktur rangka batang ruang segitiga diperoleh hubungan beban-lendutan, struktur rangka batang ruang segitiga dengan perbedaan sudut antara batang diagonal dengan batang horizontal dengan sudut 70 dan 75 benda uji I dengan II dan benda uji III dengan IV mempunyai perilaku yang berbeda. Hal ini terlihat pada grafik hubungan beban-lendutan dari data hasil pengujian kuat lentur keempat benda uji di laboratorium, grafik yang ditunjukkan keempat benda uji menunjukkan pola grafik yang berbeda.

Dengan menggunakan persamaan 3.31 yang menyebutkan persamaan kekakuan ( $k$ )  $= \frac{P}{\Delta}$ , sehingga dari persamaan tersebut akan diketahui nilai kekakuan masing-masing benda uji 1 sampai 4 dapat dilihat pada tabel 5.15

**Tabel 5.15** Nilai Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) pada keempat benda uji pengujian laboratorium

Benda Uji	Beban (P) KN	Lendutan ( $\Delta$ ) (mm)	Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) KN/mm
Benada uji I	69	7.5	9.200
Benda Uji II	60	8.2	7.317
Benda Uji III	72	9.02	7.982
Benda Uji IV	63	9.2	6.739

**Tabel 5.16** Nilai Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) space frame pada keempat benda uji  
perhitungan SAP 2000

Benda Uji	Beban (P) KN	Lendutan ( $\Delta$ ) (mm)	Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) KN/mm
Benada uji I	57	3.9188	14.55
Benda Uji II	45	5.353	13.42
Benda Uji III	42	8.5486	4.913
Benda Uji IV	27	7.082	3.812

**Tabel 5.17** Nilai Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) space truss pada keempat benda uji  
perhitungan SAP 2000

Benda Uji	Beban (P) KN	Lendutan ( $\Delta$ ) (mm)	Kekakuan ( $\frac{P}{\Delta}$ ) KN/mm
Benada uji I	57	3.3194	17.17
Benda Uji II	54	3.3047	16.34
Benda Uji III	48	5.3682	8.94
Benda Uji IV	39	12.3360	3.16

Dari hasil hubungan beban lendutan yang terjadi, maka bisa dicari besarnya faktor kekakuan ( $EI$ ) dengan menggunakan hubungan momen ( $M$ ) dan kelengkungan ( $\phi$ ) berdasarkan persamaan 3.34 yaitu  $EI = \frac{M}{\phi}$

**Tabel 5.18** Nilai faktor kekakuan (EI) pada keempat benda uji pengujian laboratorium

Benda Uji	Momen (M) KN-m	Kelengkungan ( $\phi$ ) 1/m	Faktor kekakuan (EI) KN-m <sup>2</sup>
Benda Uji I	43,13	0.0140	3080.714
Benda Uji II	37.5	0.0134	2798.507
Benda Uji III	40.5	0.0166	2531.250
Benda Uji IV	33.75	0.0146	2311.644

**Tabel 5.19** Nilai faktor kekakuan (EI) space frame pada keempat benda uji perhitungan SAP 2000

Benda Uji	Momen (M) KN-m	Kelengkungan ( $\phi$ ) 1/m	Faktor kekakuan (EI) KN-m <sup>2</sup>
Benda Uji I	35.63	0.025	1425.20
Benda Uji II	28.13	0.038	740.26
Benda Uji III	20.25	0.017	1191.18
Benda Uji IV	15.19	0.012	1265.83

**Tabel 5.20** Nilai faktor kekakuan (EI) space truss pada keempat benda uji perhitungan SAP 2000

Benda Uji	Momen (M) KN-m	Kelengkungan ( $\phi$ ) 1/m	Faktor kekakuan (EI) KN-m <sup>2</sup>
Benda Uji I	35.63	0.025	1425.20

Benda Uji	Momen (M) KN-m	Kelengkungan ( $\phi$ ) 1/m	Faktor kekakuan (EI) KN-m <sup>2</sup>
Benda Uji II	33.75	0.038	888.15
Benda Uji III	27.00	0.018	1500.00
Benda Uji IV	21.94	0.024	953.91

Dari hasil hubungan beban-lendutan dan momen-kelengkungan, diketahui bahwa benda uji I sudut 70° dari segi kekakuan menunjukkan perilaku struktur yang lebih kaku dibandingkan dengan benda uji II sudut 75° dan benda uji III sudut 70° lebih kaku dibandingkan dengan benda uji IV sudut 75° .

**Tabel 5.21** Displacement Ductility ( $\mu_{\Delta}$ ) dan Curvature Ductility ( $\mu_{\phi}$ )  
pengujian laboratorium

Model benda Uji	$\Delta_y$ (mm)	$\Delta_t$ (mm)	$\mu_{\Delta}$ ( $\Delta_t / \Delta_y$ )	$\phi_y$ (1/m)	$\phi_t$ (1/m)	$\mu_{\phi}$ ( $\phi_t / \phi_y$ )
I	6.17	9.73	1.57	0.0115	0.0147	1.27
II	5.76	6.87	1.19	0.0086	0.0107	1.24
III	6.90	9.81	1.42	0.0119	0.0187	1.57
IV	6.57	8.48	1.29	0.0123	0.0146	1.18

Dari tabel 5.21, dapat diketahui bahwa benda uji I sudut 70° mempunyai sifat daktilitas yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji II sudut 75° begitu juga dengan benda uji III sudut 70° dengan benda uji IV sudut 75°, sehingga semakin kaku suatu struktur maka akan mempunyai nilai daktilitas simpangan

( $\mu_{\Delta}$ ) dan daktilitas kelengkungan ( $\mu_{\phi}$ ) yang semakin kecil, hal ini ditujukan pada benda uji II dan IV yang mempunyai sifat daktilitas yang lebih kecil dibandingkan dengan benda uji I dan III.

Kerusakan struktur terjadi pada batang tekan, hal ini disebabkan karena gaya aksial yang terjadi pada batang tersebut sudah melampaui tegangan leleh ( $\sigma_{leleh}$ ), sehingga mengakibatkan terjadinya tekuk (*buckling*) pada batang tersebut. Jenis keruntuhan tekuk pada kedua benda uji dapat digolongkan kedalam tekuk inelastis (*inelastic buckling*).

Karena gaya batang (P) yang terjadi pada saat terjadi tekuk pada benda uji kurang dari ( $P_{kr}$ ) maka batang tekan harus ditinjau kedalam pengolongan tipe kolom.

Apabila  $\frac{KL}{r} < \lambda_c$  dengan demikian dalam perhitungan menggunakan metode modulus tangensial, dimana setelah diketahui gaya yang terjadi pada batang maka modulus elastisnya dapat diketahui.

Contoh:

Batang No. 39 benda uji I space frame

Diketahui:

$$L = 50 \text{ cm}$$

$$I = 2.00575 \text{ cm}^4 \quad P_{kr} = 37.99 \text{ KN}$$

Jawaban :

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 X E_t X I}{L^2} \Leftrightarrow E_t = \frac{P_{kr} \times L^2}{\pi^2 \times I}$$

$$E_t = \frac{37.99 \times 50^2}{3.14^2 \times 2.00575} = 4802.56 \frac{KN}{cm^2} = 48025.6 Mpa$$

$E_t < E \Leftrightarrow 48025 \text{ Mpa} < 210000 \text{ Mpa}$  maka terjadi tekuk inelastis

Friedrick enggeser (1886) dengan teori Tangen modulus didapat perubahan dari modulus elastis ke modulus yang harganya berubah-ubah. Karena  $E_t < E$  maka, hasil perhitungan dengan Modulus Tangen lebih kecil dari perhitungan dengan persamaan euler.

$$\lambda_g = \pi \sqrt{\frac{E}{0.7 \times \sigma_1}} = \pi \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6}{0.7 \times 2400}} = 111.02$$

Besarnya angka kelangsingan ( $\lambda$ ) pada batang yang mengalami tekuk adalah 39,247, sehingga dapat dilihat bahwa besarnya angka kelangsingan berada diantara kolom pendek dan kolom sedang ( $20 \leq 39.247 \leq 111.02$ ), hal ini menunjukan bahwa pada batang tekan yang mengalami tekuk termasuk kedalam kolom sedang.

Keruntuhan tekuk jika dipandang berdasarkan angka kelangsingan dibedakan menjadi dua macam tipe keruntuhan tekuk, yaitu:

1. keruntuhan tekuk inelastis (tekuk tidak elastis), jika  $\lambda = \frac{L_k}{i} \leq \lambda_c$ .
2. Keruntuhan tekuk elastis (tekuk elastis), jika  $\lambda = \frac{L_k}{i} > \lambda_c$ .

Dimana nilai angka kelangsingan batas ( $\lambda_c$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{\sigma_1}} \Rightarrow \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2,1 \times 10^5}{240}} = 131.35$$

karena nilai  $\lambda$  ( $39,247$ )  $\leq \lambda_c$  ( $131,35$ ), sehingga pada batang tekan yang mengalami tekuk pada kedua benda uji tersebut termasuk kedalam tipe keruntuhan tekuk inelastis, yaitu keruntuhan tekuk dimana tegangan leleh ( $\sigma_{leleh}$ ) sudah terlampaui.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan Hasil Pengujian

1. Dari pengujian kuat lentur dilaboratorium, didapatkan data hubungan beban-lendutan yang terjadi antara benda uji I sudut  $70^\circ$  dengan benda uji II sudut  $75^\circ$  dan benda uji III sudut  $70^\circ$  dengan benda uji IV sudut  $75^\circ$ . Dari hasil pembahasan menunjukkan bahwa benda uji I (kekakuannya = 9.2 KN/mm) lebih kaku dibandingkan dengan benda uji II (kekakuannya = 7.32 KN/mm) dan benda uji III (kekakuannya = 7.98 KN/mm) lebih kaku dibandingkan dengan benda uji IV (kekakuannya = 6.74 KN/mm).
2. Dari data beban-ledutan didapatkan momen-kelengkungan kemudian dari momen-kelengkungan didapatkan Faktor kekakuan. Berdasarkan faktor kekakuan menunjukkan bahwa benda uji I sudut  $70^\circ$  ( $EI = 3080.714\text{KN/m}^2$ ) lebih kaku dibandingkan dengan benda uji II sudut  $75^\circ$  ( $EI = 2798.507\text{KN/m}^2$ ) dan benda uji III sudut  $70^\circ$  ( $EI = 2531.250\text{KN/m}^2$ ) lebih kaku dibandingkan benda uji IV sudut  $75^\circ$  ( $EI = 2311.644\text{KN/m}^2$ ).
3. Benda uji I sudut  $70^\circ$  ( $\mu_\Delta = 1.57$  dan  $\mu_\phi = 1.27$ ) dan benda uji III sudut  $70^\circ$  ( $\mu_\Delta = 1.42$  dan  $\mu_\phi = 1.57$ ) mempunyai daktilitas lebih tinggi dibandingkan dengan Benda uji II sudut  $75^\circ$  ( $\mu_\Delta = 1.19$  dan  $\mu_\phi = 1.24$ ) dan benda uji IV

sudut  $75^\circ$  ( $\mu_\lambda = 1.29$  dan  $\mu_\phi = 1.18$ ). Jadi semakin kaku suatu struktur maka akan mempunyai nilai daktilitas simpangan ( $\mu_\lambda$ ) dan daktilitas kelengkungan ( $\mu_\phi$ ) yang semakin kecil.

## 6.2 Saran

Untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang perilaku lentur pada struktur rangka batang ruang segitiga dapat dilihat beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan dalam melaksanakan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan profil yang berada dipasaran yang tidak sesuai dengan perencanaan sampel pengujian yang didasarkan pada tabel profil baja, sehingga untuk perencanaan dimensi profil yang digunakan untuk sampel pengujian penyesuaian dengan ketersediaan dimensi profil yang berada di pasaran.
2. Karena proses pembuatan benda uji dilakukan oleh tukang, maka pada proses pembuatan benda uji sebaiknya perlu diawasi dan diteliti untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam pengerjaan yang tidak sesuai dengan perencanaan benda uji.
3. Proses penyetingan alat *loading frame* yang disesuaikan dengan keadaan benda uji sebelum pelaksanaan pengujian kuat lentur dilakukan.
4. Ketelitian pembacaan Dial Gauge dan dial pembebanan pada saat pengujian kuat lentur dilakukan.

5. penelitian dilaboratorium hanya terbatas pada beban dan lendutan sehingga belum diketahui diagram tegangan regangan yang terjadi pada benda uji sehingga perlu disarankan dipasang strain gauge untuk mengetahui distribusi tegangan regangan yang terjadi.
6. Penelitian ini belum meninjau pengaruh dari segi ekonomi dibandingkan dengan rangka batang dua dimensi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Christanto, H, dan mariayanto, 2000, *Studi Ekperimental Struktur Rangka baja Profil Bulat Menggunakan Sambungan Las Dengan Plat Buhul dan Tanpa plat buhul*, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1997, *pedoman perencanaan Bangunan Baja Untuk Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Darmono, L.,A dan Subekti, A, 2001, *Kuat Lentur balok profil badan terbuka (Open Web Joist) dari Profil Canal Dingin*, yogyakarta.
- Garensi , E, Dan Suyanto, E, 2000, *Pengujian Struktur Rangka Atap Baja Dengan Analisis Sebagai rangka Batang dan Portal*, Yogyakarta.
- Haryanto, T, 2002, *Pengaruh Batang Perangkai Terhadap Kuat Tekan Kolom Tersusun Profil Siku*, Yoyakarta.
- Noercahyo, H. M, dan Budianto, I, 2001, *Studi Ekperimental Kekakuan Struktur jembatan Dinding Rangka Single Warea dan Callender Hamilton*, Yogyakarta.
- Oentoeng. Ir,1999, *Konstruksi Baja*, Edisi Pertama, Penerbit LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya dan Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Padosbajayo, 1994, *Bahan Kuliah Pengetahuan Dasar Struktur Baja*, Edisi Ketiga Dengan Perbaikan, Penerbit Nafiri, Yogyakarta.

- Saadah, E, da Wahyuni, I, 1999, *Analisis dan Desain struktur rangka Ruang (Space Truss) Kubah Lamena*, Yogyakarta.
- Salmon, C. G, and Jonhson,j.e,1990, *Desain dan Perilaku Struktur baja*, Edisi kedua, jilid 1, Biro Penerbit Airlangga, Jakarta.
- Salmon, C. G, and Jonhson,j.e,1996, *Desain dan Prilaku Struktur baja*, Edisi ketiga , jilid 2, Biro Penerbit PT Gramedia pustaka Utama, Jakarta.
- Schodek,d.l, 1998, *Struktur Rangka Baja*, Penerbit PT Refika Aditama, Bandung.
- Struyk. Ir. H.J., and Van Der Veen,Prof, Ir, K. H.c.w, 1995, *Jembatan*, Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wahyudi, L., dan Rahim, S.A., 1992, *Metode Plastis Analisi dan Desain*, Penerbit PT Gramedia pustaka Utama, Jakarta.
- Weaver, Ir., W., and Gere, J.M., 1986, *Analisa Matrik untuk struktur rangka*, Edisi Kedua, penerbit Erlangga, Jakarta.
- Wigroho, H. Y, 2001, *Analisis dan Perancangan SrukturFrame Menggunakan SAP 2000 Versi 7.42*,Edisi pertama, Penerbit Andi offset, Yogyakarta.

LAMPPIRAN

# LAMPIRAN

## I

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Wardonsoni	97511083	Teknik Sipil
2	M. Solihan	97511207	Teknik Sipil

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

*Perilaku lentur struktur rangka baja ruang segitiga dg variasi sudut batang diagonal terhadap batang horizontal dengan model Warren.*

**PERIODE I : SEPTEMBER - PEBRUARI  
TAHUN : 2002 / 2003**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Sep.	Okt.	Nop.	Des.	Jan.	Peb.
1.	Pendaftaran						
2.	Penentuan Dosen Pembimbing						
3.	Pembuatan Proposal						
4.	Seminar Proposal						
5.	Konsultasi Penyusunan TA						
6.	Sampul Sudah Dibuat						

Dosen Pembimbing I  
Dosen Pembimbing II

Dr. Agus Nugroho, N. M. Sc.  
Dr. H. S. S. S. M. Sc.



Yogyakarta, 11.05.2002  
in Debu

Mengetahui  
Seminar  
Sifatnya  
Pendaftaran



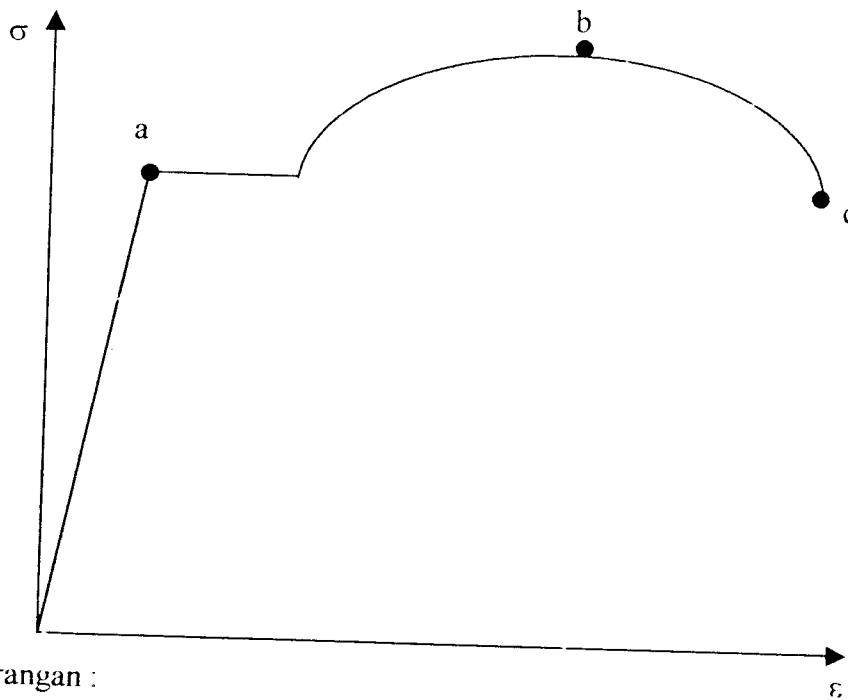
# LAMPIRAN

## II

## HASIL PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA DAN GESER LAS

### 1. Kuat Tarik Baja

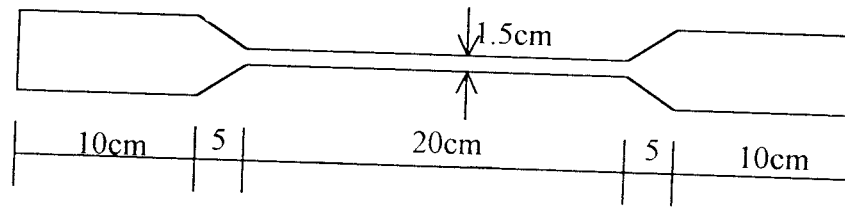
Pengujian ini merupakan pengujian terhadap kekuatan kuat tarik baja dengan tebal 2 mm dan profil pipa bulat. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil UII Jogjakarta. Adapun hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut :



Keterangan :

a = Beban luluh ; b = Beban maksimum; c = Beban patah

$$F_y = \frac{\text{BebanLuluh}}{A} \quad F_u = \frac{\text{BebanMaksimum}}{A}$$



$$t = 0.2 \text{ cm}$$

$$A = 1.5 \text{ cm} \times 0.2 \text{ cm} = 0.3 \text{ cm}^2$$

Benda Uji	P luluh (kg)	P maks (kg)	P patah (kg)	$F_y = \frac{\text{BebanLuluh}}{A}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_u = \frac{\text{BebanMaksimum}}{A}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
I	615	726	75	2050 = 205 Mpa	2420 = 242 Mpa
II	750	909	200	2500 = 250 Mpa	3030 = 303 Mpa
III	755	855	75	2516.7 = 251.67 Mpa	2850 = 285 Mpa

$$F_y = \frac{205 + 250 + 251.67}{3} = 235.56 \text{ Mpa} , \text{ dipakai } F_y = 240 \text{ Mpa}$$

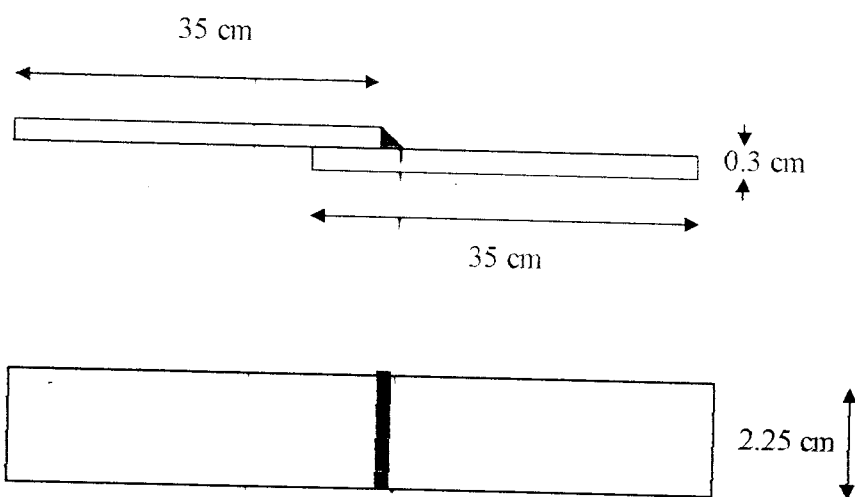
$$F_u = \frac{242 + 303 + 285}{3} = 276.67 \text{ Mpa} , \text{ dipakai } F_u = 280 \text{ Mpa}$$

## 2. Kuat Geser Las

Pengujian ini merupakan pengujian terhadap kuat geser las. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil UII Jogjakarta.

Adapun hasil uji pendahuluan adalah sebagai berikut :

Benda Uji	Kuat Geser Las (Kg)	Tegangan Geser Las (Kg/cm <sup>2</sup> ) $\sigma_{geserlas} = \frac{P}{L_n \times 0.707 \times a}$	Tegangan Geser Las Rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )
I	1920	4023,25	4316,62
II	2490	5217,67	
III	1770	3708,94	



Data :

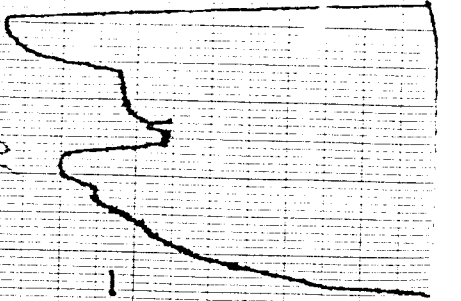
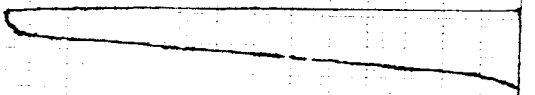
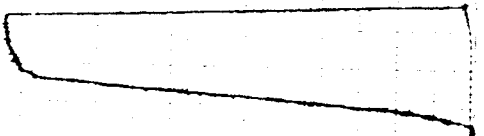
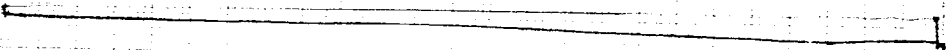
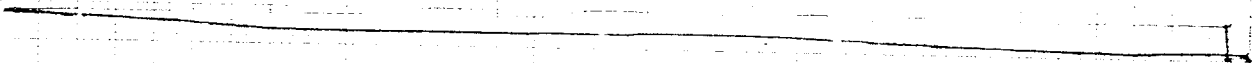
$$L_n = 2,25 \text{ cm}$$

$$a = 0,3 \text{ cm}$$

Contoh perhitungan :

$$\sigma_{geserlas} = \frac{P}{L_n \times 0.707 \times a} = \frac{1920}{2,25 \times 0,707 \times 0,3} = 4023,25 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Handwritten scribbles in the top left corner of the graph.



Handwritten number '45' near the bottom right figure.

# LAMPIRAN

## III

## DATA BENDA UJI

### A. Data Perencanaan Benda Uji

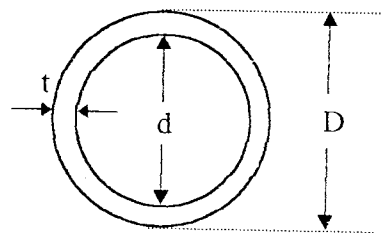
Ketentuan perencanaan struktur rangka ruang bentuk segitiga pada keempat benda uji untuk pelaksanaan penelitian dalam pengujian kuat lentur, adalah :

1. Profil baja yang digunakan adalah profil baja pipa hitam dengan diameter pipa  $\frac{1}{2}$  inchi,  $\frac{3}{4}$  inchi, 1 inchi dan  $1\frac{1}{2}$  inchi.
2. Sudut kemiringan ( $\alpha$ ) batang diagonal terhadap batang horizontal pada rangka segitiga warren model I-III dan II-IV masing-masing  $\alpha=70^\circ$  dan  $\alpha=75^\circ$ .
3. Tinggi (h) pada masing-masing benda uji yaitu  $h_1=64$  cm,  $h_2=90$  cm,  $h_3=96$  cm,  $h_4=135$  cm.
4. Perletakan dukungan berupa sendi roll.
5. Struktur rangka baja ruang segitiga hanya dibebani beban terpusat statis pada setengah dan dua pertiga bentang pada struktur.
6. Variasi antara benda uji I-III dengan benda uji II-IV terletak pada model rangka batang diagonal. Dalam hal ini, hanya perbedaan sudut batang diagonal dengan batang horizontal.

### B. Spesifikasi Penampang Profil Pipa

Profil baja yang dipakai untuk struktur benda uji adalah pipa bulat.

Spesifikasi Penampang dari profil pipa bisa dilihat dari **Gambar L3.1**.



Keterangan :

D = Diameter luar Pipa

d = Diameter dalam Pipa

t = Tebal Pipa

**Gambar L3.1** Spesifikasi Penampang Profil Pipa

### C. Contoh Perhitungan Jari-jari Inersia Pipa

Pipa Ukuran 1½", diketahui D = 3,81 cm dan nilai d = 3,41 cm. Data nilai tersebut dapat diproses untuk mencari besarnya nilai A, I dan  $i_{\min}$ .

$$a. A = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \Leftrightarrow \frac{\pi(3,81^2 - 3,41^2)}{4} = 2,268 \text{ cm}^2$$

$$b. I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \Leftrightarrow \frac{\pi(3,81^4 - 3,41^4)}{64} = 3,706 \text{ cm}^4$$

$$c. i_{\min} = \sqrt{\frac{I}{A}} \Leftrightarrow \sqrt{\frac{3,706}{2,268}} = 1,278 \text{ cm}$$

Dimana :

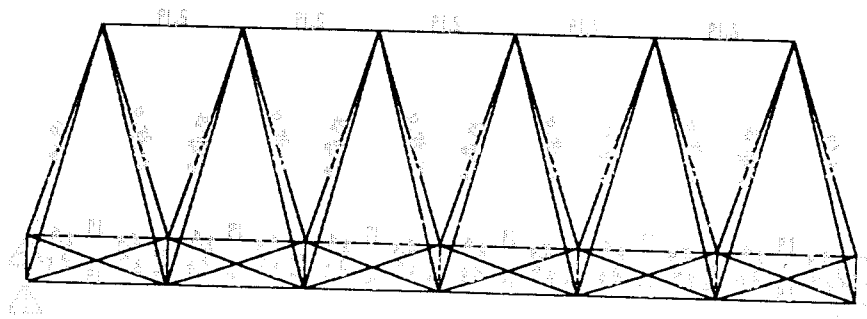
A = Luasan Pipa ( $\text{cm}^2$ )

I = Momen Inersia ( $\text{cm}^4$ )

$i_{\min}$  = Jari-jari Inersia Minimum (cm)



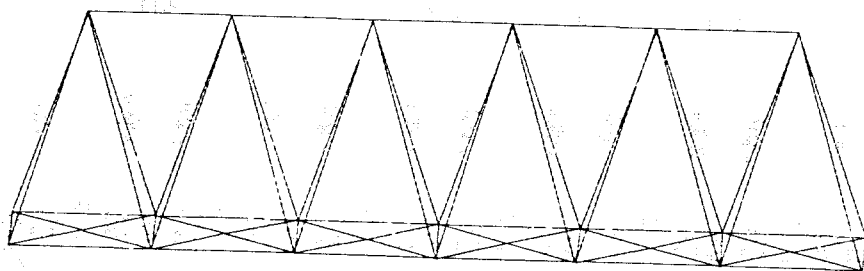
D. Gambar Benda Uji dengan Ukuran Pipa dan Ukuran Panjang Batang Hasil Analisis SAP 2000



Keterangan :

$P_{1.5}$  : Pipa dengan diameter  $1\frac{1}{2}$ '       $P_{.75}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{3}{4}$ '  
 $P_1$  : Pipa dengan diameter 1'       $P_{.5}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{1}{2}$ '

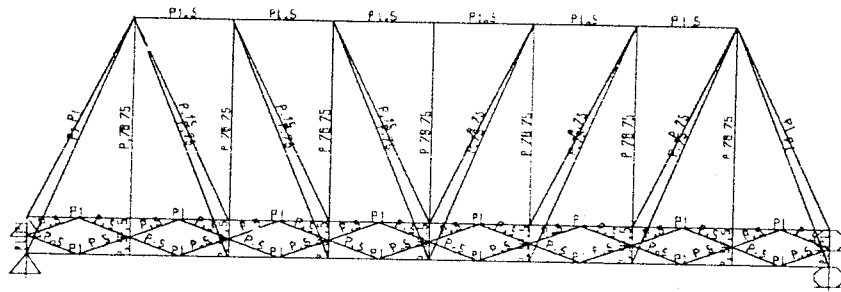
**Gambar L3.2** Ukuran Pipa yang digunakan pada Benda Uji I



Keterangan :

$P_{1.5}$  : Pipa dengan diameter  $1\frac{1}{2}$ '       $P_{.75}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{3}{4}$ '  
 $P_1$  : Pipa dengan diameter 1'       $P_{.5}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{1}{2}$ '

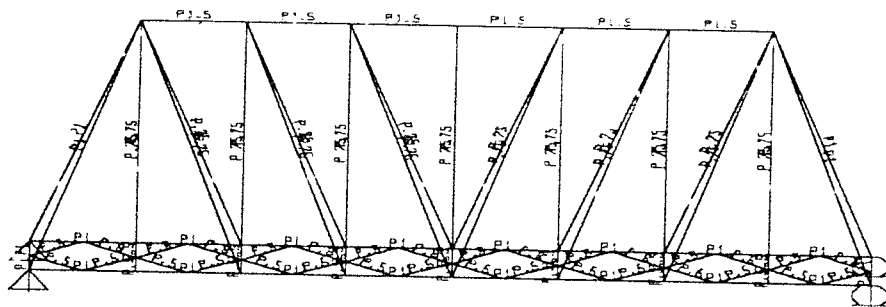
**Gambar L3.3** Ukuran Pipa yang digunakan pada Benda Uji II



Keterangan :

- $P_{1.5}$  : Pipa dengan diameter  $1\frac{1}{2}$ '       $P_{.75}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{3}{4}$ '  
 $P_1$  : Pipa dengan diameter 1'       $P_{.5}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{1}{2}$ '

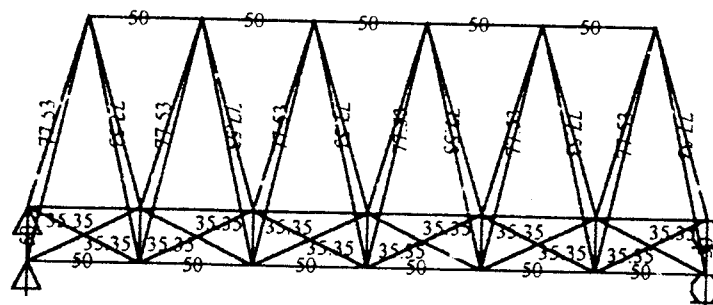
**Gambar L3.4** Ukuran Pipa yang digunakan pada Benda Uji III



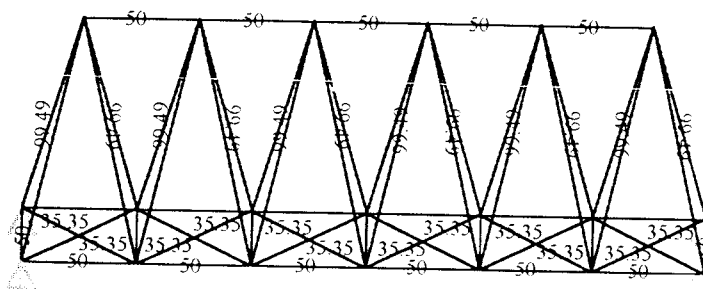
Keterangan :

- $P_{1.5}$  : Pipa dengan diameter  $1\frac{1}{2}$ '       $P_{.75}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{3}{4}$ '  
 $P_1$  : Pipa dengan diameter 1'       $P_{.5}$  : Pipa dengan diameter  $\frac{1}{2}$ '

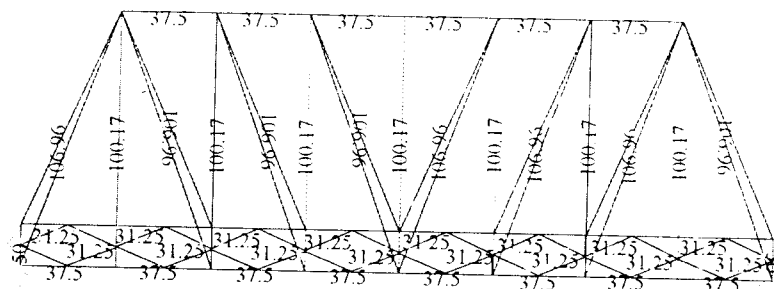
**Gambar L3.5** Ukuran Pipa yang digunakan pada Benda Uji IV



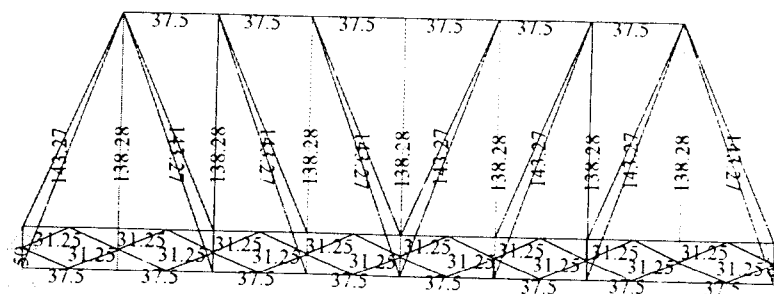
**Gambar L3.6** Benda Uji I dengan Ukuran Panjang Batang (cm)



Gambar L3.7 Benda Uji II dengan Ukuran Panjang Batang (cm)



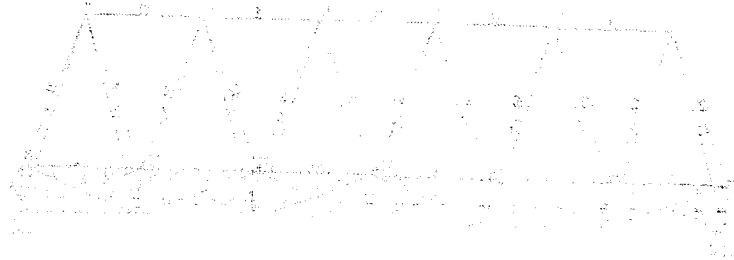
Gambar L3.8 Benda Uji III dengan Ukuran Panjang Batang (cm)



Gambar L3.9 Benda Uji IV dengan Ukuran Panjang Batang (cm)

E. Keterangan Nama Frame dan Joint Pada Benda Uji Hasil Analisis SAP 2000

1. Benda Uji I



**Gambar I.3.10** Benda Uji I dengan nama Frame dan Joint

**Tabel L3.1** Nama Frame dan Joint pada Benda Uji I

BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1
4	4	5	1
5	5	6	1
6	6	7	1
7	1	8	0.5
8	1	9	1
9	8	2	0.5
10	2	9	0.75
11	2	10	0.5
12	2	11	0.75
13	10	3	0.5
14	3	11	0.75
15	3	12	0.5
16	3	13	0.75
17	12	4	0.5
18	4	13	0.75
19	4	14	0.5
20	4	15	0.75
21	14	5	0.5
22	5	15	0.75
23	5	16	0.5
24	5	17	0.75
25	16	6	0.5
26	6	17	0.75

BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
27	6	18	0.5
28	6	19	0.75
29	18	7	0.5
30	7	19	1
31	1	20	1
32	2	21	0.5
33	9	11	1.5
34	3	22	0.5
35	11	13	1.5
36	4	23	0.5
37	13	15	1.5
38	5	24	0.5
39	15	17	1.5
40	6	25	0.5
41	17	19	1.5
42	7	26	1
43	20	8	0.5
44	20	9	1
45	8	21	0.5
46	21	9	0.75
47	21	10	0.5
48	21	11	0.75
49	10	22	0.5
50	22	11	0.75
51	22	12	0.5
52	22	13	0.75
53	12	23	0.5
54	23	13	0.75
55	23	14	0.5
56	23	15	0.75
57	14	24	0.5
58	24	15	0.75
59	24	16	0.5
60	24	17	0.75
61	16	25	0.5
62	25	17	0.75
63	25	18	0.5
64	25	19	0.75
65	18	26	0.5
66	26	19	1
67	20	21	1
68	21	22	1
69	22	23	1
70	23	24	1
71	24	25	1
72	25	26	1

## 2. Benda Uji II

Gambar L3.11 Benda Uji II dengan nama Frame dan Joint

Tabel L3.2 Nama Frame dan Joint pada Benda Uji II

BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1
4	4	5	1
5	5	6	1
6	6	7	1
7	1	8	0.5
8	8	2	0.5
9	2	9	0.5
10	9	3	0.5
11	3	10	0.5
12	10	4	0.5
13	4	11	0.5
14	11	5	0.5
15	5	12	0.5
16	12	6	0.5
17	6	13	0.5
18	13	7	0.5
19	1	14	1
20	2	14	0.75
21	2	15	0.75
22	3	15	0.75
23	3	16	0.75
24	4	16	0.75
25	4	17	0.75
26	5	17	0.75
27	5	18	0.75
28	6	18	0.75

BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
29	6	19	0.75
30	7	19	1
31	1	20	1
32	2	21	0.5
33	3	22	0.5
34	4	23	0.5
35	5	24	0.5
36	6	25	0.5
37	7	26	1
38	14	15	1.5
39	15	16	1.5
40	16	17	1.5
41	17	18	1.5
42	18	19	1.5
43	20	8	0.5
44	8	21	0.5
45	21	9	0.5
46	9	22	0.5
47	22	10	0.5
48	10	23	0.5
49	23	11	0.5
50	11	24	0.5
51	24	12	0.5
52	12	25	0.5
53	25	13	0.5
54	13	26	0.5
55	20	14	1
56	21	14	0.75
57	21	15	0.75
58	22	15	0.75
59	22	16	0.75
60	23	16	0.75
61	23	17	0.75
62	24	17	0.75
63	24	18	0.75
64	25	18	0.75
65	25	19	0.75
66	26	19	1
67	20	21	1
68	21	22	1
69	22	23	1
70	23	24	1
71	24	25	1
72	25	26	1

## 3. Benda Uji III

Gambar I.3.12 Benda Uji III dengan nama Frame dan Joint

Tabel I.3.3 Nama Frame dan Joint pada Benda Uji III

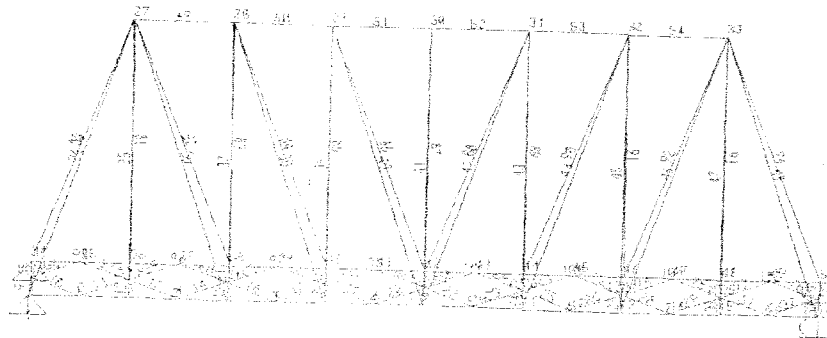
BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
1	1	2	1
2	2	3	1
3	4	2	0.5
4	2	5	0.5
5	1	6	1
6	3	8	1
7	1	9	1
8	3	9	1.5
9	7	4	0.5
10	5	7	0.5
11	6	7	0.5
12	7	8	0.5
13	6	9	0.75
14	8	9	0.75
15	10	7	0.5
16	7	11	0.5
17	6	12	1
18	8	14	1
19	9	12	0.75
20	9	14	0.75
21	9	15	1.5
22	13	10	0.5
23	11	13	0.5
24	12	13	0.5
25	13	14	0.5
26	12	15	0.75
27	14	15	0.75
28	16	13	0.5



BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
29	13	17	0.5
30	12	18	1
31	14	20	1
32	15	18	0.75
33	15	20	0.75
34	15	21	1.5
35	19	16	0.5
36	17	19	0.5
37	18	19	0.5
38	19	20	0.5
39	18	21	0.75
40	20	21	0.75
41	22	19	0.5
42	19	23	0.5
43	18	24	1
44	20	26	1
45	21	24	0.75
46	21	26	0.75
47	21	27	1.5
48	25	22	0.5
49	23	25	0.5
50	24	25	0.5
51	25	26	0.5
52	24	27	0.75
53	26	27	0.75
54	28	25	0.5
55	25	29	0.5
56	24	30	1
57	26	32	1
58	24	33	0.75
59	26	33	0.75
60	27	33	1.5
61	31	28	0.5
62	29	31	0.5
63	30	31	0.5
64	31	32	0.5
65	30	33	0.75
66	32	33	0.75
67	34	31	0.5
68	31	35	0.5
69	30	36	1
70	32	38	1
71	30	39	0.75
72	32	39	0.75
73	33	39	1.5

BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
74	37	34	0.5
75	35	37	0.5
76	36	37	0.5
77	37	38	0.5
78	36	39	0.75
79	38	39	0.75
80	40	37	0.5
81	37	41	0.5
82	36	42	1
83	38	44	1
84	36	45	0.75
85	38	45	0.75
86	39	45	1.5
87	43	40	0.5
88	41	43	0.5
89	42	43	0.5
90	43	44	0.5
91	42	45	0.75
92	44	45	0.75
93	46	43	0.5
94	43	47	0.5
95	42	48	1
96	44	50	1
97	48	45	1
98	50	45	1.5
99	49	46	0.5
100	47	49	0.5
101	48	49	1
102	49	50	1

#### 4. Benda Uji IV



**Gambar L3.13** Benda Uji IV dengan nama Frame dan Joint

Tabel L2.4 Nama Frame dan Joint pada Benda Uji IV

BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
1	1	3	1
2	3	5	1
3	5	7	1
4	7	9	1
5	9	11	1
6	11	13	1
7	13	15	1
8	15	17	1
9	1	18	1
10	2	18	0.5
11	19	2	0.5
12	3	19	0.5
13	4	19	0.5
14	20	4	0.5
15	5	20	0.5
16	6	20	0.5
17	21	6	0.5
18	7	21	0.5
19	8	21	0.5
20	22	8	0.5
21	9	22	0.5
22	10	22	0.5
23	23	10	0.5
24	11	23	0.5
25	12	23	0.5
26	24	12	0.5
27	13	24	0.5
28	14	24	0.5
29	25	14	0.5
30	15	25	0.5
31	16	25	0.5
32	26	16	0.5
33	17	26	1
34	1	27	1
35	3	27	0.75
36	27	5	0.75
37	5	28	0.75
38	28	7	0.75
39	7	29	0.75
40	29	9	0.75
41	9	30	0.75
42	9	31	0.75
43	11	31	0.75

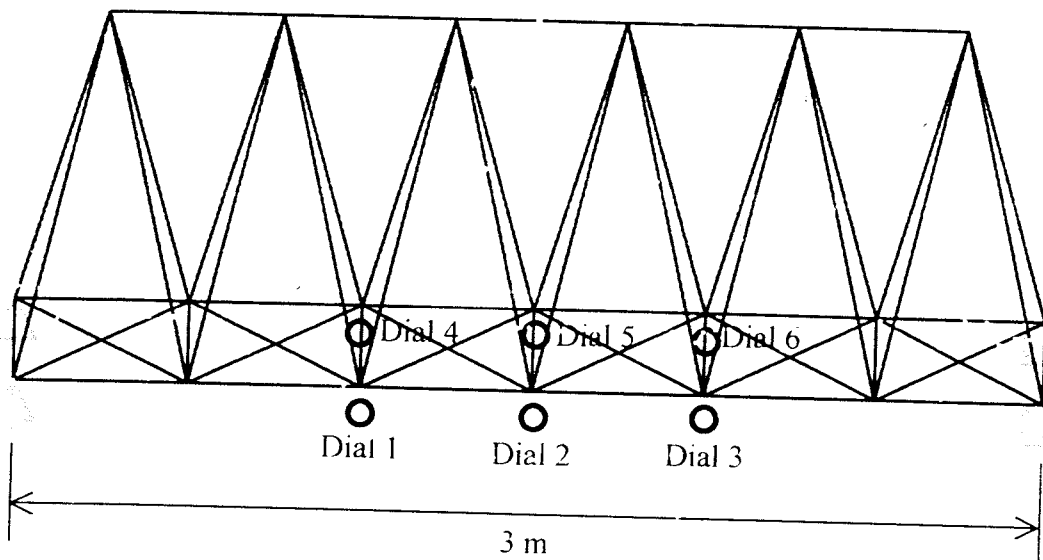
BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
44	11	32	0.75
45	13	32	0.75
46	13	33	0.75
47	15	33	0.75
48	17	33	1
49	27	28	1.5
50	28	29	1.5
51	29	30	1.5
52	30	31	1.5
53	31	32	1.5
54	32	33	1.5
55	18	34	1
56	18	35	0.5
57	35	19	0.5
58	19	36	0.5
59	19	37	0.5
60	37	20	0.5
61	20	38	0.5
62	20	39	0.5
63	39	21	0.5
64	21	40	0.5
65	21	41	0.5
66	41	22	0.5
67	22	42	0.5
68	22	43	0.5
69	43	23	0.5
70	23	44	0.5
71	23	45	0.5
72	45	24	0.5
73	24	46	0.5
74	24	47	0.5
75	47	25	0.5
76	25	48	0.5
77	25	49	0.5
78	49	26	0.5
79	26	50	1
80	34	27	1
81	36	27	0.75
82	27	38	0.75
83	38	28	0.75
84	28	40	0.75
85	40	29	0.75
86	29	42	0.75
87	42	30	0.75
88	42	31	0.75

BATANG	JOINT I	JOINT J	DIAMETER (inchi)
39	44	31	0.75
90	44	32	0.75
91	46	32	0.75
92	46	33	0.75
93	48	33	0.75
94	50	33	1
95	34	36	1
96	36	38	1
97	38	40	1
98	40	42	1
99	42	44	1
100	44	46	1
101	46	48	1
102	48	50	1

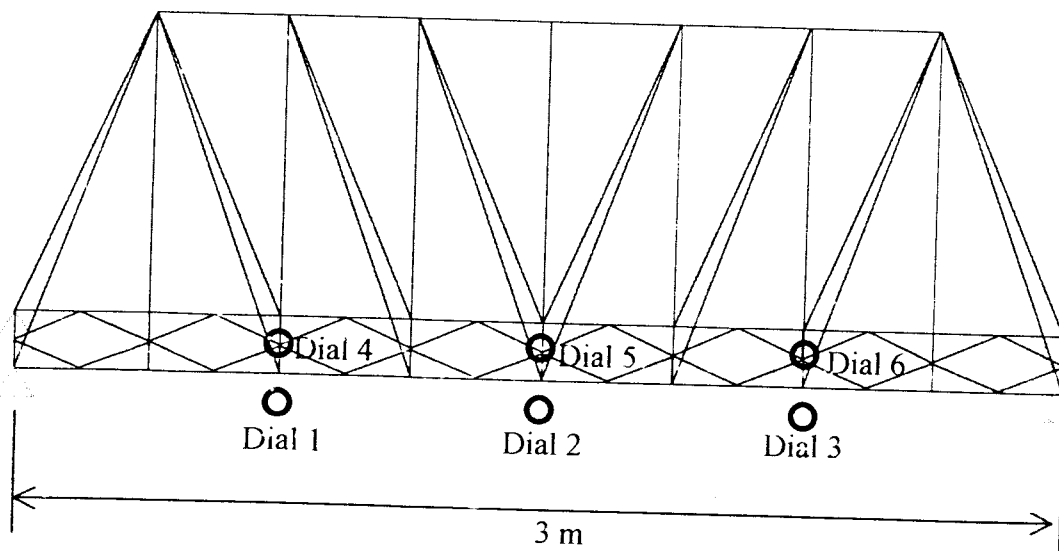
LAMPIRAN  
IV

**HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR STRUKTUR RANGKA BAJA  
RUANG SEGITIGA**

1. Posisi *Dial Gauge* pada Benda Uji



a. Dial pada Benda Uji I dan II



b. Dial pada Benda Uji III dan IV

**Gambar L4.1** Posisi *Dial Gauge* pada Benda Uji

## 2. Tabel Hubungan Beban dan Lendutan

## a. Benda Uji I

Tabel L4.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji I

No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.25	0.44	0.4	0	0.25	0.23
3	6	0.6	0.87	0.85	0	0.652	0.61
4	9	0.92	1.28	1.27	0.2	0.999	0.91
5	12	1.09	1.5	1.49	0.29	1.2	1.07
6	15	1.44	1.96	1.93	0.39	1.59	1.44
7	18	1.61	2.21	2.15	0.46	1.83	1.62
8	21	1.89	2.54	2.48	0.59	2.15	1.94
9	24	2.18	2.93	2.83	1.32	2.52	2.28
10	27	2.37	3.18	3.05	1.35	2.74	2.49
11	30	2.57	3.44	3.28	1.46	2.98	2.73
12	33	2.9	3.84	3.65	1.53	3.365	3.12
13	36	3.16	4.17	3.94	1.53	3.71	3.43
14	39	3.4	4.46	4.21	1.53	3.99	3.72
15	42	3.71	4.86	4.57	1.53	4.38	4.09
16	45	3.93	5.1	4.82	1.53	4.68	4.38
17	48	4.11	5.15	4.82	1.58	4.78	4.4
18	51	4.16	5.47	5.1	1.88	5.1	4.7
19	54	4.45	5.84	5.42	2.23	5.552	5.1
20	57	4.81	6.32	5.83	2.68	6.02	5.6
21	60	4.88	6.44	5.99	2.81	6.21	5.76
22	63	5.11	6.72	6.18	3.1	6.68	6.1
23	66	5.46	7.16	6.57	3.56	7.28	6.66
24	69	5.65	7.43	6.8	3.85	7.72	6.98
25	66	5.3	7.66	6.91	4.56	7.23	7.3
26	66	6.06	8.01	7.18	4.36	7.58	7.42
27	66	6.36	8.43	7.5	4.68	7.98	7.75
28	69	6.7	8.8	7.81	5.02	8.42	8
29	69	6.95	9.23	8.1	5.45	9	8.5
30	69	6.95	9.26	8.1	5.51	9.2	8.55
31	69	7.23	9.74	8.45	5.91	9.71	9.98



## b. Benda Uji II

Tabel L4.2 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji II

No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0.08	0.08
3	6	0	0.01	0	0.4	0.6	0.58
4	9	0.24	0.33	0.35	0.8	1.01	1.05
5	12	0.38	0.51	0.51	1.05	1.35	1.3
6	15	0.57	0.73	0.74		1.71	1.63
7	18	0.82	1.02	1.01	1.75	2.19	2.05
8	21	0.96	1.18	1.14	2.02	2.42	2.25
9	24	1.38	1.64	1.58	2.37	3.03	2.75
10	27	1.62	1.88	1.82	2.62	3.33	3
11	30	1.87	2.14	2.08	2.85	3.61	3.22
12	33	2.12	2.41	2.34	3.05	3.85	3.4
13	36	2.47	2.83	2.75	3.37	4.24	3.72
14	39	2.66	3.04	2.95	3.52	4.44	3.9
15	42	3.02	3.42	3.32	3.8	4.81	4.28
16	45	3.23	3.65	3.52	3.97	4.99	4.3
17	48	3.46	3.89	3.8	4.12	5.2	4.48
18	51	3.95	4.44	4.25	4.5	5.65	4.82
19	54	4.3	4.8	4.62	4.77	5.99	5
20	57	4.64	5.16	5.02	5.07	6.36	5.35
21	60	4.89	5.41	5.24	5.25	6.59	5.54
22	63	5.12	5.64	5.46	5.4	6.82	5.7
23	66	5.54	6.05	5.92	5.7	7.16	5.95
24	63	5.95	6.21	6.55	5.7	7.53	6.05
25	57	6.1	6.2	6.55	5.95	7.7	6.1
26	57	6.62	6.28	6.82	6.67	8.2	6.4
27	57	6.24	6.77	7.27	7.27	8.8	6.82
28	60	6.71	7.16	7.61	7.75	9.21	7.11
29	60	7.2	7.57	7.94	8.25	9.69	7.42
30	60	7.7	7.98	8.27	8.75	10.12	7.75
31	60	8.05	8.28	8.58	9.02	10.41	7.98
32	57	8.1	8.38	8.65	9.02	10.49	8.12
33	57	8.24	8.68	8.97	9.22	10.75	8.45
34	54	8.5	9.09	9.4	9.5	11.13	8.9
35	54	8.85	9.63	9.95	9.87	11.6	9.43
36	54	9.22	10.2	10.5	10.25	12.1	10
37	54	9.68	10.8	11.12	10.27	12.64	10.62
38	54	10.2	11.43	11.81	11.25	13.26	11.3
39	54	10.78	12.13	12.56	11.77	13.91	12
40	52	11.55	13.08	13.61	12.5	14.8	13.05
41	51	12.3	14.42	14.14	13.27	15.89	14.5

## c. Benda Uji III

Tabel L4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji III

No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.02	0.1	0.11	0.05	0	0
3	6	0.31	0.69	0.55	0.36	0.61	0.29
4	9	0.46	1	0.77	0.57	0.98	0.53
5	12	0.6	1.29	0.97	0.77	1.32	0.72
6	15	0.82	1.72	1.26	1.02	1.79	0.99
7	18	0.93	1.94	1.4	1.15	2.01	1.14
8	21	1.1	2.28	1.63	1.32	2.37	1.31
9	24	1.24	2.55	1.82	1.47	2.62	1.44
10	27	1.41	2.9	2.04	1.62	2.95	1.6
11	30	1.58	3.26	2.26	1.8	3.25	1.75
12	33	1.78	3.68	2.54	1.97	3.67	1.9
13	36	1.94	4	2.73	2.1	3.92	2.02
14	39	2.11	4.38	2.97	2.27	4.27	2.16
15	42	2.31	4.84	3.25	2.45	4.71	2.31
16	45	2.41	5.08	3.4	2.55	4.88	2.38
17	48	2.57	5.44	3.62	2.72	5.2	2.5
18	51	2.78	5.89	3.88	2.9	5.61	2.66
19	54	2.95	6.26	4.06	3.05	5.96	2.8
20	57	3.1	6.61	4.24	3.15	6.22	2.92
21	60	3.36	7.12	4.5	3.35	6.71	3.1
22	63	3.56	7.54	4.7	3.5	7.06	3.22
23	66	3.8	8.11	4.96	3.7	7.6	3.38
24	69	4.06	8.74	5.22	3.9	8.1	3.54
25	72	4.33	9.45	5.45	4.07	8.65	3.64
26	63	4.71	10.45	5.5	4.27	9.17	3.75
27	63	5.06	10.71	5.49	4.35	9.45	3.75
28	63	5.3	11.04	5.62	4.57	9.6	3.81
29	63	5.55	11.51	5.84	4.8	9.95	4
30	66	5.82	12.12	6.13	5.05	10.41	4.2
31	66	6.01	12.84	6.48	5.25	10.95	4.42
32	66	6.15	13.75	6.83	5.42	11.5	4.7
33	64	6.18	15.04	7.2	5.5	12.08	5
34	64	5.8	16.4	7.8	5.5	13.36	5.56
35	63	5.45	16.87	8.45	5.5	14.74	6.2
36	63	5.33	19.21	9.05	5.5	15.81	6.74
37	63	5.4	20.54	9.45	5.5	16.71	7.14
38	63	5.62	21.98	9.7	5.6	17.48	7.4
39	63	5.89	23.56	9.96	5.8	18.23	7.68
40	63	6.17	25.12	10.29	5.95	19	7.95
41	63	6.45	26.71	10.62	6.1	20.72	8.15
42	63	6.7	28.42	10.96	6.3	20.35	8.3

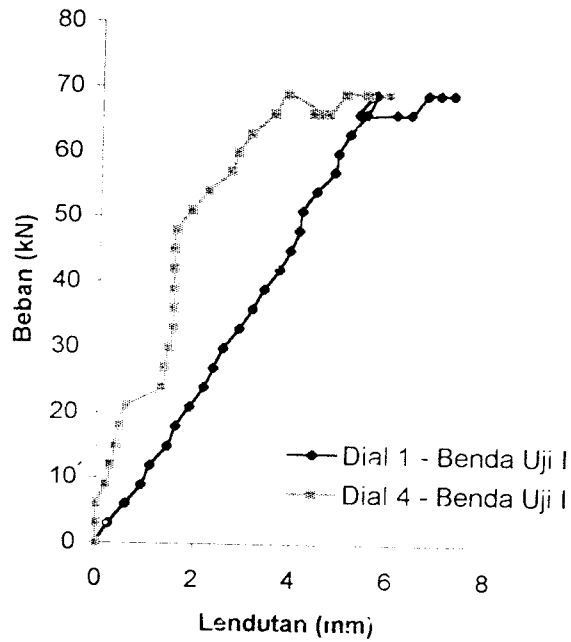
## d. Benda Uji IV

Tabel L4.4 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji IV

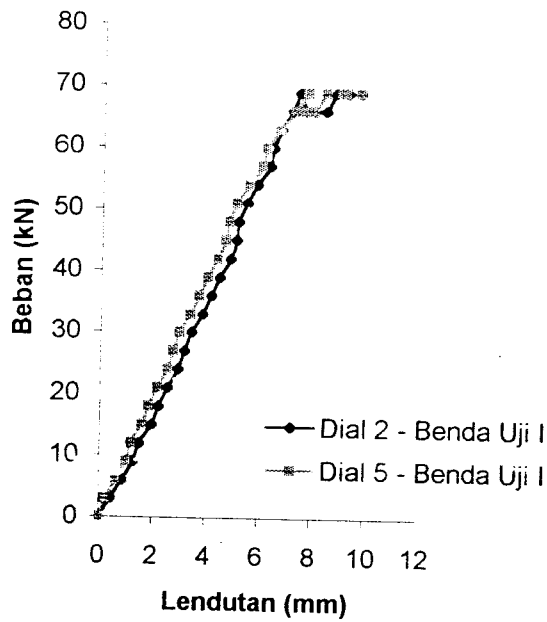
No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0.77	0	0	0	0
3	6	0.4	1.46	0.56	0	0.63	0.33
4	9	0.85	2.07	0.95	0.32	1.2	0.6
5	12	1.15	2.47	1.15	0.6	1.59	0.79
6	15	1.43	2.88	1.38	0.85	2	0.99
7	18	1.68	3.26	1.54	1.1	2.38	1.18
8	21	1.9	3.67	1.8	1.37	2.78	1.36
9	24	2.1	4.04	2	1.62	3.16	1.54
10	27	2.35	4.51	2.24	1.92	3.62	1.75
11	30	2.62	5.01	2.5	2.25	4.13	1.98
12	33	2.83	5.44	2.67	2.47	4.49	2.15
13	36	3.06	5.82	2.88	2.75	4.92	2.35
14	39	3.28	6.26	3.08	3	5.35	2.53
15	42	3.51	6.7	3.28	3.25	5.78	2.7
16	45	3.74	6.18	3.47	3.42	6.2	2.89
17	48	3.94	6.58	3.65	3.58	6.56	3.02
18	51	4.18	7.08	3.89	3.78	7.02	3.22
19	54	4.34	7.41	4.03	3.9	7.32	3.35
20	57	4.63	8.11	4.33	4.15	7.93	3.6
21	60	4.82	8.6	4.55	4.32	8.36	3.77
22	63	4.98	9.38	4.88	4.55	9.01	4.05
23	54	4.92	11.68	4.5	4.5	10.32	4.65
24	54	5.4	11.78	5.05	4.62	11.45	5.15
25	51	5.48	13.95	5.59	4.86	12.6	5.7
26	54	5.85	14.69	5.93	5.12	13.32	6.05
27	54	6.18	15.41	6.26	5.25	14	6.4
28	54	6.98	16.7	6.83	5.6	14.12	6.98
29	48	6.96	18.36	7.82	5.6	17	7.95
30	48	6.96	19.61	8.5	5.6	18.33	8.6

3. Grafik Hubungan Beban dan Lendutan

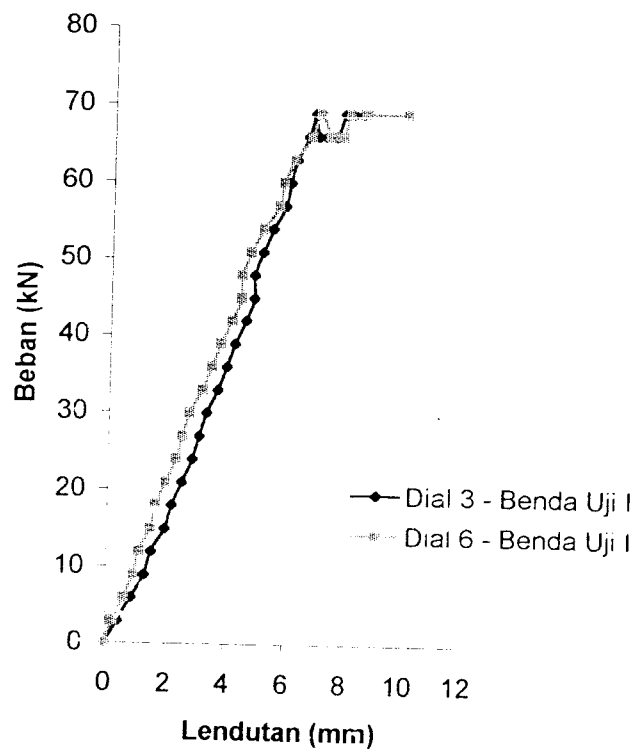
a. Benda Uji I



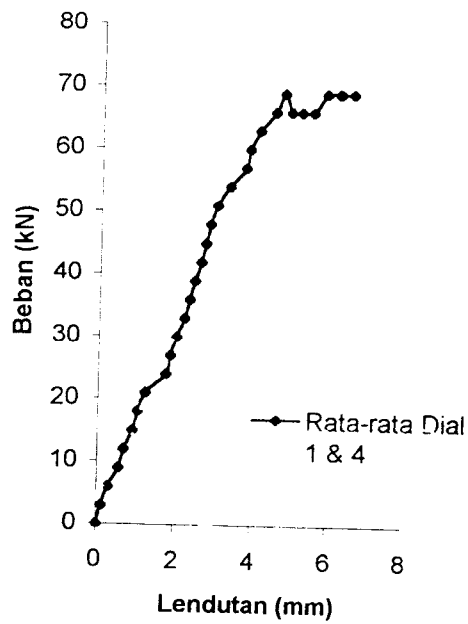
Gambar L4.2 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



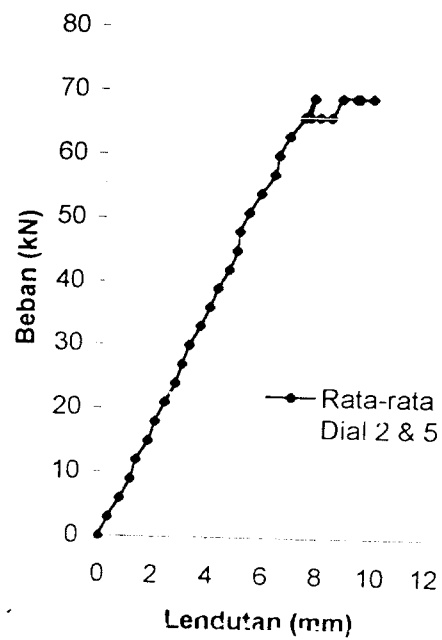
Gambar L4.3 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



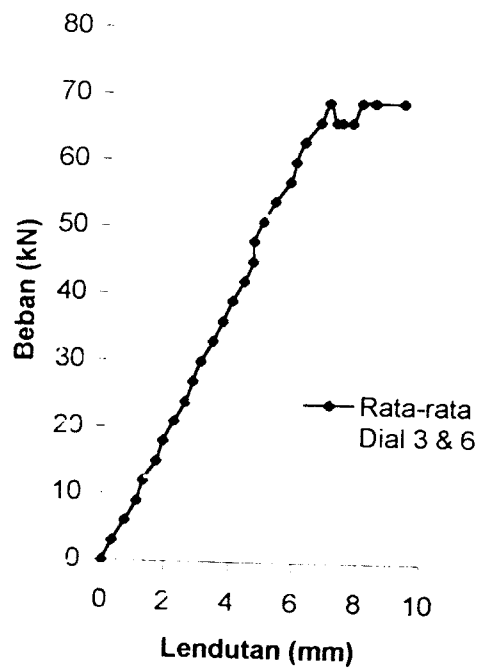
**Gambar L4.4** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6



**Gambar L4.5** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4

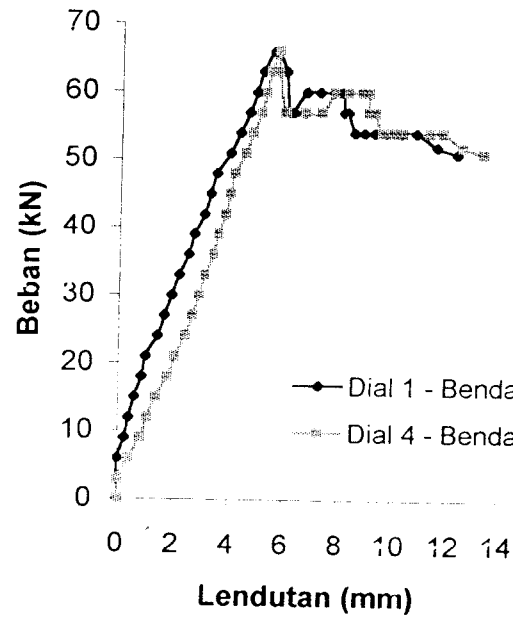


**Gambar L4.6** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

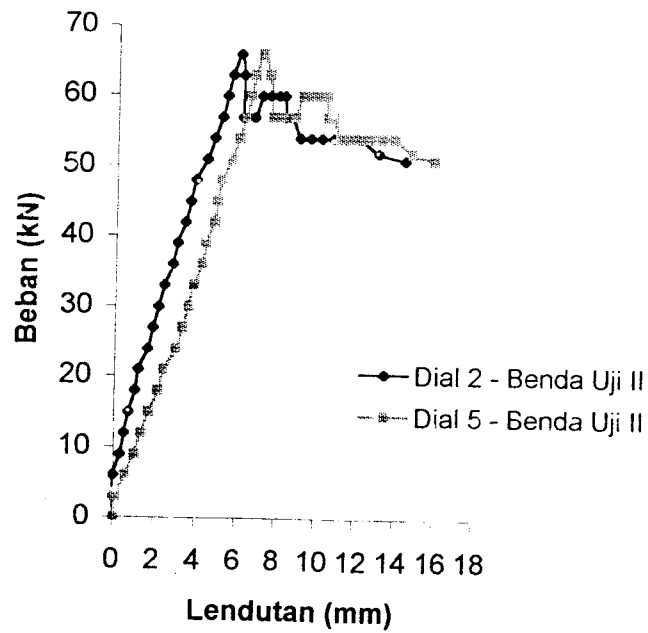


**Gambar L4.7** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

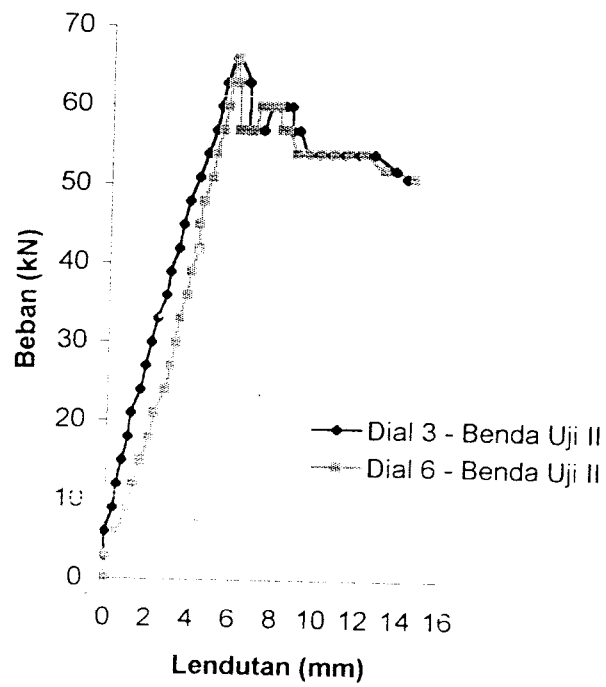
## b. Benda Uji II



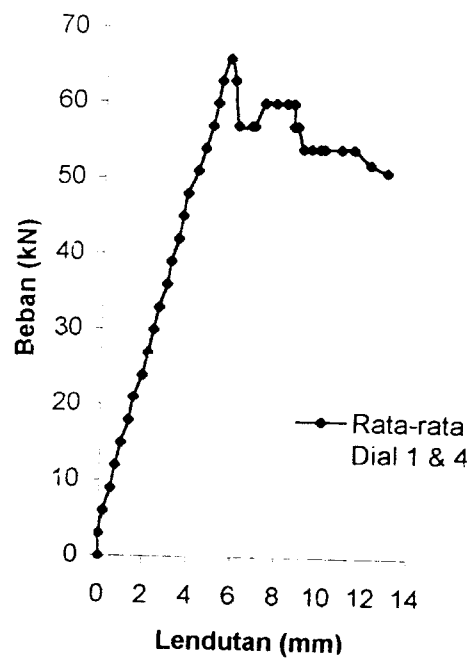
Gambar L4.8 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



Gambar L4.9 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

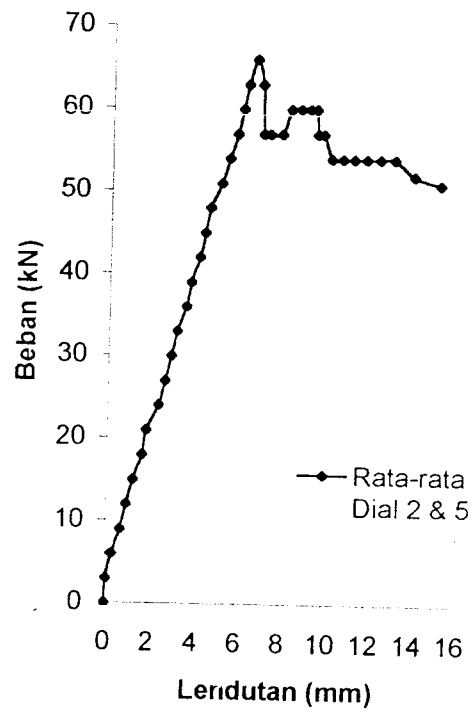


Gambar L4.10 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

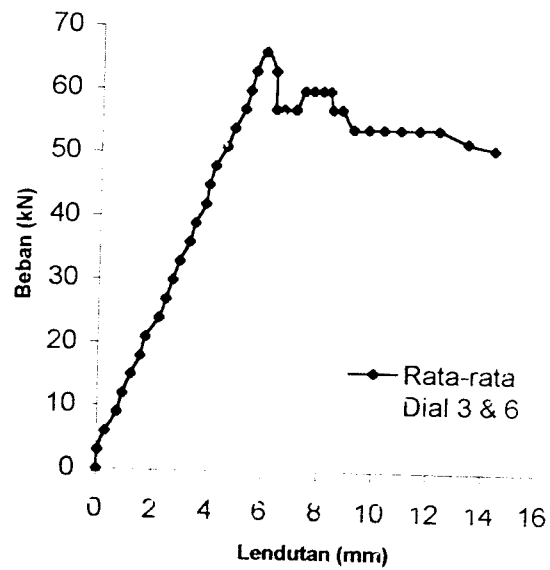


Gambar L4.11 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



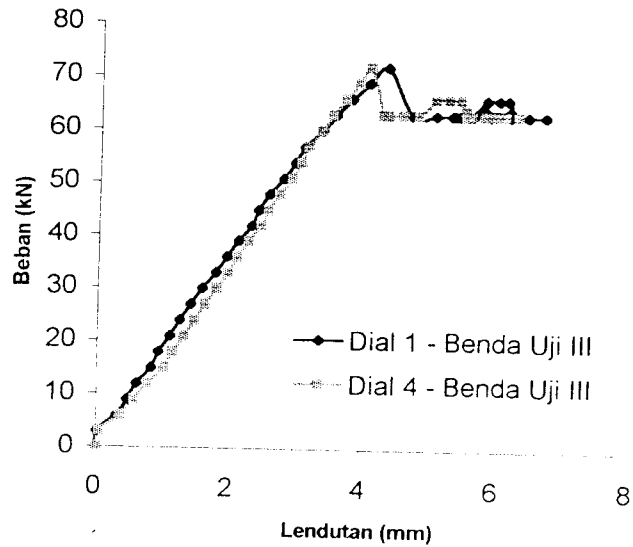


**Gambar L4.12** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

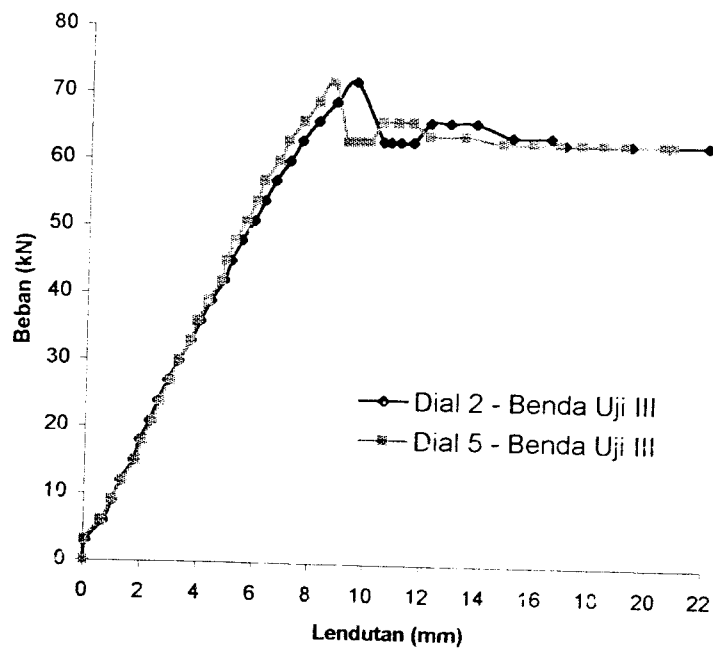


**Gambar L4.13** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

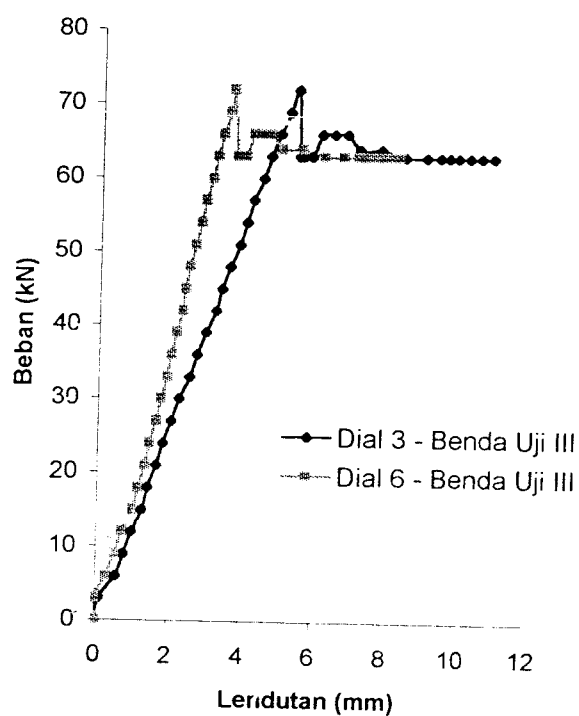
c. Benda Uji III



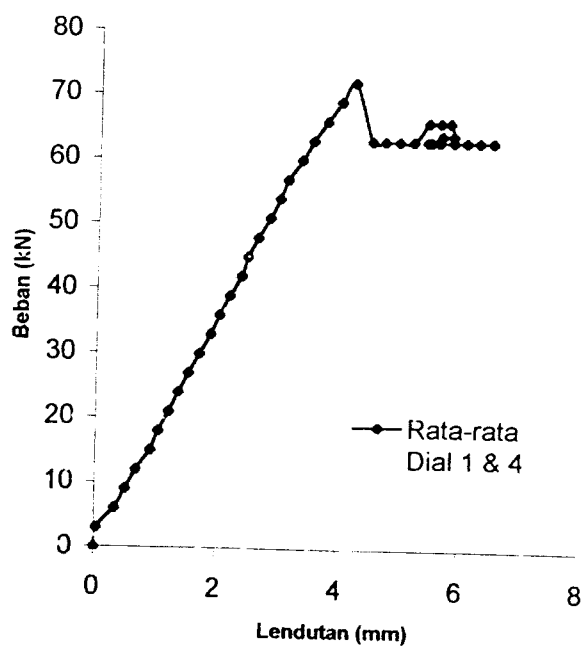
Gambar L4.14 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



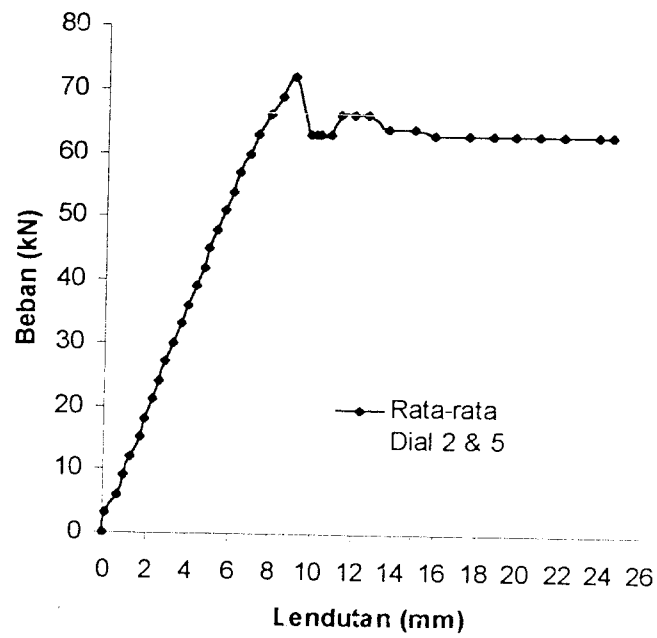
Gambar L4.15 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



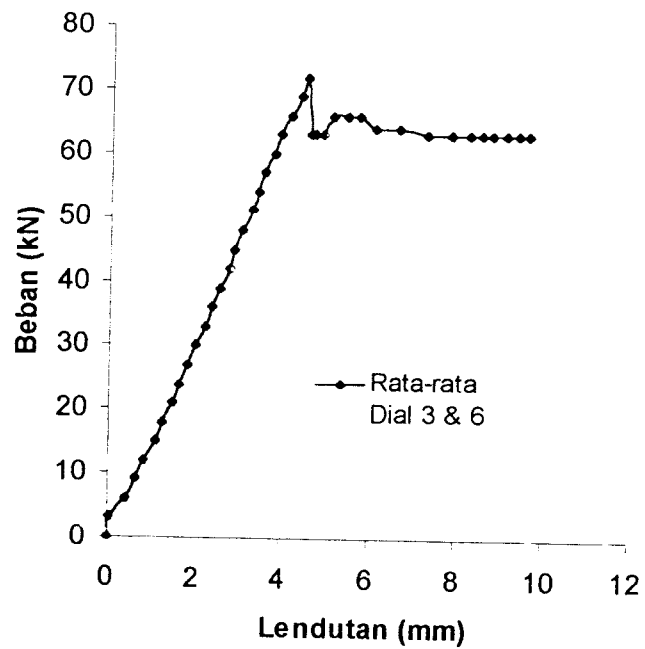
Gambar L4.16 Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6



Gambar L4.17 Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4

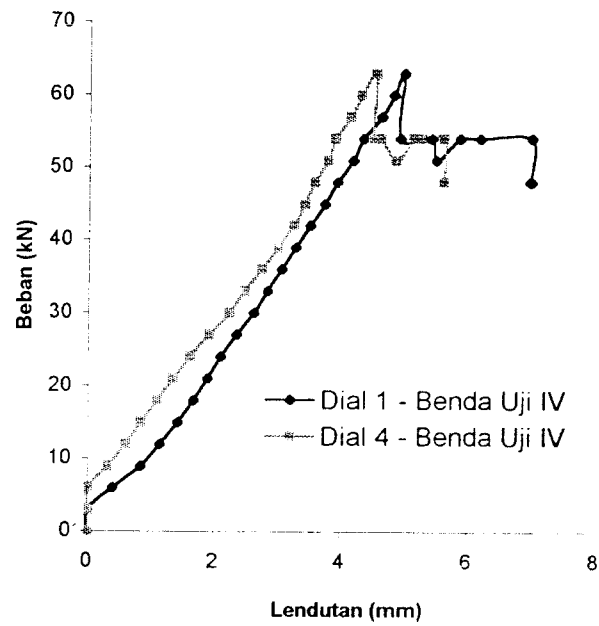


**Gambar L4.18** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5

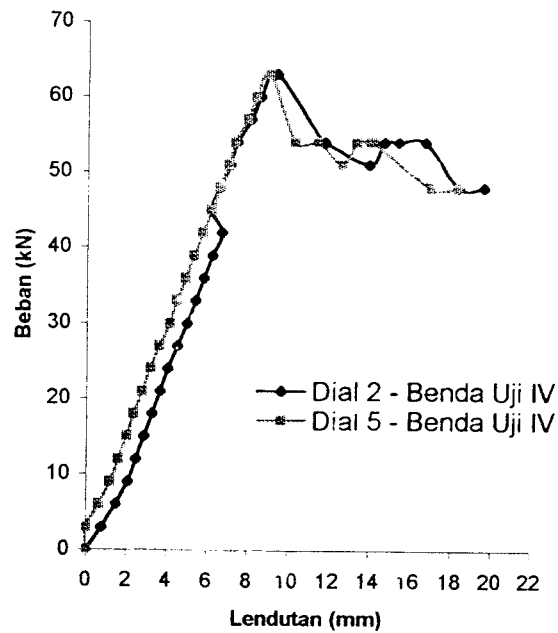


**Gambar L4.19** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

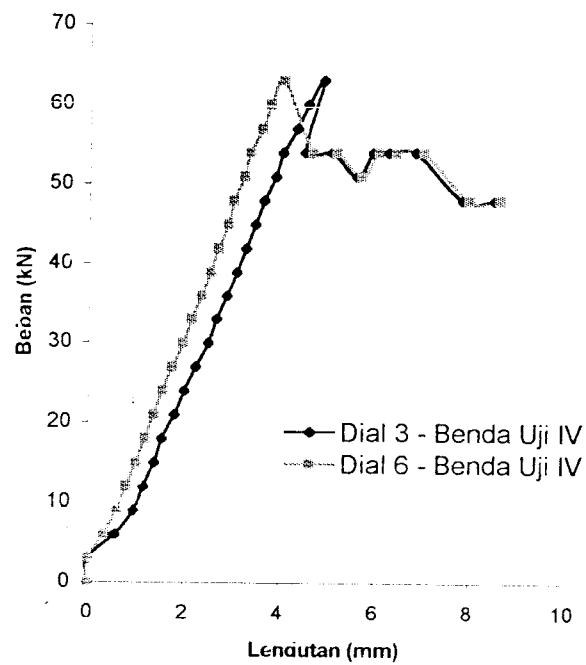
## d. Benda Uji IV



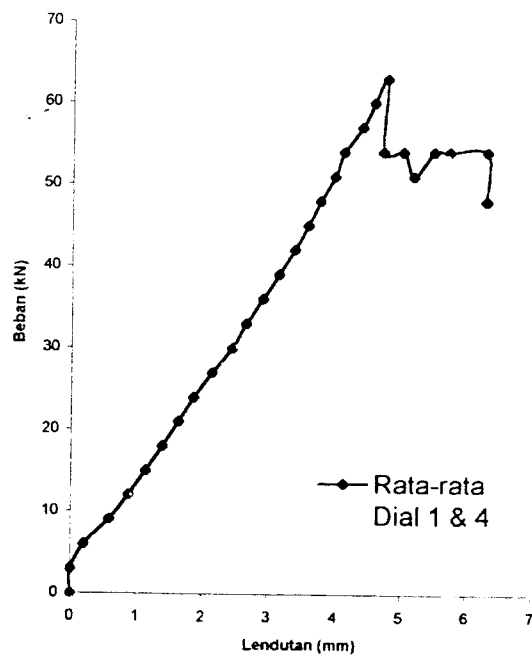
**Gambar L4.20** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



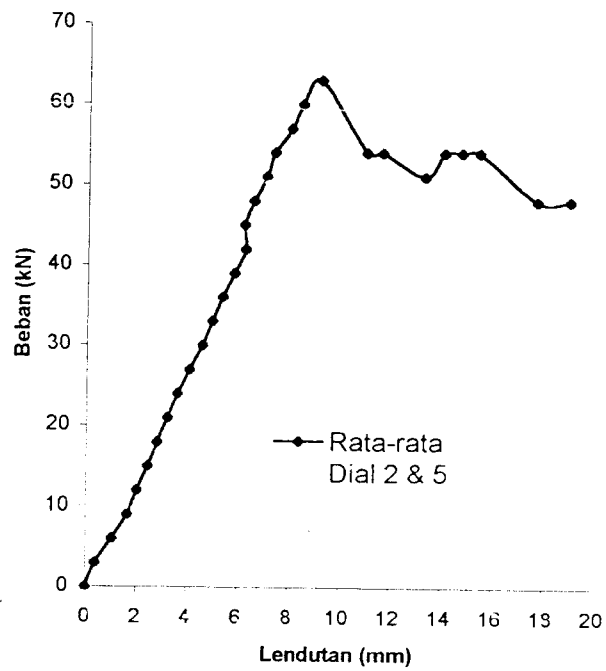
**Gambar L4.21** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



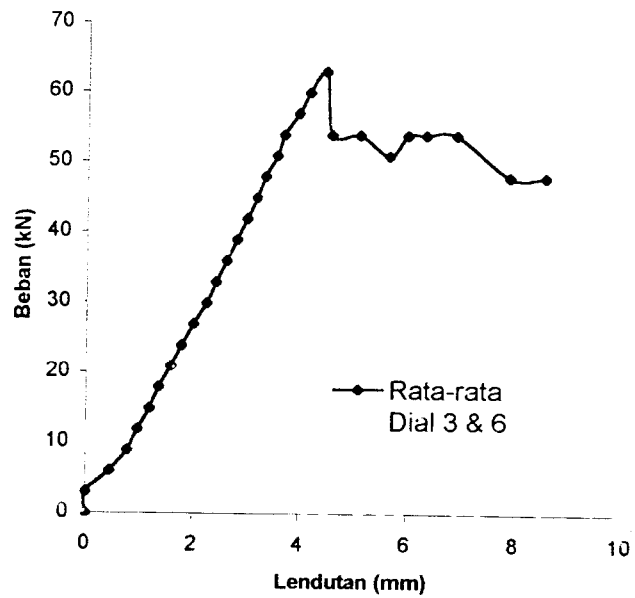
**Gambar L4.22** Grafik Hubungan Beban-Lendutan pada Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6



**Gambar L4.23** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 1 dan Dial Gauge 4



**Gambar L4.24** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 2 dan Dial Gauge 5



**Gambar L4.25** Grafik Hubungan Beban-Lendutan Rata-rata dari Dial Gauge 3 dan Dial Gauge 6

## 4. Tabel Hubungan Momen dan Kelengkungan

## a. Benda Uji I

Tabel L4.5 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji I

No.	Beban (kN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (kNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
1	0	0	0	0	0.00	0.0000
2	3	0.125	0.345	0.315	1.88	0.0010
3	6	0.3	0.761	0.73	3.75	0.0020
4	9	0.56	1.1395	1.09	5.63	0.0025
5	12	0.69		1.28	7.50	0.0029
6	15	0.915	1.775	1.685	9.38	0.0038
7	18	1.035	2.02	1.885	11.25	0.0045
8	21	1.24	2.345	2.21	13.13	0.0050
9	24	1.75	2.725	2.555	15.00	0.0046
10	27	1.86	2.96	2.77	16.88	0.0052
11	30	2.015	3.21	3.005	18.75	0.0056
12	33	2.215	3.6025	3.385	20.63	0.0064
13	36	2.345	3.94	3.685	22.50	0.0074
14	39	2.465	4.225	3.965	24.38	0.0081
15	42	2.62	4.62	4.33	26.25	0.0092
16	45	2.73	4.89	4.6	28.13	0.0098
17	48	2.845	4.965	4.61	30.00	0.0099
18	51	3.02	5.285	4.9	31.88	0.0106
19	54	3.34	5.696	5.26	33.75	0.0112
20	57	3.745	6.17	5.715	35.63	0.0115
21	60	3.845	6.325	5.875	37.50	0.0117
22	63	4.105	6.7	6.14	39.38	0.0126
23	66	4.51	7.22	6.615	41.25	0.0133
24	69	4.75	7.575	6.89	43.13	0.0140
25	66	4.93	7.445	7.105	41.25	0.0114
26	66	5.21	7.795	7.3	41.25	0.0123
27	66	5.52	8.205	7.625	41.25	0.0131
28	69	5.86	8.61	7.905	43.13	0.0138
29	69	6.2	9.115	8.3	43.13	0.0149
30	69	6.23	9.23	8.325	43.13	0.0156
31	69	6.57	9.725	9.215	43.13	0.0147



## b. Benda Uji II

Tabel L4.6 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji II

No.	Beban (kN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (kNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
	0	0	0	0	0.00	0.0000
2	3	0	0.04	0.04	1.88	0.0002
3	6	0.2	0.305	0.29	3.75	0.0005
4	9	0.52	0.67	0.7	5.63	0.0005
5	12	0.715	0.93	0.905	7.50	0.0010
6	15	0.96	1.22	1.185	9.38	0.0012
7	18	1.285	1.605	1.53	11.25	0.0016
8	21	1.49	1.8	1.695	13.13	0.0017
9	24	1.875	2.335	2.165	15.00	0.0025
10	27	2.12	2.605	2.41	16.88	0.0027
11	30	2.36	2.875	2.65	18.75	0.0030
12	33	2.585	3.13	2.87	20.63	0.0032
13	36	2.92	3.535	3.235	22.50	0.0037
14	39	3.09	3.74	3.425	24.38	0.0039
15	42	3.41	4.115	3.8	26.25	0.0041
16	45	3.6	4.32	3.91	28.13	0.0045
17	48	3.79	4.545	4.14	30.00	0.0046
18	51	4.225	5.045	4.535	31.88	0.0053
19	54	4.535	5.395	4.81	33.75	0.0058
20	57	4.855	5.76	5.185	35.63	0.0059
21	60	5.07	6	5.39	37.50	0.0062
22	63	5.26	6.23	5.58	39.38	0.0065
23	66	5.62	6.605	5.935	41.25	0.0066
24	63	5.825	6.87	6.3	39.38	0.0065
25	57	6.025	6.95	6.325	35.63	0.0062
26	57	6.645	7.24	6.61	35.63	0.0049
27	57	6.755	7.785	7.045	35.63	0.0071
28	60	7.23	8.185	7.36	37.50	0.0071
29	60	7.725	8.63	7.68	37.50	0.0074
30	60	8.225	9.05	8.01	37.50	0.0075
31	60	8.535	9.345	8.28	37.50	0.0075
32	57	8.56	9.435	8.385	35.63	0.0077
33	57	8.73	9.715	8.71	35.63	0.0080
34	54	9	10.11	9.15	33.75	0.0083
35	54	9.36	10.615	9.69	33.75	0.0087
36	54	9.735	11.15	10.25	33.75	0.0093
37	54	9.975	11.72	10.87	33.75	0.0104
38	54	10.725	12.345	11.555	33.75	0.0096
39	54	11.275	13.02	12.28	33.75	0.0099
40	52	12.025	13.94	13.33	32.50	0.0101
41	51	12.785	15.155	14.32	31.88	0.0128

## c. Benda Uji III

Tabel L4.7 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji III

No.	Beban (kN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (kNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
1	0	0	0	0	0.00	0.0000
2	3	0.035	0.05	0.055	1.69	0.0000
3	6	0.335	0.65	0.42	3.38	0.0010
4	9	0.515	0.99	0.65	5.06	0.0014
5	12	0.685	1.305	0.845	6.75	0.0019
6	15	0.92	1.755	1.125	8.44	0.0026
7	18	1.04	1.975	1.27	10.13	0.0029
8	21	1.21	2.325	1.47	11.81	0.0035
9	24	1.355	2.585	1.63	13.50	0.0039
10	27	1.515	2.925	1.82	15.19	0.0045
11	30	1.69	3.255	2.005	16.88	0.0050
12	33	1.875	3.675	2.22	18.56	0.0058
13	36	2.02	3.96	2.375	20.25	0.0063
14	39	2.19	4.325	2.565	21.94	0.0069
15	42	2.38	4.775	2.78	23.63	0.0078
16	45	2.48	4.98	2.89	25.31	0.0082
17	48	2.645	5.32	3.06	27.00	0.0088
18	51	2.84	5.75	3.27	28.69	0.0096
19	54	3	6.11	3.43	30.38	0.0103
20	57	3.125	6.415	3.58	32.06	0.0109
21	60	3.355	6.915	3.8	33.75	0.0119
22	63	3.53	7.3	3.96	35.44	0.0126
23	66	3.75	7.855	4.17	37.13	0.0138
24	69	3.98	8.42	4.38	38.81	0.0151
25	72	4.2	9.05	4.545	40.50	0.0166
26	63	4.49	9.81	4.625	35.44	0.0187
27	63	4.705	10.08	4.62	35.44	0.0193
28	63	4.935	10.32	4.715	35.44	0.0195
29	63	5.175	10.73	4.92	35.44	0.0202
30	66	5.435	11.265	5.165	37.13	0.0212
31	66	5.63	11.895	5.45	37.13	0.0226
32	66	5.785	12.625	5.765	37.13	0.0244
33	64	5.84	13.56	6.1	36.00	0.0270
34	64	5.65	14.88	6.68	36.00	0.0310
35	63	5.475	15.805	7.325	35.44	0.0334
36	63	5.415	17.51	7.895	35.44	0.0386
37	63	5.45	18.625	8.295	35.44	0.0418
38	63	5.61	19.73	8.55	35.44	0.0450
39	63	5.845	20.895	8.82	35.44	0.0482
40	63	6.06	22.06	9.12	35.44	0.0514
41	63	6.275	23.715	9.385	35.44	0.0565
42	63	6.5	24.385	9.63	35.44	0.0580

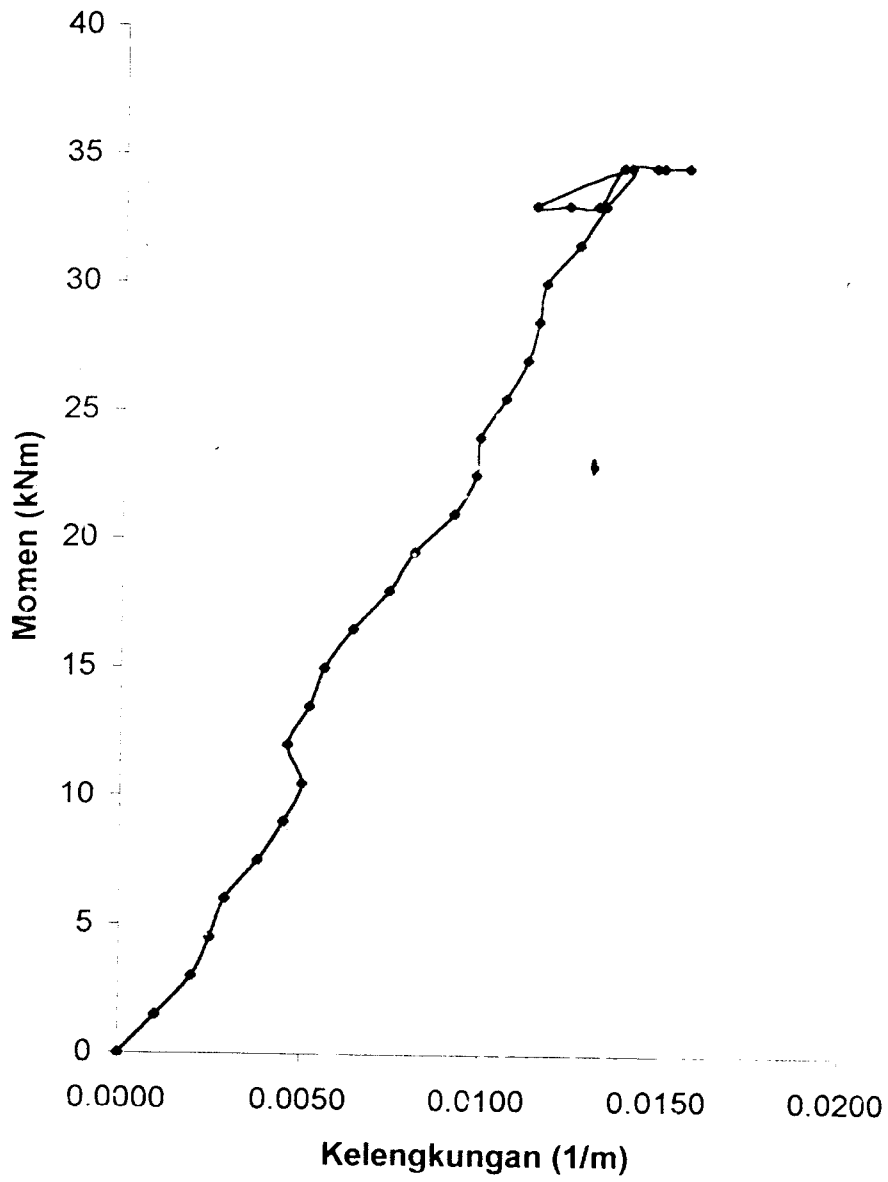
d. Benda Uji IV

Tabel L4.8 Hasil Pengujian Kuat Lentur pada Benda Uji IV

No.	Beban (kN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (kNm)	Kelengkungan (1/m)
		Dial 1 & 4	Dial 2 & 5	Dial 3 & 6		
	0	0	0	0	0.00	0.0000
2	3	0	0.385	0	1.69	0.0014
3	6	0.2	1.045	0.445	3.38	0.0026
4	9	0.585	1.635	0.775	5.06	0.0034
5	12	0.875	2.03	0.97	6.75	0.0039
6	15	1.14	2.44	1.185	8.44	0.0045
7	18	1.39	2.82	1.36	10.13	0.0051
8	21	1.635	3.225	1.58	11.81	0.0058
9	24	1.86	3.6	1.77	13.50	0.0063
10	27	2.135	4.065	1.995	15.19	0.0071
11	30	2.435	4.57	2.24	16.88	0.0079
12	33	2.65	4.965	2.41	18.56	0.0087
13	36	2.905	5.37	2.615	20.25	0.0093
14	39	3.14	5.805	2.805	21.94	0.0101
15	42	3.38	6.24	2.99	23.63	0.0109
16	45	3.58	6.19	3.18	25.31	0.0100
17	48	3.76	6.57	3.335	27.00	0.0107
18	51	3.98	7.05	3.555	28.69	0.0117
19	54	4.12	7.365	3.69	30.38	0.0123
20	57	4.39	8.02	3.965	32.06	0.0137
21	60	4.57	8.48	4.16	33.75	0.0146
22	63	4.765	9.195	4.465	35.44	0.0163
23	54	4.71	11	4.575	30.38	0.0235
24	54	5.01	11.615	5.1	30.38	0.0253
25	51	5.17	13.275	5.645	28.69	0.0307
26	54	5.485	14.005	5.99	30.38	0.0329
27	54	5.715	14.705	6.33	30.38	0.0350
28	54	6.29	15.41	6.905	30.38	0.0367
29	48	6.28	17.68	7.885	27.00	0.0430
30	48	6.29	18.97	8.55	27.00	0.0464

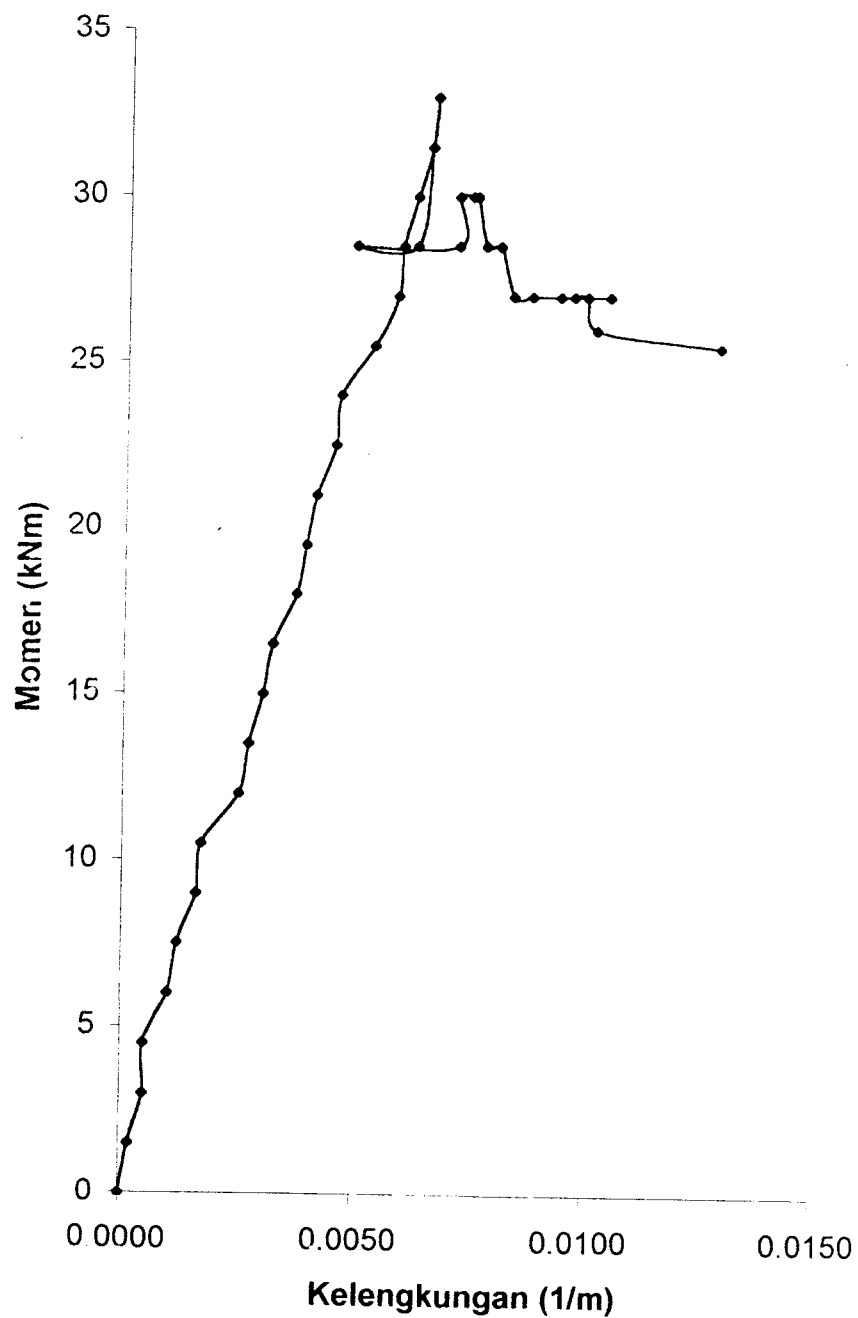
## 5. Grafik Hubungan Momen dan Kelengkungan

## a. Benda Uji I



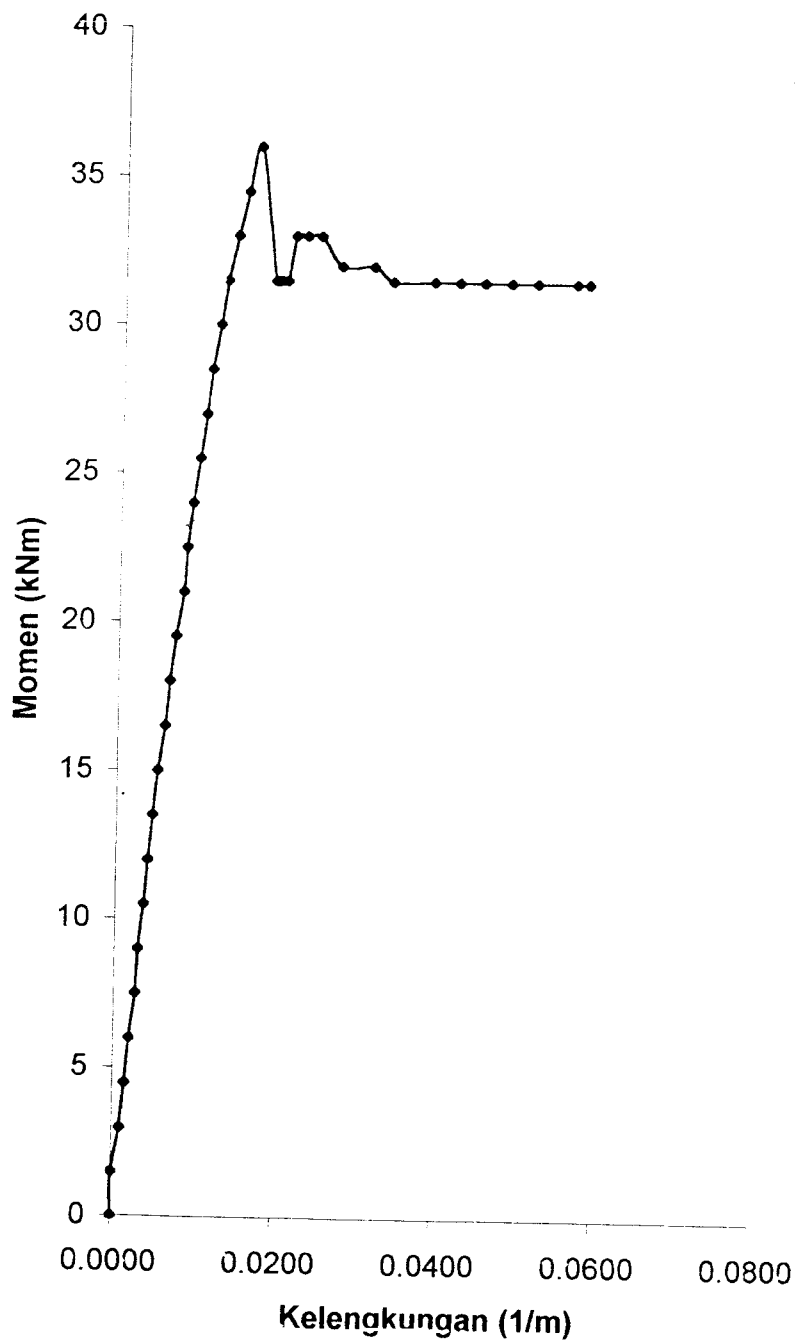
Gambar L4.26 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji I

## b. Benda Uji II



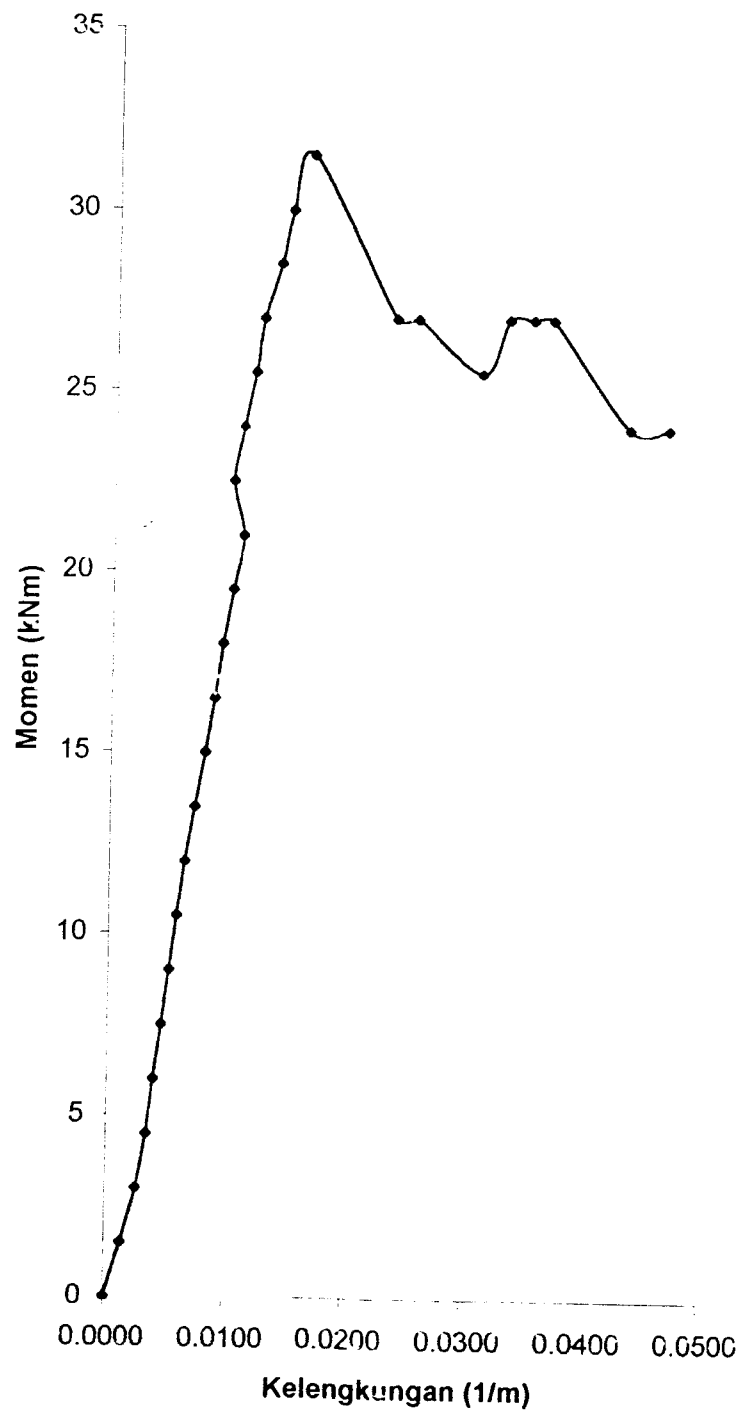
Gambar L4.27 Grafik Hubungan Momen-kelengkungan Benda Uji II

c. Benda Uji III



Gambar L4.28 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji III

d. Benda Uji IV



Gambar L4.29 Grafik Hubungan Momen-Kelengkungan Benda Uji IV

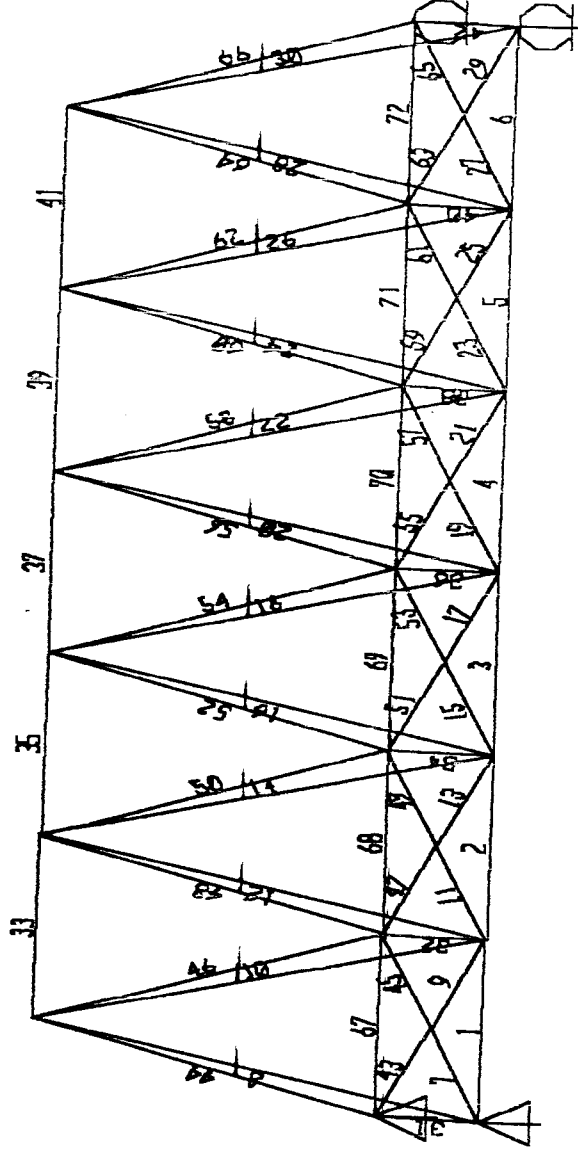
# LAMPIRAN

V



ANALISIS GAYA BATANG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER SAP 2000

1. Benda Uji I



Gambar L5.1 Benda Uji I

a. Struktur diasumsikan sebagai Space Frame dengan pembebanan maksimum 69 KN

**Tabel L5.1** Gaya-gaya Batang Space Frame pada Benda Uji I

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm <sup>4</sup> )	Luas (A) (cm <sup>2</sup> )	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
1	1	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	11.46063	-	35.26848	P<Pk
2	2	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	34.00335	-	35.26848	P<Pk
3	3	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	56.13724	-	35.26848	P>Pk
4	4	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	56.13724	-	35.26848	P>Pk
5	5	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	34.00335	-	35.26848	P<Pk
6	6	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	11.46063	-	35.26848	P<Pk
7	7	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.724291	-	16.12704	P<Pk
8	8	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-36.74689	-	22.1330489	-	P>Pk
9	9	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.721215	-	16.12704	P<Pk
10	10	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.29465	-	25.69776	P>Pk
11	11	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.011959	-	16.12704	P<Pk
12	12	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-38.19051	-	8.972335145	-	P>Pk
13	13	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.02078	-	16.12704	P<Pk
14	14	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.1008	-	25.69776	P>Pk
15	15	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.748711	-	16.12704	P<Pk
16	16	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-38.1529	-	8.972335145	-	P>Pk
17	17	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.751088	-	16.12704	P<Pk
18	18	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	0.1621549	-	8.972335145	-	P<Pk
19	19	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.751088	-	16.12704	P<Pk
20	20	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-0.1621549	-	8.972335145	-	P<Pk
21	21	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.748711	-	16.12704	P<Pk
22	22	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-38.1529	-	8.972335145	-	P>Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan	
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)		
23	23	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.02078	-	16.12704	P<Pk	
24	24	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.1008	-	25.69776	P>Pk	
25	25	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.011959	-	16.12704	P<Pk	
26	26	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-35.19051	-	8.972335145	-	-	P>Pk
27	27	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.721215	-	16.12704	P<Pk	
28	28	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.29465	-	25.69776	P>Pk	
29	29	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.724291	-	16.12704	P<Pk	
30	30	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-35.74689	-	22.1330489	-	-	P>Pk
31	31	50	2.540	0.571	1.470	80.203	0	0	0	0	-	-
32	32	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-4.708821	-	5.244412896	-	-	P<Pk
33	33	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-36.26333	-	166.1174992	-	-	P<Pk
34	34	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-9.642057	-	5.244412896	-	-	P>Pk
35	35	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-37.99054	-	166.1174992	-	-	P<Pk
36	36	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-12.17742	-	5.244412896	-	-	P>Pk
37	37	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-124.7479	-	166.1174992	-	-	P<Pk
38	38	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-9.642057	-	5.244412896	-	-	P<Pk
39	39	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-37.99054	-	166.1174992	-	-	P>Pk
40	40	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-4.708821	-	5.244412896	-	-	P<Pk
41	41	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-36.26333	-	166.1174992	-	-	P<Pk
42	42	50	2.540	0.571	1.470	80.203	0	0	0	0	-	-
43	43	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.724291	-	16.12704	P<Pk	
44	44	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-35.74689	-	22.1330489	-	-	P>Pk
45	45	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.721215	-	16.12704	P<Pk	
46	46	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.29465	-	25.69776	P>Pk	
47	47	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.011959	-	16.12704	P<Pk	
48	48	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-35.19051	-	8.972335145	-	-	P>Pk
49	49	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.02078	-	16.12704	P<Pk	

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan	
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)		
50	50	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.1008	-	-	-	P>Pk
51	51	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.748711	-	-	25.69776	P<Pk
52	52	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-38.1529	-	8.972335145	-	16.12704	P>Pk
53	53	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.751088	-	-	16.12704	P<Pk
54	54	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-0.1621549	-	8.972335145	-	-	P<Pk
55	55	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.751088	-	-	16.12704	P<Pk
56	56	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-0.1621549	-	8.972335145	-	-	P<Pk
57	57	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	8.748711	-	-	16.12704	P<Pk
58	58	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-38.1529	-	8.972335145	-	-	P>Pk
59	59	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.02078	-	-	16.12704	P<Pk
60	60	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.1008	-	-	25.69776	P>Pk
61	61	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.011959	-	-	16.12704	P<Pk
62	62	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-38.19051	-	8.972335145	-	-	P>Pk
63	63	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.721215	-	-	16.12704	P<Pk
64	64	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	38.29465	-	-	25.69776	P>Pk
65	65	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.724291	-	-	16.12704	P<Pk
66	66	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-38.74689	-	22.1330489	-	-	P>Pk
67	67	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	11.46063	-	-	35.26848	P<Pk
68	68	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	34.00335	-	-	35.26848	P<Pk
69	69	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	56.13724	-	-	35.26848	P>Pk
70	70	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	56.13724	-	-	35.26848	P>Pk
71	71	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	34.00335	-	-	35.26848	P<Pk
72	72	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	11.46063	-	-	35.26848	P<Pk

Contoh:

Batang No. 12

Diketahui:

$$L = 73.095 \text{ cm} \quad E = 21000 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = 0.232 \text{ cm}^4, \quad P = 38,19 \text{ KN}$$

Jawaban :

$$P_{\text{kritis (tekan)}} = \frac{\pi^2 X E X I}{L^2} = \frac{3.14^2 X 21000 X 0.232}{73.095^2} = 8.972 \text{ KN}$$

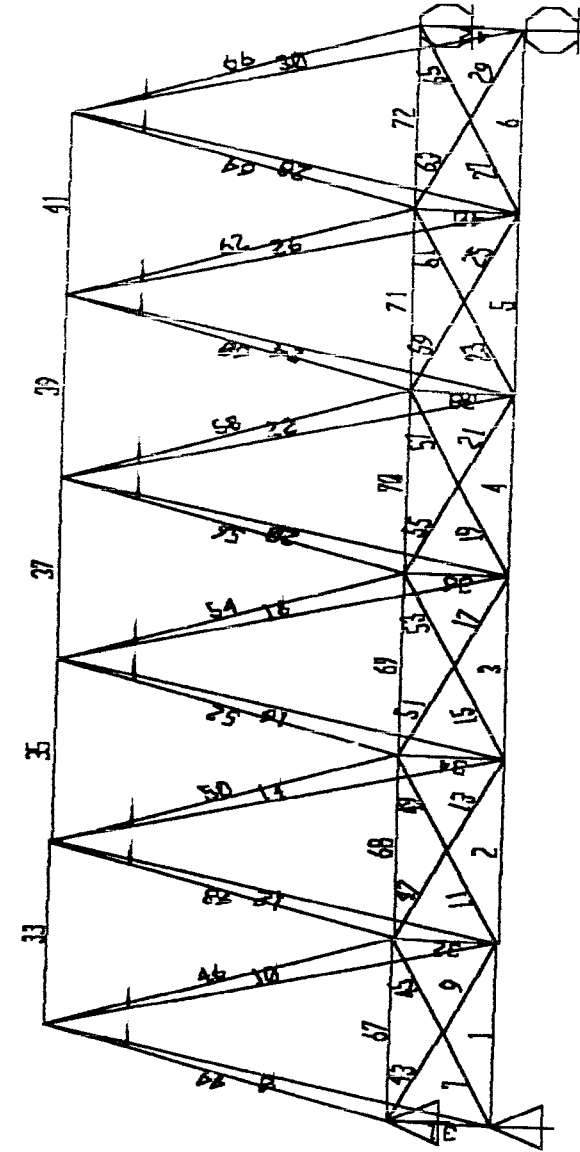
$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 3, 8, 10, 12, 14, 16, 22, 24, 26, 28, 31, 33, 36, 38, 44, 46, 48, 50, 52, 58, 60, 62, 64, 66, 69 dan 70.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 35 dan 39.

ANALISIS GAYA BATANG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER SAP 2000

2. Benda Uji I



Gambar L5.1 Benda Uji

- b. Struktur diasumsikan sebagai Space Truss pada pembebanan maksimum 69 KN

**Tabel L5.2** Gaya-gaya Batang Space Truss pada Benda Uji I

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan	
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)		
1	1	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	10.33663	-	-	-	
2	2	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	29.64505	-	35.26848	35.26848	P<Pk
3	3	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	49.29518	-	35.26848	35.26848	P<Pk
4	4	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	49.29518	-	35.26848	35.26848	P>Pk
5	5	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	29.64505	-	35.26848	35.26848	P>Pk
6	6	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	10.33663	-	35.26848	35.26848	P<Pk
7	7	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.581797	-	16.12704	-	P<Pk
8	8	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-36.53044	-	22.1330489	-	-	P<Pk
9	9	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.564621	-	-	-	P>Pk
10	10	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	33.45982	-	16.12704	16.12704	P<Pk
11	11	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.419804	-	25.69776	25.69776	P>Pk
12	12	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-33.49353	-	-	16.12704	16.12704	P<Pk
13	13	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.403242	-	8.97233515	-	P>Pk
14	14	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	33.9543	-	-	16.12704	P<Pk
15	15	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.852455	-	-	25.69776	P>Pk
16	16	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-35.10025	-	8.97233515	-	16.12704	P<Pk
17	17	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.843712	-	-	-	P>Pk
18	18	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-0.9875795	-	8.97233515	-	16.12704	P<Pk
19	19	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.843712	-	-	16.12704	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
20	20	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-0.9875795	-	8.97233515	-	P<Pk
21	21	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.852455	-	16.12704	P<Pk
22	22	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-35.10025	-	8.97233515	-	P>Pk
23	23	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.403242	-	16.12704	P<Pk
24	24	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	33.9543	-	25.69776	P>Pk
25	25	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.419804	-	16.12704	P<Pk
26	26	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-33.49353	-	8.97233515	-	P>Pk
27	27	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.564621	-	-	P>Pk
28	28	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	33.45982	-	16.12704	P<Pk
29	29	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.581797	-	25.69776	P>Pk
30	30	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-36.53044	-	-	16.12704	P<Pk
31	31	50	2.540	0.571	1.470	80.203	0	-	22.1330489	-	P>Pk
32	32	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-4.169336	-	0	0	-
33	33	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-44.22377	-	5.2444129	-	P<Pk
34	34	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-8.189684	-	166.117499	-	P<Pk
35	35	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-87.28406	-	5.2444129	-	P>Pk
36	36	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-10.31189	-	166.117499	-	P<Pk
37	37	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-109.1079	-	5.2444129	-	P>Pk
38	38	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-8.189684	-	166.117499	-	P<Pk
39	39	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-87.28406	-	5.2444129	-	P>Pk
40	40	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-4.169336	-	166.117499	-	P<Pk
41	41	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-44.22377	-	5.2444129	-	P<Pk
42	42	50	2.540	0.571	1.470	80.203	0	-	166.117499	-	P>Pk
43	43	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0	0	0	-
44	44	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-36.53044	1.581797	-	16.12704	P<Pk
45	45	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	-	22.1330489	-	P>Pk
46	46	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	1.564621	-	16.12704	P<Pk
								33.45982	-	25.69776	P>Pk



No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
47	47	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.419804	-	16.12704	P<Pk
48	48	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-33.49353	-	8.97233515	-	P>Pk
49	49	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.403242	-	16.12704	P<Pk
50	50	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	33.9543	-	25.69776	P>Pk
51	51	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.852455	-	16.12704	P<Pk
52	52	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-35.10025	-	8.97233515	-	P>Pk
53	53	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.843712	-	16.12704	P<Pk
54	54	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-0.9875795	-	8.97233515	-	P<Pk
55	55	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.843712	-	16.12704	P<Pk
56	56	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-0.9875795	-	8.97233515	-	P<Pk
57	57	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	7.852455	-	16.12704	P<Pk
58	58	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-35.10025	-	8.97233515	-	P>Pk
59	59	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.403242	-	16.12704	P<Pk
60	60	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	33.9543	-	25.69776	P>Pk
61	61	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.419804	-	16.12704	P<Pk
62	62	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-33.49353	-	8.97233515	-	P>Pk
63	63	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.564621	-	16.12704	P<Pk
64	64	73.095	1.905	0.232	1.071	157.191	-	33.45982	-	25.69776	P>Pk
65	65	35.350	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.581797	-	16.12704	P<Pk
66	66	73.095	2.540	0.571	1.470	117.248	-36.53044	-	22.1330489	-	P>Pk
67	67	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	10.33663	-	35.26848	P<Pk
68	68	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	29.64505	-	35.26848	P<Pk
69	69	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	49.29518	-	35.26848	P>Pk
70	70	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	49.29518	-	35.26848	P>Pk
71	71	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	29.64505	-	35.26848	P<Pk
72	72	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	10.33663	-	35.26848	P<Pk

Contoh:

Batang No. 12

Diketahui:

$$L = 73.095 \text{ cm}$$

$$E = 21000 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = 0.232 \text{ cm}^4$$

$$P = 33,4935 \text{ KN}$$

Jawaban :

$$P_{\text{kritis (tekan)}} = \frac{\pi^2 X E X I}{L^2} = \frac{3.14^2 X 21000 X 0,232}{73.095^2} = 8.972 \text{ KN}$$

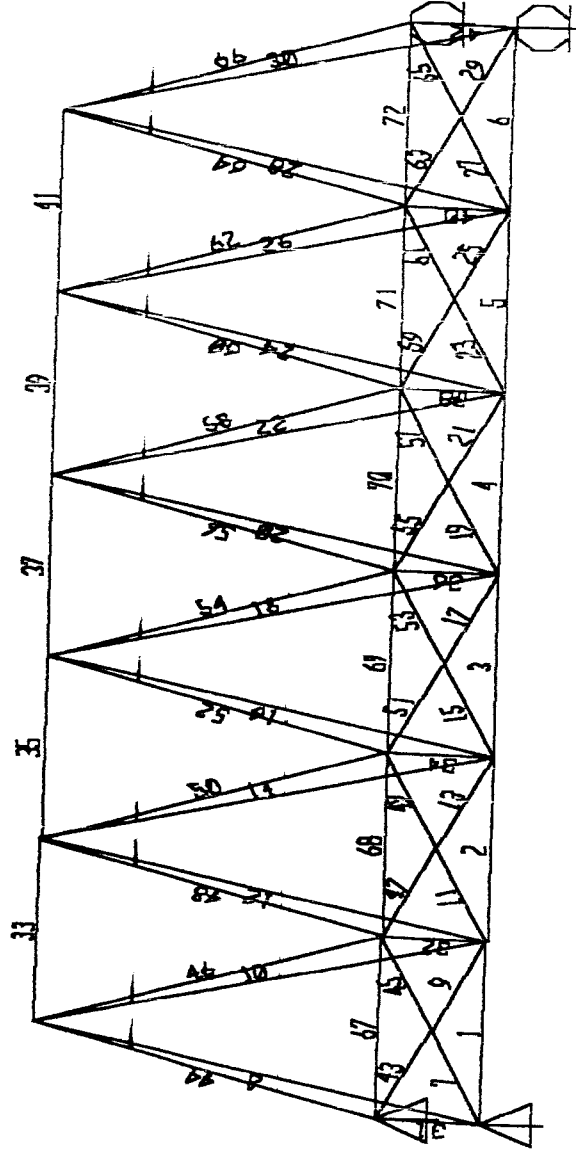
$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 4, 8, 10, 12, 14, 16, 22, 24, 26, 28, 30, 31, 34, 36, 38, 41, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 58, 60, 62, 64, 66, 69 dan 70.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 35 dan 39.

ANALISIS GAYA BATANG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER SAP 2000

3. Benda Uji II



Gambar L5.1 Benda Uji II

a. Struktur diasumsikan sebagai Space Frame pada pembebanan maksimum 66 KN

**Tabel L5.3** Gaya-gaya Batang Space Frame pada Benda Uji II

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
1	1	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	8.15073	-	35.26848	P<Pk
2	2	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	24.16634	-	35.26848	P<Pk
3	3	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	39.86832	-	35.26848	P>Pk
4	4	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	39.86832	-	35.26848	P>Pk
5	5	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	24.16634	-	35.26848	P<Pk
6	6	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	8.15073	-	35.26848	P<Pk
7	7	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.225412	-	16.12704	P<Pk
8	8	96.59	2.540	0.571	1.470	154.935	-	1.223675	-	35.26848	P<Pk
9	9	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.560493	-	16.12704	P<Pk
10	10	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.567568	-	25.69776	P<Pk
11	11	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.212529	-	16.12704	P<Pk
12	12	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	6.214564	-	25.69776	P<Pk
13	13	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.214564	-	16.12704	P<Pk
14	14	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	6.212529	-	25.69776	P<Pk
15	15	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.567568	-	16.12704	P<Pk
16	16	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.560493	-	25.69776	P<Pk
17	17	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.223675	-	16.12704	P<Pk
18	18	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	1.225412	-	25.69776	P<Pk
19	19	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-35.31641	-	-	10.4919944	P>Pk
20	20	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	34.89681	-	-	5.13826497	P>Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
21	21	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-34.78694	-	10.4919944	-	P>Pk
22	22	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	34.66105	-	5.13826497	-	P>Pk
23	23	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-34.7181	-	10.4919944	-	P>Pk
24	24	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-0.1588045	-	5.13826497	-	P<Pk
25	25	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.1741531	-	10.4919944	-	P<Pk
26	26	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-34.70275	-	5.13826497	-	P>Pk
27	27	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	34.6457	-	16.12704	P>Pk
28	28	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-34.77159	-	5.13826497	-	P>Pk
29	29	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	34.88146	-	16.12704	P>Pk
30	30	96.59	2.540	0.571	1.470	154.935	-35.29364	-	12.675125	-	P>Pk
31	31	50	2.540	0.571	1.470	80.203	0	0	0	0	P>Pk
32	32	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-3.351554	-	5.2444129	-	P<Pk
33	33	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-6.85218	-	166.117499	-	P<Pk
34	34	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-8.646188	-	5.2444129	-	P>Pk
35	35	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-6.85218	-	166.117499	-	P<Pk
36	36	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-3.351554	-	5.2444129	-	P<Pk
37	37	50	3.810	2.006	2.267	53.158	0	0	0	0	P<Pk
38	38	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-35.73591	-	5.2444129	-	P>Pk
39	39	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-71.03301	-	166.117499	-	P<Pk
40	40	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-88.59126	-	5.2444129	-	P>Pk
41	41	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-71.03301	-	166.117499	-	P<Pk
42	42	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-35.73591	-	47.3016811	-	P<Pk
43	43	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.225412	-	16.12704	P<Pk
44	44	96.59	2.540	0.571	1.470	154.935	-	1.223675	-	35.26848	P<Pk
45	45	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.560493	-	16.12704	P<Pk
46	46	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.567568	-	25.69776	P<Pk
47	47	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.212529	-	16.12704	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
48	48	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	6.214564	-	25.69776	P<Pk
49	49	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.214564	-	16.12704	P<Pk
50	50	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	6.212529	-	25.69776	P<Pk
51	51	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.567568	-	16.12704	P<Pk
52	52	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.560493	-	25.69776	P<Pk
53	53	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.223675	-	16.12704	P<Pk
54	54	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	1.225412	-	25.69776	P<Pk
55	55	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-35.31641	-	10.4919944	-	P>Pk
56	56	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	34.89681	-	25.69776	P>Pk
57	57	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-34.78694	-	10.4919944	-	P>Pk
58	58	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	34.66105	-	25.69776	P>Pk
59	59	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	-	10.4919944	-	P>Pk
60	60	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-34.7181	-	10.4919944	-	P>Pk
61	61	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.1588045	-	5.13826497	-	P<Pk
62	62	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-0.1741531	-	10.4919944	-	P<Pk
63	63	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-34.70275	-	5.13826497	-	P>Pk
64	64	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	34.6457	-	16.12704	P>Pk
65	65	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-34.77159	-	5.13826497	-	P>Pk
66	66	96.59	2.540	0.571	1.470	154.935	-35.29364	-	12.675125	-	P>Pk
67	67	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	34.88146	-	16.12704	P>Pk
68	68	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	8.15073	-	35.26848	P<Pk
69	69	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	24.16634	-	35.26848	P<Pk
70	70	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	39.86832	-	35.26848	P>Pk
71	71	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	39.86832	-	35.26848	P>Pk
72	72	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	24.16634	-	35.26848	P<Pk
					1.470	80.203	-	8.15073	-	35.26848	P<Pk

Contoh:

Batang No. 21

Diketahui:

$$L = 96.590 \text{ cm} \quad E = 21000 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = 0.232 \text{ cm}^4 \quad P = 34.78 \text{ KN}$$

Jawaban :

$$P_{\text{kritis (tekan)}} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L^2} = \frac{3.14^2 \times 21000 \times 0.232}{96.590^2} = 5.138 \text{ KN}$$

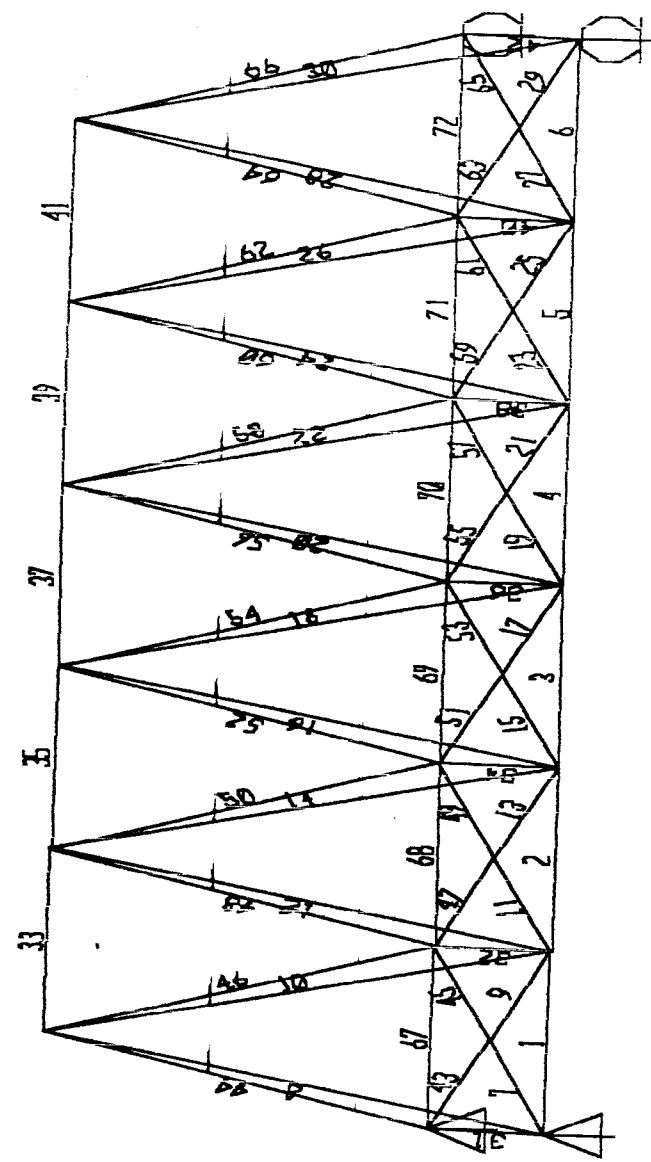
$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 3, 4, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 37, 38, 40, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 dan 71.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 21, 57, 28, 64, 39 dan 41.

ANALISIS GAYA BATANG DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM KOMPUTER SAP 2000

4. Benda Uji II



Gambar L5.1 Benda Uji II



b. Struktur diasumsikan sebagai Space Truss dengan beban maksimum 66 kN

**Tabel I.5.4 Gaya-gaya Batang Space Truss pada Benda Uji II**

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm <sup>4</sup> )	Luas (A) (cm <sup>2</sup> )	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (kN)	Tarik (kN)	Tekan (kN)	Tarik (kN)	
1	1	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	7.528854	-	35.26848	P<Pk
2	2	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	21.53866	-	35.26848	P<Pk
3	3	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	35.60857	-	35.26848	P>Pk
4	4	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	35.60857	-	35.26848	P>Pk
5	5	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	21.53866	-	35.26848	P<Pk
6	6	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	7.528854	-	35.26848	P<Pk
7	7	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.146743	-	16.12704	P<Pk
8	8	96.59	2.540	0.571	1.470	154.935	-	1.134143	-	35.26848	P<Pk
9	9	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.203432	-	16.12704	P<Pk
10	10	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.191513	-	25.69776	P<Pk
11	11	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.65962	-	16.12704	P<Pk
12	12	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	5.653394	-	25.69776	P<Pk
13	13	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.653394	-	16.12704	P<Pk
14	14	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	5.65962	-	25.69776	P<Pk
15	15	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.191513	-	16.12704	P<Pk
16	16	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.203432	-	25.69776	P<Pk
17	17	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.134143	-	16.12704	P<Pk
18	18	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	1.146743	-	25.69776	P<Pk
19	19	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-33.6661	-	10.491994	-	P<Pk
20	20	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	31.03729	-	25.69776	P>Pk
21	21	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-30.93923	-	10.491994	-	P>Pk
22	22	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	31.14346	-	25.69776	P>Pk
23	23	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-32.08117	-	10.491994	-	P>Pk
24	24	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-0.8586025	-	5.138265	-	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm <sup>4</sup> )	Luas (A) (cm <sup>2</sup> )	KLR	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
25	25	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.8739511	-	10.491994	-	P<Pk
26	26	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-32.06582	-	5.138265	-	P>Pk
27	27	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	31.12811	-	16.12704	P>Pk
28	28	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-30.92388	-	5.138265	-	P>Pk
29	29	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	31.02195	-	16.12704	P>Pk
30	30	96.59	2.540	0.571	1.470	154.935	-33.64333	-	12.675125	-	P>Pk
31	31	50	2.540	0.571	1.470	80.203	0	0	0	0	P>Pk
32	32	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-3.058527	-	5.2444129	-	P<Pk
33	33	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-5.951854	-	166.1175	-	P<Pk
34	34	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-7.463185	-	5.2444129	-	P>Pk
35	35	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-5.951854	-	166.1175	-	P<Pk
36	36	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-3.058527	-	5.2444129	-	P<Pk
37	37	50	3.810	2.006	2.267	53.158	0	0	0	0	P<Pk
38	38	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-32.18401	-	5.2444129	-	P<Pk
39	39	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-63.21976	-	166.1175	-	P<Pk
40	40	50	1.270	0.063	0.672	162.878	-78.83972	-	5.2444129	-	P<Pk
41	41	50	3.810	2.006	2.267	53.158	-63.21976	-	166.1175	-	P<Pk
42	42	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-32.18401	-	47.301681	-	P<Pk
43	43	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.146743	-	16.12704	P<Pk
44	44	96.59	2.540	0.571	1.470	154.935	-	1.134143	-	35.25848	P<Pk
45	45	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.203432	-	16.12704	P<Pk
46	46	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.191513	-	25.69776	P<Pk
47	47	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.65962	-	16.12704	P<Pk
48	48	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	5.653394	-	25.69776	P<Pk
49	49	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.653394	-	16.12704	P<Pk
50	50	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	5.65962	-	25.69776	P<Pk
51	51	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.191513	-	16.12704	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KLu/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
52	52	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	3.203432	-	25.69776	P<Pk
53	53	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.134143	-	16.12704	P<Pk
54	54	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	1.146743	-	25.69776	P<Pk
55	55	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-33.6661	-	10.491994	-	P>Pk
56	56	96.59	1.905	0.232	1.071	207.717	-	31.03729	-	25.69776	P>Pk
58	58	96.59	1.270	0.063	0.672	115.155	-30.93923	-	-	-	P>Pk
59	59	35.35	1.905	0.232	1.071	207.717	-	31.14346	-	25.69776	P>Pk
60	60	96.59	1.270	0.063	0.672	115.155	-32.08117	-	10.491994	-	P>Pk
61	61	35.35	1.905	0.232	1.071	207.717	-0.8586025	-	5.138265	-	P<Pk
62	62	96.59	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.8739511	-	10.491994	-	P<Pk
63	63	35.35	1.905	0.232	1.071	207.717	-32.06582	-	5.138265	-	P>Pk
64	64	96.59	1.905	0.232	0.672	115.155	-	31.12811	-	16.12704	P>Pk
65	65	35.35	1.270	0.063	1.071	207.717	-30.92388	-	5.138265	-	P>Pk
66	66	96.59	2.540	0.571	0.672	115.155	-	31.02195	-	16.12704	P>Pk
67	67	50	2.540	0.571	1.470	154.935	-33.64333	-	12.675125	-	P>Pk
68	68	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	7.528854	-	35.26848	P>Pk
69	69	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	21.53866	-	35.26848	P>Pk
70	70	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	35.60857	-	35.26848	P>Pk
71	71	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	35.60857	-	35.26848	P>Pk
72	72	50	2.540	0.571	1.470	80.203	-	21.53866	-	35.26848	P<Pk
					1.470	80.203	-	7.528854	-	35.26848	P<Pk

Contoh:

Batang No. 21

Diketahui:

$$L = 96.590 \text{ cm} \quad E = 21000 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = 0.232 \text{ cm}^4 \quad P = 12.61 \text{ KN}$$

Jawaban :

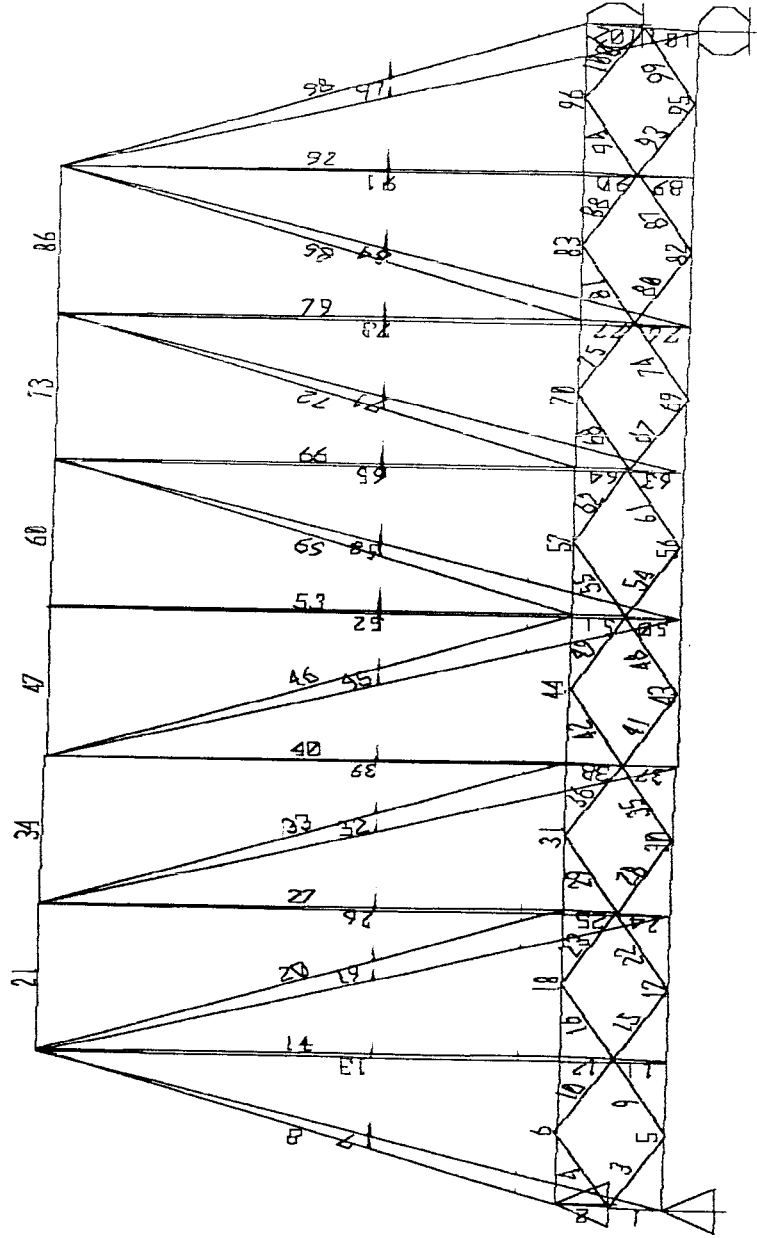
$$P_{\text{kritis (tekap)}} = \frac{\pi^2 X E X I}{L^2} = \frac{3.14^2 X 21000 X 0.232}{96.590^2} = 5.138 \text{ KN}$$

$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 2, 4, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 37, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65, 66, 69 dan 70.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 21, 57, 28, 64, 39 dan 41.

5. Benda Uji III



Gambar L5.3 Benda Uji III

a. Struktur diasumsikan sebagai Space Frame pada pembebanan maksimum 72 KN

**Tabel L5.5** Gaya-gaya Batang Space Frame pada Benda Uji III

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
1	1	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-9.206E-04	-	189.2067243	-	P<Pk
2	2	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-	9.20697E-04	-	35.26848	P<Pk
3	3	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.06056E-02	-	16.12704	P<Pk
4	4	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.91554E-02	-	16.12704	P<Pk
5	5	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.03211	-	35.26848	P<Pk
6	6	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.21507	-	35.26848	P<Pk
7	7	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-39.59641	-	4.516871518	-	P>Pk
8	8	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-39.96624	-	4.516871518	-	P>Pk
9	9	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.51324E-02	-	16.12704	P<Pk
10	10	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.06285E-02	-	16.12704	P<Pk
11	11	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.36904E-02	-	16.12704	P<Pk
12	12	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.04369E-02	-	16.12704	P<Pk
13	13	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-0.2330327	-	4.516871518	-	P<Pk
14	14	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-0.1043324	-	4.516871518	-	P<Pk
15	15	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.30810E-02	-	16.12704	P<Pk
16	16	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.41719E-02	-	16.12704	P<Pk
17	17	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.1188	-	35.26848	P<Pk
18	18	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.29421	-	35.26848	P<Pk
19	19	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	39.07433	-	25.69776	P>Pk
20	20	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	38.7469	-	25.69776	P>Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KLr	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
21	21	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-55.94523	-	295.3199986	-	P<Pk
22	22	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.42108E-02	-	16.12704	P<Pk
23	23	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.30422E-02	-	16.12704	P<Pk
24	24	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.1820675	-	20.97765158	-	P<Pk
25	25	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.1808965	-	20.97765158	-	P<Pk
26	26	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.64783	-	4.516871518	-	P>Pk
27	27	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.42786	-	4.516871518	-	P>Pk
28	28	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.17535E-02	-	16.12704	P<Pk
29	29	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.20443E-02	-	16.12704	P<Pk
30	30	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	28.0344	-	35.26848	P<Pk
31	31	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	28.10272	-	35.26848	P<Pk
32	32	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	37.65454	-	25.69776	P>Pk
33	33	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	37.69957	-	25.69776	P>Pk
34	34	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-82.94925	-	295.3199986	-	P<Pk
35	35	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.19464E-02	-	16.12704	P<Pk
36	36	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.18514E-02	-	16.12704	P<Pk
37	37	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	7.69934E-02	-	16.12704	P<Pk
38	38	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	7.65899E-02	-	16.12704	P<Pk
39	39	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.76307	-	4.516871518	-	P<Pk
40	40	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.75365	-	4.516871518	-	P<Pk
41	41	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.90178E-02	-	16.12704	P<Pk
42	42	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0595842	-	16.12704	P<Pk
43	43	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	41.44449	-	35.26848	P>Pk
44	44	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	41.52412	-	35.26848	P>Pk
45	45	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.75474	-	25.69776	P<Pk
46	46	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.7761989	-	25.69776	P<Pk
47	47	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-83.76775	-	295.3199986	-	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
48	48	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.95335E-02	-	16.12704	P<PK
49	49	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.90684E-02	-	16.12704	P<PK
50	50	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.0543911	-	16.12704	P<PK
51	51	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	5.44877E-02	-	16.12704	P<PK
52	52	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-1.940011	-	4.516871518	-	P<PK
53	53	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-1.95806	-	4.516871518	-	P<PK
54	54	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.90467E-02	-	16.12704	P<PK
55	55	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0595552	-	16.12704	P<PK
56	56	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	41.42933	-	35.26848	P<PK
57	57	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	41.53928	-	35.26848	P<PK
58	58	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.7946371	-	25.69776	P<PK
59	59	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.7363226	-	25.69776	P<PK
60	60	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-83.75775	-	295.3199986	-	P<PK
61	61	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.94851E-02	-	16.12704	P<PK
62	62	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0591168	-	16.12704	P<PK
63	63	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	7.70138E-02	-	16.12704	P<PK
64	64	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	7.65730E-02	-	16.12704	P<PK
65	65	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.79372	-	4.516871518	16.12704	P>PK
66	66	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.72291	-	4.516871518	-	P>PK
67	67	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.14329E-02	-	16.12704	P<PK
68	68	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.23650E-02	-	16.12704	P<PK
69	69	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	28.00541	-	35.26848	P<PK
70	70	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	28.13179	-	35.26848	P<PK
71	71	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	37.68739	-	25.69776	P>PK
72	72	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	37.6666	-	25.69776	P>PK
73	73	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-82.94923	-	295.3199986	-	P<PK
74	74	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.22240E-02	-	16.12704	P<PK



No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
75	75	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.15745E-02	-	16.12704	P<Pk
76	76	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.1820853	-	20.97765158	-	P<Pk
77	77	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.1808923	-	20.97765158	-	P<Pk
78	78	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.68012	-	4.516871518	-	P>Pk
79	79	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-35.39603	-	4.516871518	-	P>Pk
80	80	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.36926E-02	-	16.12704	P<Pk
81	81	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.3560E-02	-	16.12704	P<Pk
82	82	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.0751	-	35.26848	P<Pk
83	83	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.33775	-	35.26848	P<Pk
84	84	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	39.10944	-	25.69776	P>Pk
85	85	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	38.71233	-	25.69776	P>Pk
86	86	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-55.94527	-	295.3199986	-	P<Pk
87	87	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.35292E-02	-	16.12704	P<Pk
88	88	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.37237E-02	-	16.12704	P<Pk
89	89	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.40740E-02	-	16.12704	P<Pk
90	90	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.00368E-02	-	16.12704	P<Pk
91	91	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-0.2328267	-	-	4.516871518	P<Pk
92	92	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-0.104463	-	4.516871518	-	P<Pk
93	93	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.80181E-02	-	16.12704	P<Pk
94	94	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.17423E-02	-	16.12704	P<Pk
95	95	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	13.98621	-	35.26848	P<Pk
96	96	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.26078	-	35.26848	P<Pk
97	97	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-39.63516	-	4.516871518	-	P>Pk
98	98	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-39.92759	-	4.516871518	-	P>Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
99	99	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.10845E-02	-	16.12704	P < Pk
100	100	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.86759E-02	-	16.12704	P < Pk
101	101	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-1.9164E-03	-	20.97765158	-	P < Pk
102	102	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	1.91648E-03	-	16.12704	P < Pk

Contoh:

Batang No. 26

Diketahui:

$$L = 103.02 \text{ cm} \quad E = 21000 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = 0.232 \text{ cm}^4 \quad P = 35.64 \text{ KN}$$

Jawaban :

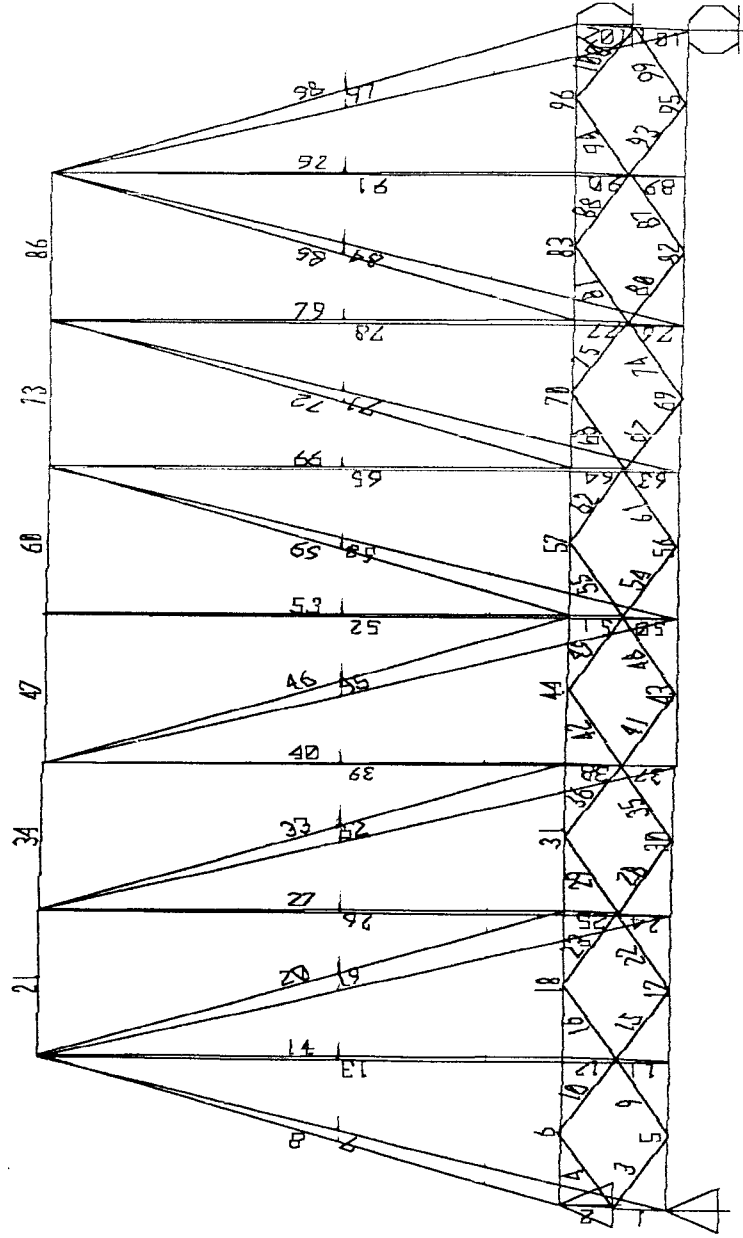
$$P_{\text{kritis (tekap)}} = \frac{\pi^2 X E X I}{L^2} = \frac{3.14^2 X 21000 X 0.232}{103.02^2} = 4.516 \text{ KN}$$

$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 7, 19, 20, 26, 27, 32, 33, 43, 44, 65, 66, 71, 78, 79, 84, 85 dan 97.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 26, 27, 39, 40, 65, 66, 78 dan 79.

6. Benda Uji III



Gambar L.5.3 Benda Uji III

b. Struktur diasumsikan sebagai Space Truss pada pembebanan maksimum 72 KN

**Tabel L5.6** Gaya-gaya Batang Space Truss pada Benda Uji III

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm <sup>4</sup> )	Luas (A) (cm <sup>2</sup> )	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
1	1	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-5.761E-02	-	189.2067243	-	P<Pk
2	2	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-	5.7612E-02	-	35.26848	P<Pk
3	3	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.5366E-02	-	16.12704	P<Pk
4	4	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.681E-02	-	10.49199437	-	P<Pk
5	5	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	12.88795	-	35.26848	P<Pk
6	6	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	13.08164	-	35.26848	P<Pk
7	7	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-36.58883	-	4.516871518	-	P>Pk
8	8	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-38.87519	-	4.516871518	-	P>Pk
9	9	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.681E-02	-	10.49199437	-	P<Pk
10	10	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.5366E-02	-	16.12704	P<Pk
11	11	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-8.910E-02	-	20.97765158	-	P<Pk
12	12	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.1393682	-	20.97765158	-	P<Pk
13	13	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.1877388	-	25.69776	P<Pk
14	14	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.7277283	-	25.69776	P<Pk
15	15	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.8906E-02	-	16.12704	P<Pk
16	16	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-3.063E-03	-	10.49199437	-	P<Pk
17	17	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	12.84111	-	35.26848	P<Pk
18	18	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	13.03604	-	35.26848	P<Pk
19	19	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	31.38889	-	25.69776	P>Pk
20	20	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	31.72204	-	25.69776	P>Pk
21	21	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-48.00235	-	295.3199986	-	P<Pk
22	22	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-3.063E-03	-	10.49199437	-	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
23	23	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.8906E-02	-	16.12704	P<Pk
24	24	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.2245204	-	20.97765158	-	P<Pk
25	25	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.2532893	-	20.97765158	-	P<Pk
26	26	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-28.47952	-	4.516871518	-	P>Pk
27	27	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-28.63374	-	4.516871518	-	P>Pk
28	28	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.9891E-02	-	16.12704	P<Pk
29	29	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.0937E-02	-	16.12704	P<Pk
30	30	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	23.75129	-	35.26848	P<Pk
31	31	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	24.07109	-	35.26848	P<Pk
32	32	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	30.6081	-	25.69776	P>Pk
33	33	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	30.85266	-	25.69776	P>Pk
34	34	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-69.43008	-	295.3199986	-	P<Pk
35	35	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.0937E-02	-	16.12704	P<Pk
36	36	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.9891E-02	-	16.12704	P<Pk
37	37	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.4707157	-	16.12704	P<Pk
38	38	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.4475403	-	16.12704	P<Pk
39	39	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-30.61835	-	4.516871518	-	P>Pk
40	40	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-30.67481	-	4.516871518	-	P>Pk
41	41	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.2270E-02	-	16.12704	P<Pk
42	42	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.1856E-02	-	16.12704	P<Pk
43	43	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	34.41778	-	35.26848	P<Pk
44	44	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	34.8223	-	35.26848	P<Pk
45	45	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-1.740618	-	4.516871518	-	P<Pk
46	46	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-1.601059	-	4.516871518	-	P<Pk
47	47	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-68.2113	-	295.3199986	-	P<Pk
48	48	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.1856E-02	-	16.12704	P<Pk
49	49	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.2270E-02	-	16.12704	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KLr	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
50	50	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.7297077	-	16.12704	P<Pk
51	51	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.7027384	-	16.12704	P<Pk
52	52	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.2270559	-	25.69776	P<Pk
53	53	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.2321523	-	25.69776	P<Pk
54	54	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.1482E-02	-	16.12704	P<Pk
55	55	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.2644E-02	-	16.12704	P<Pk
56	56	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	34.38062	-	35.26848	P<Pk
57	57	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	34.85893	-	35.26848	P<Pk
58	58	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-1.645303	-	4.516871518	-	P<Pk
59	59	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-1.694926	-	4.516871518	-	P<Pk
60	60	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-68.21129	-	295.3199986	-	P<Pk
61	61	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.2644E-02	-	16.12704	P<Pk
62	62	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.1482E-02	-	16.12704	P<Pk
63	63	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.4704796	-	16.12704	P<Pk
64	64	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.4477735	-	16.12704	P<Pk
65	65	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-30.6801	-	4.516871518	-	P>Pk
66	66	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-30.61434	-	4.516871518	-	P>Pk
67	67	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.0750E-02	-	16.12704	P<Pk
68	68	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.0077E-02	-	16.12704	P<Pk
69	69	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	23.68246	-	35.26848	P<Pk
70	70	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	24.13886	-	35.26848	P<Pk
71	71	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	30.6769	-	25.69776	P>Pk
72	72	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	30.78523	-	25.69776	P>Pk
73	73	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-69.42952	-	295.3199986	-	P<Pk
74	74	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.0077E-02	-	16.12704	P<Pk
75	75	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.0750E-02	-	16.12704	P<Pk
76	76	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.2249724	-	20.97765158	-	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
77	77	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.2528327	-	20.97765158	-	P<Pk
78	78	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-28.54352	-	4.516871518	-	P>Pk
79	79	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-28.57103	-	4.516871518	-	P>Pk
80	80	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.886E-03	-	10.49199437	-	P<Pk
81	81	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.8727E-02	-	16.12704	P<Pk
82	82	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	12.73855	-	35.26848	P<Pk
83	83	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	13.13702	-	35.26848	P<Pk
84	84	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	31.4623	-	25.69776	P>Pk
85	85	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	31.65	-	25.69776	P>Pk
86	86	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-48.00126	-	295.3199986	-	P<Pk
87	87	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	4.8727E-02	-	16.12704	P<Pk
88	88	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.886E-03	-	10.49199437	-	P<Pk
89	89	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-8.920E-02	-	20.97765158	-	P<Pk
90	90	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.1389616	-	20.97765158	-	P<Pk
91	91	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.1895131	-	25.69776	P<Pk
92	92	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-	0.7247013	-	25.69776	P<Pk
93	93	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.643E-02	-	10.49199437	-	P<Pk
94	94	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.4984E-02	-	16.12704	P<Pk
95	95	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	12.77695	-	35.26848	P<Pk
96	96	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	13.19104	-	35.26848	P<Pk
97	97	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-36.70281	-	4.516871518	-	P>Pk
98	98	103.02	1.905	0.232	1.071	221.545	-38.76046	-	4.516871518	-	P>Pk
99	99	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.4984E-02	-	16.12704	P<Pk
100	100	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.643E-02	-	10.49199437	-	P<Pk
101	101	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-0.057136	-	20.97765158	-	P<Pk
102	102	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.057136	-	16.12704	P<Pk



Batang No. 26

Diketahui:

$$L = 103.02 \text{ cm}$$

$$E = 21000 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = 0.232 \text{ cm}^4$$

$$P = 28.47 \text{ KN}$$

Jawaban :

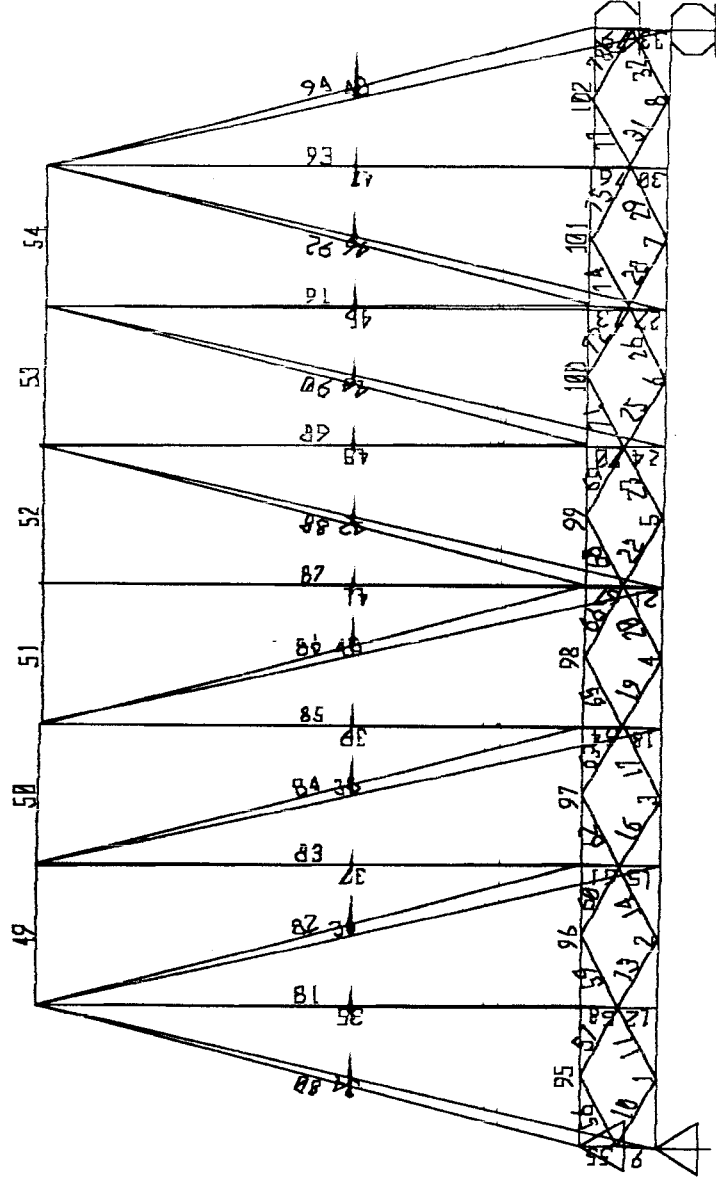
$$P_{\text{kritis (tekan)}} = \frac{\pi^2 X E X I}{L^2} = \frac{3.14^2 X 21000 X 0.232}{103.02^2} = 4.516 \text{ KN}$$

$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 8, 19, 26, 27, 32, 33, 72, 79, 85, 97 dan 98.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 26, 27, 39, 40, 65, 66, 78 dan 79.

7. Benda Uji IV



Gambar L5.4 Benda Uji IV

a. Struktur diasumsikan sebagai Space Frame pada pembebanan 63 KN

Tabel L5.7 Gaya-gaya Batang Space Frame pada Benda Uji IV

No. Batang	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm <sup>4</sup> )	Luas (A) (cm <sup>2</sup> )	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
1	1	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-	8.792693	-	35.26848	P<PK
2	2	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-	8.849702	-	35.26848	P<PK
3	3	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	17.58589	-	16.12704	P<PK
4	4	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	25.88743	-	16.12704	P>PK
5	5	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	25.88743	-	35.26848	P<PK
6	6	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	17.58589	-	35.26848	P<PK
7	7	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	8.849702	-	25.69776	P<PK
8	8	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	8.792693	-	25.69776	P<PK
9	9	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-6.816E-16	-	10.491994	-	P<PK
10	10	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0123052	-	16.12704	P<PK
11	11	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.0123052	-	16.12704	P<PK
12	12	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	6.6096E-02	-	16.12704	P<PK
13	13	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0147391	-	25.69776	P<PK
14	14	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0147391	-	25.69776	P<PK
15	15	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.1465749	-	10.491994	-	P<PK
16	16	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0262172	-	16.12704	P<PK
17	17	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	0.0262172	-	35.26848	P<PK
18	18	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	5.3465E-02	-	35.26848	P<PK
19	19	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	3.7098E-02	-	25.69776	P<PK

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
20	20	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	3.7098E-02	-	25.69776	P<PK
21	21	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-	5.4571E-02	-	54.40992	P<PK
22	22	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.7098E-02	-	16.12704	P<PK
23	23	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.7098E-02	-	16.12704	P<PK
24	24	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	5.3465E-02	-	16.12704	P<PK
25	25	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.0262172	-	16.12704	P<PK
26	26	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0262172	-	25.69776	P<PK
27	27	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-0.1465749	-	2.4472197	-	P<PK
28	28	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0147391	-	16.12704	P<PK
29	29	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0147391	-	16.12704	P<PK
30	30	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	6.6096E-02	-	35.26848	P<PK
31	31	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	0.0123052	-	35.26848	P<PK
32	32	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0123052	-	25.69776	P<PK
33	33	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-7.741E-16	-	2.4472197	-	P<PK
34	34	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-33.26902	-	295.32	-	P<PK
35	35	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.2394731	-	10.491994	-	P<PK
36	36	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	32.81313	-	16.12704	P>PK
37	37	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-30.7252	-	20.977652	-	P>PK
38	38	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	31.18406	-	16.12704	P>PK
39	39	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-30.5673	-	2.4472197	-	P>PK
40	40	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.7907739	-	25.69776	P<PK
41	41	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.137754	-	10.491994	-	P<PK
42	42	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.8132191	-	16.12704	P<PK
43	43	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-30.5673	-	84.091877	-	P<PK
44	44	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	31.2065	-	35.26848	P<PK
45	45	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-30.7252	-	2.4472197	-	P>PK
46	46	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	32.83558	-	25.69776	P>PK

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekanan (KN)	Tarik (KN)	Tekanan (KN)	Tarik (KN)	
47	47	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-0.2394731	-	295.32	-	P<Pk
48	48	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-33.26902	-	10.491994	-	P>Pk
49	49	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-35.06325	-	10.491994	-	P>Pk
50	50	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-51.7639	-	20.977652	-	P>Pk
51	51	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-52.36235	-	20.977652	-	P>Pk
52	52	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-52.36235	-	2.4472197	-	P>Pk
53	53	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-51.7639	-	2.4472197	-	P>Pk
54	54	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-35.06325	-	10.491994	-	P>Pk
55	55	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.8162E-16	-	16.12704	P<Pk
56	56	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	0.0123052	-	35.26848	P<Pk
57	57	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	0.0123052	-	35.26848	P<Pk
58	58	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	6.6096E-02	-	25.69776	P<Pk
59	59	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0147391	-	25.69776	P<Pk
60	60	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-	0.0147391	-	54.40992	P<Pk
61	61	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.1465749	-	10.491994	-	P<Pk
62	62	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0262172	-	16.12704	P<Pk
63	63	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.0262172	-	16.12704	P<Pk
64	64	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	5.3465E-02	-	16.12704	P<Pk
65	65	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	3.7098E-02	-	25.69776	P<Pk
66	66	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	3.7098E-02	-	25.69776	P<Pk
67	67	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	5.4571E-02	-	16.12704	P<Pk
68	68	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	3.7098E-02	-	16.12704	P<Pk
69	69	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	3.7098E-02	-	35.26848	P<Pk
70	70	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	5.3465E-02	-	35.26848	P<Pk
71	71	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0262172	-	25.69776	P<Pk
72	72	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0262172	-	25.69776	P<Pk
73	73	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-0.1465749	-	295.32	-	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
74	74	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0147391	-	16.12704	P<Pk
75	75	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.0147391	-	16.12704	P<Pk
76	76	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	6.6096E-02	-	16.12704	P<Pk
77	77	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.0123052	-	16.12704	P<Pk
78	78	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	0.0123052	-	25.69776	P<Pk
79	79	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	7.7418E-16	-	25.69776	P<Pk
80	80	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-33.26902	-	10.491994	-	P<Pk
81	81	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.2394731	-	10.491994	-	P<Pk
82	82	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	32.81313	-	35.26848	P<Pk
83	83	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-30.7252	-	84.091877	-	P<Pk
84	84	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	31.18406	-	25.69776	P>Pk
85	85	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-30.5673	-	2.4472197	-	P>Pk
86	86	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-	0.7907739	-	54.40992	P<Pk
87	87	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-2.137754	-	10.491994	-	P<Pk
88	88	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.8132191	-	16.12704	P<Pk
89	89	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-30.5673	-	20.977652	-	P>Pk
90	90	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	31.2065	-	16.12704	P<Pk
91	91	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-30.7252	-	2.4472197	-	P>Pk
92	92	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	32.83558	-	25.69776	P<Pk
93	93	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.2394731	-	10.491994	-	P<Pk
94	94	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-33.26902	-	10.491994	-	P>Pk
95	95	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	8.792693	-	35.26848	P<Pk
96	96	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	8.849702	-	35.26848	P<Pk
97	97	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	17.58589	-	25.69776	P<Pk
98	98	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	25.88743	-	25.69776	P>Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
99		35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	25.88743	-	16.12704	P>Pk
100		35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	17.58589	-	16.12704	P>Pk
101		25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.849702	-	16.12704	P<Pk
102		25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.792693	-	16.12704	P<Pk

Contoh:

Batang No. 37

Diketahui:

$$L = 139.96 \text{ cm} \quad E = 21000 \text{ KN/cm}^2$$

$$I = 0.232 \text{ cm}^4 \quad p = 30.72 \text{ KN}$$

Jawaban :

$$P_{\text{kritis (tekan)}} = \frac{\pi^2 X E X I}{L^2} = \frac{3.14^2 X 21000 X 0.232}{139.96^2} = 2.44 \text{ KN}$$

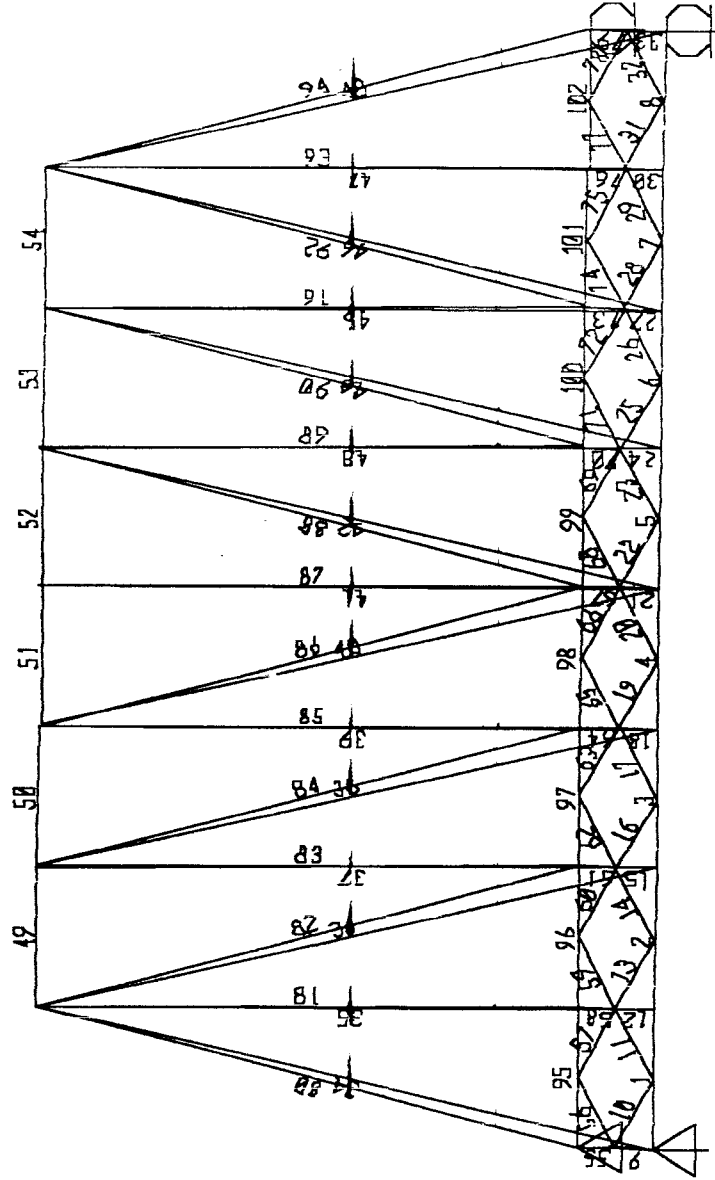
$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 4, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 84, 85, 89, 91, 94, 98 dan 99.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 37, 83, 39, 85, 43, 89, 45 dan 91.



8. Benda Uji IV



Gambar L5.4 Benda Uji IV

b. Struktur diasumsikan sebagai Space Truss Pada Pembebanan Maksimum 63 KN

**Tabel L5.6** Gaya-gaya Batang Space Truss pada Benda Uji IV

No. Batang	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
1	1	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-	8.218904	-	35.26848	P<Pk
2	2	25	2.540	0.571	1.470	40.101	-	8.205609	-	35.26848	P<Pk
3	3	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	14.97964	-	16.12704	P<Pk
4	4	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	21.44246	-	16.12704	P>Pk
5	5	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	21.44246	-	35.26848	P<Pk
6	6	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	14.97964	-	35.26848	P<Pk
7	7	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	8.205609	-	25.69776	P<Pk
8	8	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	8.218904	-	25.69776	P<Pk
9	9	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	6.6857E-16	-	16.12704	P<Pk
10	10	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.2188E-02	-	16.12704	P<Pk
11	11	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	1.2188E-02	-	16.12704	P<Pk
12	12	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-5.073E-02	-	20.97765158	-	P<Pk
13	13	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	1.4458E-02	-	25.69776	P<Pk
14	14	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	1.4458E-02	-	25.69776	P<Pk
15	15	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.2170644	-	10.49199437	-	P<Pk
16	16	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.2147E-02	-	16.12704	P<Pk
17	17	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	2.2147E-02	-	35.26848	P<Pk
18	18	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	0.3021483	-	35.26848	P<Pk
19	19	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	2.9210E-02	-	25.69776	P<Pk
20	20	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	2.9210E-02	-	25.69776	P<Pk
21	21	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-	0.5322871	-	54.40992	P<Pk
22	22	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.9210E-02	-	16.12704	P<Pk
23	23	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.9210E-02	-	16.12704	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
24	24	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.3021483	-	16.12704	P<Pk
25	25	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	2.2147E-02	-	16.12704	P<Pk
26	26	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	2.2147E-02	-	25.69776	P<Pk
27	27	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-0.2170644	-	2.447219704	-	P<Pk
28	28	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.4458E-02	-	16.12704	P<Pk
29	29	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.4458E-02	-	16.12704	P<Pk
30	30	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-5.073E-02	-	84.09187749	-	P<Pk
31	31	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	1.2188E-02	-	35.26848	P<Pk
32	32	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	1.2188E-02	-	25.69776	P<Pk
33	33	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	1.3043E-15	-	25.69776	P<Pk
34	34	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-31.56538	-	295.3199986	-	P<Pk
35	35	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.2617183	-	16.12704	P<Pk
36	36	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	25.98792	-	16.12704	P>Pk
37	37	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-23.85694	-	20.97765158	-	P>Pk
38	38	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	24.77194	-	16.12704	P>Pk
39	39	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-25.62306	-	2.447219704	-	P>Pk
40	40	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-1.519788	-	2.447219704	-	P<Pk
41	41	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-7.673E-02	-	10.49199437	-	P<Pk
42	42	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-1.497342	-	10.49199437	-	P<Pk
43	43	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-25.62306	-	84.09187749	-	P<Pk
44	44	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	24.79438	-	35.26848	P<Pk
45	45	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-23.85694	-	2.447219704	-	P>Pk
46	46	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	26.01036	-	25.69776	P>Pk
47	47	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-	0.2617183	-	54.40992	P<Pk
48	48	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-31.56538	-	10.49199437	-	P>Pk
49	49	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-30.04773	-	10.49199437	-	P>Pk
50	50	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-42.9901	-	20.97765158	-	P>Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
51	51	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-42.18908	-	20.97765158	-	P>Pk
52	52	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-42.18908	-	2.447219704	-	P>Pk
53	53	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-42.9901	-	2.447219704	-	P>Pk
54	54	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-30.04773	-	10.49199437	-	P>Pk
55	55	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-6.685E-16	-	10.49199437	-	P<Pk
56	56	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	1.2184E-02	-	35.26848	P<Pk
57	57	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	1.2188E-02	-	35.26848	P<Pk
58	58	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-5.073E-02	-	2.447219704	-	P<Pk
59	59	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	1.4458E-02	-	25.69776	P<Pk
60	60	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-	1.4458E-02	-	54.40992	P<Pk
61	61	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-0.2170644	-	10.49199437	-	P<Pk
62	62	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.2147E-02	-	16.12704	F<Pk
63	63	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	2.2147E-02	-	16.12704	F<Pk
64	64	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	0.3021483	-	16.12704	P<Pk
65	65	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	2.9210E-02	-	25.69776	P<Pk
66	66	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	2.9210E-02	-	25.69776	P<Pk
67	67	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.5322871	-	16.12704	P<Pk
68	68	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	2.9210E-02	-	16.12704	P<Pk
69	69	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	2.9218E-02	-	35.26848	P<Pk
70	70	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	0.3021483	-	35.26848	P<Pk
71	71	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	2.2147E-02	-	25.69776	P<Pk
72	72	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	2.2147E-02	-	25.69776	P<Pk
73	73	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-0.2170644	-	295.319986	-	P<Pk
74	74	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.4458E-02	-	16.12704	P<Pk
75	75	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	1.4458E-02	-	16.12704	P<Pk
76	76	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-5.073E-02	-	20.97765158	-	P<Pk
77	77	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	1.2188E-02	-	16.12704	P<Pk

No.	No. Batang	Panjang Batang (cm)	Diameter (cm)	Inersia (I) (cm)	Luas (A) (cm)	KL/r	Gaya Batang		Gaya Kritis Batang		Keterangan
							Tekan (KN)	Tarik (KN)	Tekan (KN)	Tarik (KN)	
78	78	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	1.2188E-02	-	25.69776	P<Pk
79	79	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-1.304E-15	-	2.447219704	-	P<Pk
80	80	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-31.56538	-	10.49199437	-	P>Pk
81	81	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.2617183	-	16.12704	P<Pk
82	82	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	25.98792	-	35.26848	P<Pk
83	83	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-23.85694	-	84.09187749	-	P<Pk
84	84	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	24.77194	-	25.69776	P<Pk
85	85	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-25.62306	-	2.447219704	-	P>Pk
86	86	37.5	3.810	2.006	2.267	39.868	-1.519788	-	295.3199986	-	P<Pk
87	87	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-7.673E-02	-	10.49199437	-	P<Pk
88	88	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-1.497342	-	10.49199437	-	P<Pk
89	89	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-25.62306	-	20.97765158	-	P>Pk
90	90	25	1.270	0.063	0.672	81.439	24.79438	-	20.97765158	-	P>Pk
91	91	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-23.85694	-	2.447219704	-	P>Pk
92	92	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	26.01036	-	25.69776	P>Pk
93	93	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	0.2617183	-	16.12704	P<Pk
94	94	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-31.56538	-	10.49199437	-	P>Pk
95	95	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	8.218904	-	35.26848	P<Pk
96	96	37.5	2.540	0.571	1.470	60.152	-	8.205609	-	35.26848	P<Pk
97	97	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	14.97964	-	25.69776	P<Pk
98	98	139.96	1.905	0.232	1.071	300.985	-	21.44246	-	25.69776	P<Pk
99	99	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	21.44246	-	16.12704	P>Pk
100	100	35.35	1.270	0.063	0.672	115.155	-	14.97964	-	16.12704	P<Pk
101	101	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.205609	-	16.12704	P<Pk
102	102	25	1.270	0.063	0.672	81.439	-	8.218904	-	16.12704	P<Pk

Contoh:

Batang No. 37

Diketahui:

$L = 139,96 \text{ cm}$        $E = 21000 \text{ KN/cm}^2$

$I = 0,232 \text{ cm}^4$        $P = 23,85 \text{ KN}$

Jawaban :

$$P_{\text{kritis (tekan)}} = \frac{\pi^2 X E X I}{L^2} = \frac{3,14^2 X 21000 X 0,232}{139,96^2} = 2,44 \text{ KN}$$

$P > P_{\text{kritis}}$  maka terjadi tekuk inelastis

Batang yang mengalami kerusakan pada perhitungan teoritis adalah batang 4, 36, 37, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 80, 81, 85, 89, 90, 91, 92, 94 dan 99.

Batang yang mengalami kerusakan pada pengujian laboratorium adalah batang 37, 83, 39, 85, 43, 89, 45 dan 91.

LAMPIRAN

VI

**ANALISIS BEBAN-LENDUTAN DAN MOMEN-  
KELENGKUNGAN DENGAN PROGRAM KOMPUTER SAP**

2000

**1. Benda Uji I**

**1.1 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Frame**

a. Hubungan Beban dan Lendutan

**Tabel L6.1** Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.1920	0.2381	0.1920	0.1920	0.2381	0.1920
3	6	0.3538	0.4425	0.3538	0.3538	0.4425	0.3538
4	9	0.5157	0.6470	0.5157	0.5157	0.6470	0.5157
5	12	0.6775	0.8515	0.6775	0.6775	0.8515	0.6775
6	15	0.8393	1.0560	0.8393	0.8393	1.0560	0.8393
7	18	1.0012	1.2605	1.0012	1.0012	1.2605	1.0012
8	21	1.1630	1.4650	1.1630	1.1630	1.4650	1.1630
9	24	1.3248	1.6695	1.3248	1.3248	1.6695	1.3248
10	27	1.4867	1.8740	1.4867	1.4867	1.8740	1.4867
11	30	1.6485	2.0784	1.6485	1.6485	2.0784	1.6485
12	33	1.8103	2.2829	1.8103	1.8103	2.2829	1.8103
13	36	1.9722	2.4874	1.9722	1.9722	2.4874	1.9722
14	39	2.1340	2.6919	2.1340	2.1340	2.6919	2.1340
15	42	2.2958	2.8964	2.2958	2.2958	2.8964	2.2958
16	45	2.4577	3.1009	2.4577	2.4577	3.1009	2.4577
17	48	2.6195	3.3054	2.6195	2.6195	3.3054	2.6195
18	51	2.7813	3.5099	2.7813	2.7813	3.5099	2.7813
19	54	2.9432	3.7143	2.9432	2.9432	3.7143	2.9432
20	57	3.1050	3.9188	3.1050	3.1050	3.9188	3.1050



## b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

**Tabel L6.2** Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0
2	3	0.1920	0.2381	0.1920
3	6	0.3538	0.4425	0.3538
4	9	0.5157	0.6470	0.5157
5	12	0.6775	0.8515	0.6775
6	15	0.8393	1.0560	0.8393
7	18	1.0012	1.2605	1.0012
8	21	1.1630	1.4650	1.1630
9	24	1.3248	1.6695	1.3248
10	27	1.4867	1.8740	1.4867
11	30	1.6485	2.0784	1.6485
12	33	1.8103	2.2829	1.8103
13	36	1.9722	2.4874	1.9722
14	39	2.1340	2.6919	2.1340
15	42	2.2958	2.8964	2.2958
16	45	2.4577	3.1009	2.4577
17	48	2.6195	3.3054	2.6195
18	51	2.7813	3.5099	2.7813
19	54	2.9432	3.7143	2.9432
20	57	3.1050	3.9188	3.1050

## c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

**Tabel L6.3** Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	0.1920	0.2381	0.1920	1.88	0.003074
3	6	0.3538	0.4425	0.3538	3.75	0.005930
4	9	0.5157	0.6470	0.5157	5.63	0.008787
5	12	0.6775	0.8515	0.6775	7.50	0.011643
6	15	0.8393	1.0560	0.8393	9.38	0.014500
7	18	1.0012	1.2605	1.0012	11.25	0.017356
8	21	1.1630	1.4650	1.1630	13.13	0.020212
9	24	1.3248	1.6695	1.3248	15.00	0.023069
10	27	1.4867	1.8740	1.4867	16.88	0.025925

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
11	30	1.6485	2.0784	1.6485	18.75	0.008782
12	33	1.8103	2.2829	1.8103	20.63	0.001638
13	36	1.9722	2.4874	1.9722	22.50	0.004494
14	39	2.1340	2.6919	2.1340	24.38	0.007351
15	42	2.2958	2.8964	2.2958	26.25	0.010207
16	45	2.4577	3.1009	2.4577	28.13	0.013064
17	48	2.6195	3.3054	2.6195	30.00	0.015920
18	51	2.7813	3.5099	2.7813	31.88	0.018776
19	54	2.9432	3.7143	2.9432	33.75	0.021633
20	57	3.1050	3.9188	3.1050	35.63	0.024489

## 1.2 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Truss

### a. Hubungan Beban dan Lendutan

**Tabel L6.4** Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban (kN)	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.1648	0.2032	0.1648	0.1648	0.2032	0.1648
3	6	0.3022	0.3763	0.3022	0.3022	0.3763	0.3022
4	9	0.4396	0.5494	0.4396	0.4396	0.5494	0.4396
5	12	0.5770	0.7226	0.5770	0.5770	0.7226	0.5770
6	15	0.7144	0.8957	0.7144	0.7144	0.8957	0.7144
7	18	0.8519	1.0688	0.8519	0.8519	1.0688	0.8519
8	21	0.9893	1.2419	0.9893	0.9893	1.2419	0.9893
9	24	1.1267	1.4151	1.1267	1.1267	1.4151	1.1267
10	27	1.2641	1.5882	1.2641	1.2641	1.5882	1.2641
11	30	1.4015	1.7613	1.4015	1.4015	1.7613	1.4015
12	33	1.5390	1.9344	1.5390	1.5390	1.9344	1.5390
13	36	1.6764	2.1076	1.6764	1.6764	2.1076	1.6764
14	39	1.8138	2.2807	1.8138	1.8138	2.2807	1.8138
15	42	1.9512	2.4538	1.9512	1.9512	2.4538	1.9512
16	45	2.0886	2.6269	2.0886	2.0886	2.6269	2.0886
17	48	2.2261	2.8001	2.2261	2.2261	2.8001	2.2261
18	51	2.3635	2.9732	2.3635	2.3635	2.9732	2.3635
19	54	2.5009	3.1463	2.5009	2.5009	3.1463	2.5009
20	57	2.6383	3.3194	2.6383	2.6383	3.3194	2.6383

## b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

Tabel L6.5 Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0
2	3	0.1648	0.2032	0.1648
3	6	0.3022	0.3763	0.3022
4	9	0.4396	0.5494	0.4396
5	12	0.5770	0.7226	0.5770
6	15	0.7144	0.8957	0.7144
7	18	0.8519	1.0688	0.8519
8	21	0.9893	1.2419	0.9893
9	24	1.1267	1.4151	1.1267
10	27	1.2641	1.5882	1.2641
11	30	1.4015	1.7613	1.4015
12	33	1.5390	1.9344	1.5390
13	36	1.6764	2.1076	1.6764
14	39	1.8138	2.2807	1.8138
15	42	1.9512	2.4538	1.9512
16	45	2.0886	2.6269	2.0886
17	48	2.2261	2.8001	2.2261
18	51	2.3635	2.9732	2.3635
19	54	2.5009	3.1463	2.5009
20	57	2.6383	3.3194	2.6383

## c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

Tabel L6.6 Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	0.1648	0.2032	0.1648	1.88	0.003074
3	6	0.3022	0.3763	0.3022	3.75	0.005930
4	9	0.4396	0.5494	0.4396	5.63	0.008787
5	12	0.5770	0.7226	0.5770	7.50	0.011643
6	15	0.7144	0.8957	0.7144	9.38	0.014500
7	18	0.8519	1.0688	0.8519	11.25	0.017356
8	21	0.9893	1.2419	0.9893	13.13	0.020212
9	24	1.1267	1.4151	1.1267	15.00	0.023069
10	27	1.2641	1.5882	1.2641	16.88	0.025925

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
11	30	1.4015	1.7613	1.4015	18.75	0.008782
12	33	1.5390	1.9344	1.5390	20.63	0.001638
13	36	1.6764	2.1076	1.6764	22.50	0.004494
14	39	1.8138	2.2807	1.8138	24.38	0.007351
15	42	1.9512	2.4538	1.9512	26.25	0.010207
16	45	2.0886	2.6269	2.0886	28.13	0.013064
17	48	2.2261	2.8001	2.2261	30.00	0.015920
18	51	2.3635	2.9732	2.3635	31.88	0.018776
19	54	2.5009	3.1463	2.5009	33.75	0.021633
20	57	2.6383	3.3194	2.6383	35.63	0.024489

## 2. Benda Uji II

### 2.1 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Frame

#### a. Hubungan Beban dan Lendutan

Tabel L6.7 Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.1452	0.1797	0.1452	0.1452	0.1797	0.1452
3	6	0.2654	0.3314	0.2654	0.2654	0.3314	0.2654
4	9	0.3856	0.4830	0.3856	0.3856	0.4830	0.3856
5	12	0.5057	0.6347	0.5057	0.5057	0.6347	0.5057
6	15	0.6259	0.7864	0.6259	0.6259	0.7864	0.6259
7	18	0.7460	0.9381	0.7460	0.7460	0.9381	0.7460
8	21	0.8662	1.0898	0.8662	0.8662	1.0898	0.8662
9	24	0.9863	1.2415	0.9863	0.9863	1.2415	0.9863
10	27	1.1065	1.3932	1.1065	1.1065	1.3932	1.1065
11	30	1.2266	1.5449	1.2266	1.2266	1.5449	1.2266
12	33	1.3468	1.6966	1.3468	1.3468	1.6966	1.3468
13	36	1.4669	1.8483	1.4669	1.4669	1.8483	1.4669
14	39	1.5871	2.0000	1.5871	1.5871	2.0000	1.5871
15	42	1.7072	4.1517	1.7072	1.7072	4.1517	1.7072
16	45	1.8274	5.3530	1.8274	1.8274	5.3530	1.8274

b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

**Tabel L.6.8** Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0
2	3	0.1452	0.1797	0.1452
3	6	0.2654	0.3314	0.2654
4	9	0.3856	0.4830	0.3856
5	12	0.5057	0.6347	0.5057
6	15	0.6259	0.7864	0.6259
7	18	0.7460	0.9381	0.7460
8	21	0.8662	1.0898	0.8662
9	24	0.9863	1.2415	0.9863
10	27	1.1065	1.3932	1.1065
11	30	1.2266	1.5449	1.2266
12	33	1.3468	1.6966	1.3468
13	36	1.4669	1.8483	1.4669
14	39	1.5871	2.0000	1.5871
15	42	1.7072	4.1517	1.7072
16	45	1.8274	5.3530	1.8274

c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

**Tabel L.6.9** Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	0.1452	0.1797	0.1452	1.88	0
3	6	0.2654	0.3314	0.2654	3.75	0.002313
4	9	0.3856	0.4830	0.3856	5.63	0.004439
5	12	0.5057	0.6347	0.5057	7.50	0.006565
6	15	0.6259	0.7864	0.6259	9.38	0.008691
7	18	0.7460	0.9381	0.7460	11.25	0.010817
8	21	0.8662	1.0898	0.8662	13.13	0.012942
9	24	0.9863	1.2415	0.9863	15.00	0.015068
10	27	1.1065	1.3932	1.1065	16.88	0.017194
11	30	1.2266	1.5449	1.2266	18.75	0.019320
12	33	1.3468	1.6966	1.3468	20.63	0.021446
13	36	1.4669	1.8483	1.4669	22.50	0.023572

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
14	39	1.5871	2.0000	1.5871	24.38	0.034202
15	42	1.7072	4.1517	1.7072	26.25	0.036327
16	45	1.8274	5.3530	1.8274	28.13	0.038453

## 2.2 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Truss

### a. Hubungan Beban dan Lendutan

**Tabel L6.10** Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban (kN)	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.1275	0.1564	0.1275	0.1275	0.1564	0.1275
3	6	0.2318	0.2873	0.2318	0.2318	0.2873	0.2318
4	9	0.3361	0.4182	0.3361	0.3361	0.4182	0.3361
5	12	0.4405	0.5491	0.4405	0.4405	0.5491	0.4405
6	15	0.5448	0.6800	0.5448	0.5448	0.6800	0.5448
7	18	0.6491	0.8109	0.6491	0.6491	0.8109	0.6491
8	21	0.7535	0.9418	0.7535	0.7535	0.9418	0.7535
9	24	0.8578	1.0727	0.8578	0.8578	1.0727	0.8578
10	27	0.9622	1.2037	0.9622	0.9622	1.2037	0.9622
11	30	1.0665	1.3346	1.0665	1.0665	1.3346	1.0665
12	33	1.1708	1.4655	1.1708	1.1708	1.4655	1.1708
13	36	1.2752	1.5964	1.2752	1.2752	1.5964	1.2752
14	39	1.3795	1.7273	1.3795	1.3795	1.7273	1.3795
15	42	1.4838	1.8582	1.4838	1.4838	1.8582	1.4838
16	45	1.5882	1.9891	1.5882	1.5882	1.9891	1.5882
17	48	1.6925	2.1200	1.6925	1.6925	2.1200	1.6925
18	51	1.7968	2.2509	1.7968	1.7968	2.2509	1.7968
19	54	1.9012	3.3047	1.9012	1.9012	3.3047	1.9012

### b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

**Tabel L6.11** Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
2	3	0.1275	0.1564	0.1275
3	6	0.2318	0.2873	0.2318
4	9	0.3361	0.4182	0.3361
5	12	0.4405	0.5491	0.4405
6	15	0.5448	0.6800	0.5448
7	18	0.6491	0.8109	0.6491
8	21	0.7535	0.9418	0.7535
9	24	0.8578	1.0727	0.8578
10	27	0.9622	1.2037	0.9622
11	30	1.0665	1.3346	1.0665
12	33	1.1708	1.4655	1.1708
13	36	1.2752	1.5964	1.2752
14	39	1.3795	1.7273	1.3795
15	42	1.4838	1.8582	1.4838
16	45	1.5882	1.9891	1.5882
17	48	1.6925	2.1200	1.6925
18	51	1.7968	2.2509	1.7968
19	54	1.9012	3.3047	1.9012

## c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

**Tabel L6.12** Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	0.1275	0.1564	0.1275	1.88	0.002313
3	6	0.2318	0.2873	0.2318	3.75	0.004439
4	9	0.3361	0.4182	0.3361	5.63	0.006565
5	12	0.4405	0.5491	0.4405	7.50	0.008691
6	15	0.5448	0.6800	0.5448	9.38	0.010817
7	18	0.6491	0.8109	0.6491	11.25	0.012942
8	21	0.7535	0.9418	0.7535	13.13	0.015068
9	24	0.8578	1.0727	0.8578	15.00	0.017194
10	27	0.9622	1.2037	0.9622	16.88	0.019320
11	30	1.0665	1.3346	1.0665	18.75	0.021446
12	33	1.1708	1.4655	1.1708	20.63	0.023572
13	36	1.2752	1.5964	1.2752	22.50	0.025698
14	39	1.3795	1.7273	1.3795	24.38	0.027824
15	42	1.4838	1.8582	1.4838	26.25	0.029950
16	45	1.5882	1.9891	1.5882	28.13	0.032076

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
17	48	1.6925	2.1200	1.6925	30.00	0.034202
18	51	1.7968	2.2509	1.7968	31.88	0.036327
19	54	1.9012	3.3047	1.9012	33.75	0.038453

### 3. Benda Uji III

#### 3.1 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Frame

##### a. Hubungan Beban dan Lendutan

**Tabel I.6.13** Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	Dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	1.0228	1.9113	1.0228	1.0228	1.9113	1.0228
3	6	1.3161	2.4219	1.3161	1.3161	2.4219	1.3161
4	9	1.5093	3.3066	1.5093	1.5093	3.3066	1.5093
5	12	1.7026	3.4430	1.7026	1.7026	3.4430	1.7026
6	15	1.8959	3.9535	1.8959	1.8959	3.9535	1.8959
7	18	2.0892	4.4641	2.0892	2.0892	4.4641	2.0892
8	21	2.2824	4.9747	2.2824	2.2824	4.9747	2.2824
9	24	2.4757	5.4852	2.4757	2.4757	5.4852	2.4757
10	27	2.6690	5.9958	2.6690	2.6690	5.9958	2.6690
11	30	2.8623	6.5063	2.8623	2.8623	6.5063	2.8623
12	33	3.0556	7.0169	3.0556	3.0556	7.0169	3.0556
13	36	3.2488	7.5274	3.2488	3.2488	7.5274	3.2488
14	39	3.4421	8.0380	3.4421	3.4421	8.0380	3.4421
15	42	3.6354	8.5486	3.6354	3.6354	8.5486	3.6354

##### b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

**Tabel I.6.14** Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0
2	3	1.0228	1.9113	1.0228
3	6	1.3161	2.4219	1.3161



No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
4	9	1.5093	3.3066	1.5093
5	12	1.7026	3.4430	1.7026
6	15	1.8959	3.9535	1.8959
7	18	2.0892	4.4641	2.0892
8	21	2.2824	4.9747	2.2824
9	24	2.4757	5.4852	2.4757
10	27	2.6690	5.9958	2.6690
11	30	2.8623	6.5063	2.8623
12	33	3.0556	7.0169	3.0556
13	36	3.2488	7.5274	3.2488
14	39	3.4421	8.0380	3.4421
15	42	3.6354	8.5486	3.6354

c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

**Tabel L6.15** Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	1.0228	1.9113	1.0228	1.69	0.003512
3	6	1.3161	2.4219	1.3161	3.38	0.006640
4	9	1.5093	3.3066	1.5093	5.06	0.009610
5	12	1.7026	3.4430	1.7026	6.75	0.001259
6	15	1.8959	3.9535	1.8959	8.44	0.001559
7	18	2.0892	4.4641	2.0892	10.13	0.001518
8	21	2.2824	4.9747	2.2824	11.81	0.001488
9	24	2.4757	5.4852	2.4757	13.50	0.004457
10	27	2.6690	5.9958	2.6690	15.19	0.007427
11	30	2.8623	6.5063	2.8623	16.88	0.009396
12	33	3.0556	7.0169	3.0556	18.56	0.013366
13	36	3.2488	7.5274	3.2488	20.25	0.016335
14	39	3.4421	8.0380	3.4421	21.94	0.019305
15	42	3.6354	8.5486	3.6354	23.63	0.012274

### 3.2 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Truss

a. Hubungan Beban dan Lendutan

**Tabel L6.16** Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.3118	0.4106	0.3118	0.3118	0.4106	0.3118
3	6	0.5582	0.7449	0.5582	0.5582	0.7449	0.5582
4	9	0.8045	1.0748	0.8045	0.8045	1.0748	0.8045
5	12	1.0509	1.4047	1.0509	1.0509	1.4047	1.0509
6	15	1.2973	1.7346	1.2973	1.2973	1.7346	1.2973
7	18	1.5436	2.0644	1.5436	1.5436	2.0644	1.5436
8	21	1.7900	2.3943	1.7900	1.7900	2.3943	1.7900
9	24	2.0363	2.7242	2.0363	2.0363	2.7242	2.0363
10	27	2.2827	3.0541	2.2827	2.2827	3.0541	2.2827
11	30	2.5291	3.3840	2.5291	2.5291	3.3840	2.5291
12	33	2.7754	3.7138	2.7754	2.7754	3.7138	2.7754
13	36	3.0218	4.0437	3.0218	3.0218	4.0437	3.0218
14	39	3.2682	4.3736	3.2682	3.2682	4.3736	3.2682
15	42	3.5145	4.7035	3.5145	3.5145	4.7035	3.5145
16	45	3.7609	5.0334	3.7609	3.7609	5.0334	3.7609
17	48	4.0072	5.3632	4.0072	4.0072	5.3632	4.0072

b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

**Tabel L6.17** Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0
2	3	0.3118	0.4106	0.3118
3	6	0.5582	0.7449	0.5582
4	9	0.8045	1.0748	0.8045
5	12	1.0509	1.4047	1.0509
6	15	1.2973	1.7346	1.2973
7	18	1.5436	2.0644	1.5436
8	21	1.7900	2.3943	1.7900
9	24	2.0363	2.7242	2.0363
10	27	2.2827	3.0541	2.2827
11	30	2.5291	3.3840	2.5291
12	33	2.7754	3.7138	2.7754
13	36	3.0218	4.0437	3.0218
14	39	3.2682	4.3736	3.2682

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
15	42	3.5145	4.7035	3.5145
16	45	3.7609	5.0334	3.7609
17	48	4.0072	5.3632	4.0072

c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

**Tabel L6.18** Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	0.3118	0.4106	0.3118	1.69	0.003512
3	6	0.5582	0.7449	0.5582	3.38	0.006640
4	9	0.8045	1.0748	0.8045	5.06	0.009610
5	12	1.0509	1.4047	1.0509	6.75	0.001259
6	15	1.2973	1.7346	1.2973	8.44	0.001559
7	18	1.5436	2.0644	1.5436	10.13	0.001518
8	21	1.7900	2.3943	1.7900	11.81	0.001488
9	24	2.0363	2.7242	2.0363	13.50	0.004457
10	27	2.2827	3.0541	2.2827	15.19	0.007427
11	30	2.5291	3.3840	2.5291	16.88	0.009396
12	33	2.7754	3.7138	2.7754	18.56	0.013366
13	36	3.0218	4.0437	3.0218	20.25	0.016335
14	39	3.2682	4.3736	3.2682	21.94	0.019305
15	42	3.5145	4.7035	3.5145	23.63	0.012274
16	45	3.7609	5.0334	3.7609	25.31	0.015244
17	48	4.0072	5.3632	4.0072	27.00	0.018213

4. Benda Uji IV

4.1 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Frame

a. Hubungan Beban dan Lendutan

**Tabel L6.19** Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban (kN)	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0

No.	Beban ( kN )	Lendutan (mm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	Dial 5	dial 6
2	3	0.7923	0.4761	0.7923	0.7923	0.4761	0.7923
3	6	1.0501	0.3613	1.0501	1.0501	0.3613	1.0501
4	9	1.3079	0.2465	1.3079	1.3079	0.2465	1.3079
5	12	1.5657	1.3182	1.5657	1.5657	1.3182	1.5657
6	15	1.8235	2.2170	1.8235	1.8235	2.2170	1.8235
7	18	2.0813	3.8978	2.0813	2.0813	3.8978	2.0813
8	21	2.3391	4.1126	2.3391	2.3391	4.1126	2.3391
9	24	2.5970	5.3274	2.5970	2.5970	5.3274	2.5970
10	27	2.8548	7.0821	2.8548	2.8548	7.8548	2.8548

b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

**Tabel L6.20** Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0
2	3	0.7923	0.4761	0.7923
3	6	1.0501	0.3613	1.0501
4	9	1.3079	0.2465	1.3079
5	12	1.5657	1.3182	1.5657
6	15	1.8235	2.2170	1.8235
7	18	2.0813	3.8978	2.0813
8	21	2.3391	4.1126	2.3391
9	24	2.5970	5.3274	2.5970
10	27	2.8548	7.0821	2.8548

c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

**Tabel L6.21** Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	0.7923	0.4761	0.7923	1.69	0.000241
3	6	1.0501	0.3613	1.0501	3.38	0.002489
4	9	1.3079	0.2465	1.3079	5.06	0.007737
5	12	1.5657	1.3182	1.5657	6.75	0.010985

No.	Beban (kN)	Rata-rata Lendutan (mm)			Momen (kNm)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
6	15	1.8235	2.2170	1.8235	8.44	0.014233
7	18	2.0813	3.8978	2.0813	10.13	0.013524
8	21	2.3391	4.1126	2.3391	11.81	0.019415
9	24	2.5970	5.3274	2.5970	13.50	0.021592
10	27	2.8548	7.0821	2.8548	15.19	0.023768

#### 4.2 Struktur Diasumsikan Sebagai Space Truss

##### a. Hubungan Beban dan Lendutan

**Tabel L6.22** Hubungan Beban dan Lendutan (SAP 2000)

No.	Beban (kN)	Lendutan (cm)					
		dial 1	dial 2	dial 3	dial 4	dial 5	dial 6
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0.1026	0.0366	0.1026	0.1026	0.0366	0.1026
3	6	0.1412	0.1634	0.1412	0.1412	0.1634	0.1412
4	9	0.1797	0.2361	0.1797	0.1797	0.2361	0.1797
5	12	0.2183	0.3358	0.2183	0.2183	0.3358	0.2183
6	15	0.2568	0.4356	0.2568	0.2568	0.4356	0.2568
7	18	0.2953	0.5353	0.2953	0.2953	0.5353	0.2953
8	21	0.3339	0.6351	0.3339	0.3339	0.6351	0.3339
9	24	0.3724	0.7348	0.3724	0.3724	0.7348	0.3724
10	27	0.4109	0.8346	0.4109	0.4109	0.8346	0.4109
11	30	0.4495	0.9343	0.4495	0.4495	0.9343	0.4495
12	33	0.4880	1.0341	0.4880	0.4880	1.0341	0.4880
13	36	0.5266	1.1338	0.5266	0.5266	1.1338	0.5266
14	39	0.5651	1.2336	0.5651	0.5651	1.2336	0.5651

##### b. Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata

**Tabel L6.23** Hubungan Beban dan Lendutan Rata-rata (SAP 2000)

No.	Beban (kN)	Rata-rata Lendutan (cm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
1	0	0	0	0
2	3	0.1026	0.0366	0.1026
3	6	0.1412	0.1634	0.1412

No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (cm)		
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6
4	9	0.1797	0.2361	0.1797
5	12	0.2183	0.3358	0.2183
6	15	0.2568	0.4356	0.2568
7	18	0.2953	0.5353	0.2953
8	21	0.3339	0.6351	0.3339
9	24	0.3724	0.7348	0.3724
10	27	0.4109	0.8346	0.4109
11	30	0.4495	0.9343	0.4495
12	33	0.4880	1.0341	0.4880
13	36	0.5266	1.1338	0.5266
14	39	0.5651	1.2336	0.5651

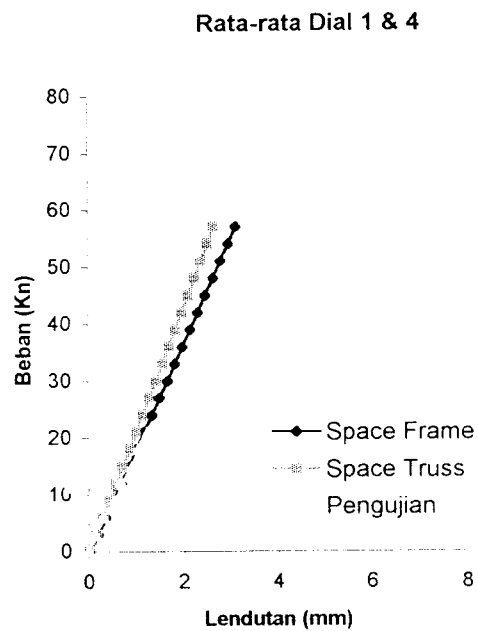
## c. Hubungan Momen dan Kelengkungan

Tabel L6.24 Hubungan Momen - Kelengkungan (SAP 2000)

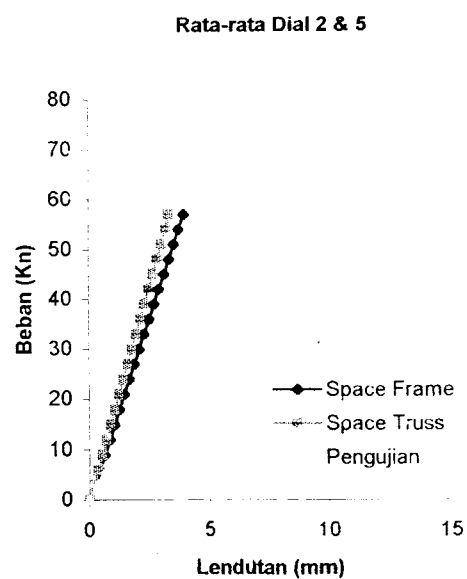
No.	Beban (KN)	Rata-rata Lendutan (cm)			Momen (KnM)	Kelengkungan (1/m)
		dial 1&4	dial 2&5	dial 3&6		
1	0	0	0	0	0.00	0
2	3	0.1026	0.0366	0.1026	1.69	0.002349
3	6	0.1412	0.1634	0.1412	3.38	0.000172
4	9	0.1797	0.2361	0.1797	5.06	0.002004
5	12	0.2183	0.3358	0.2183	6.75	0.004181
6	15	0.2568	0.4356	0.2568	8.44	0.006357
7	18	0.2953	0.5353	0.2953	10.13	0.008533
8	21	0.3339	0.6351	0.3339	11.81	0.010710
9	24	0.3724	0.7348	0.3724	13.50	0.012886
10	27	0.4109	0.8346	0.4109	15.19	0.015063
11	30	0.4495	0.9343	0.4495	16.88	0.017239
12	33	0.4880	1.0341	0.4880	18.56	0.019415
13	36	0.5266	1.1338	0.5266	20.25	0.021592
14	39	0.5651	1.2336	0.5651	21.94	0.023768

## 5. GRAFIK PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN DENGAN SAP 2000

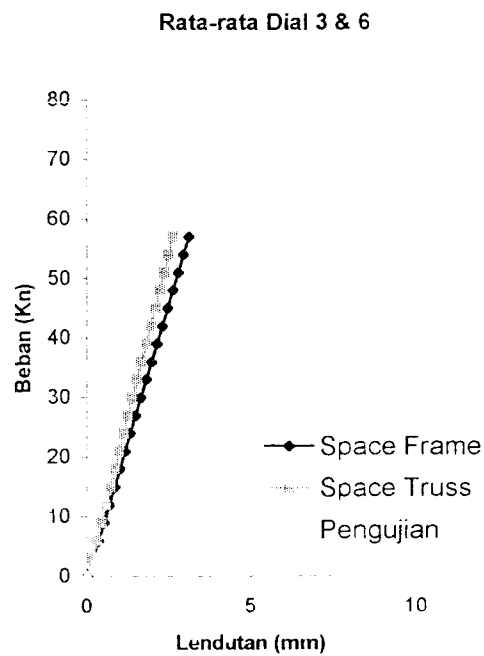
### 1. Benda Uji I



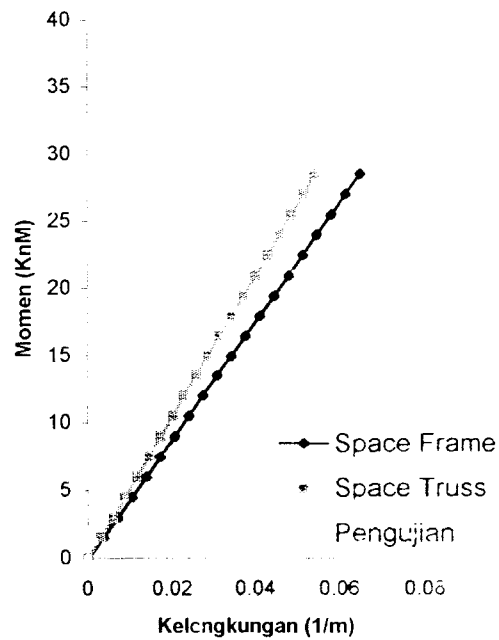
**Gambar L6.1** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 1 dan 4



**Gambar L6.2** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 2 dan 5



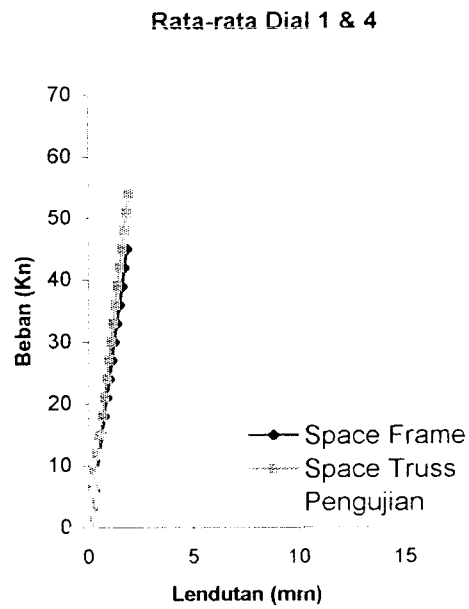
**Gambar L6.3** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 3 dan 6



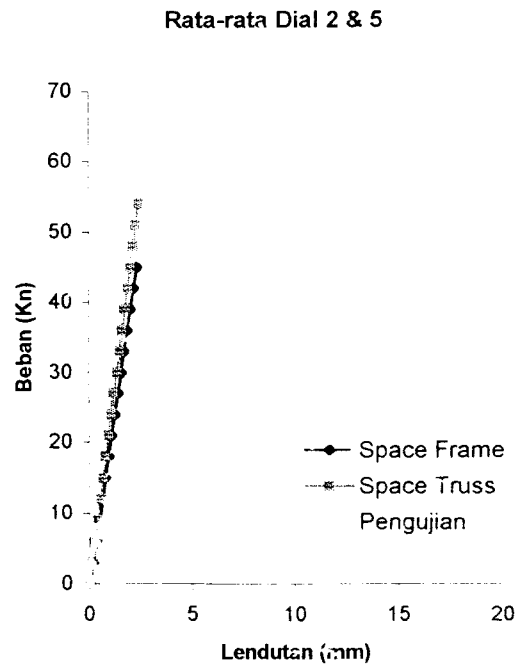
**Gambar L6.4** Grafik hubungan Momen-kelengkungan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000



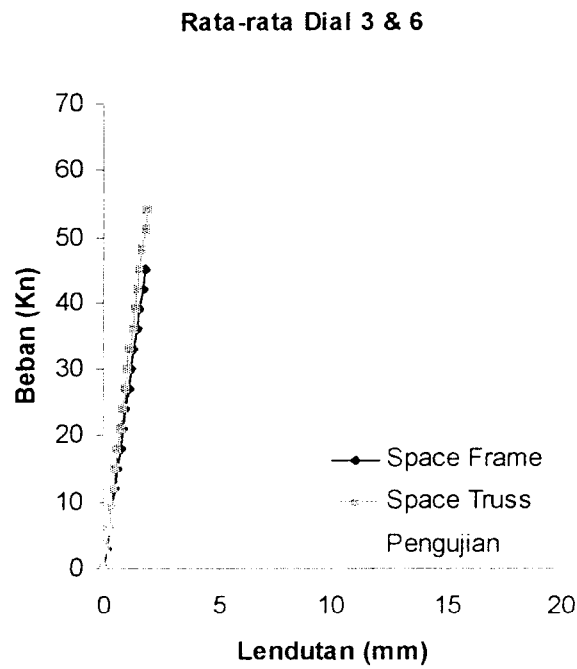
## 2. Benda Uji II



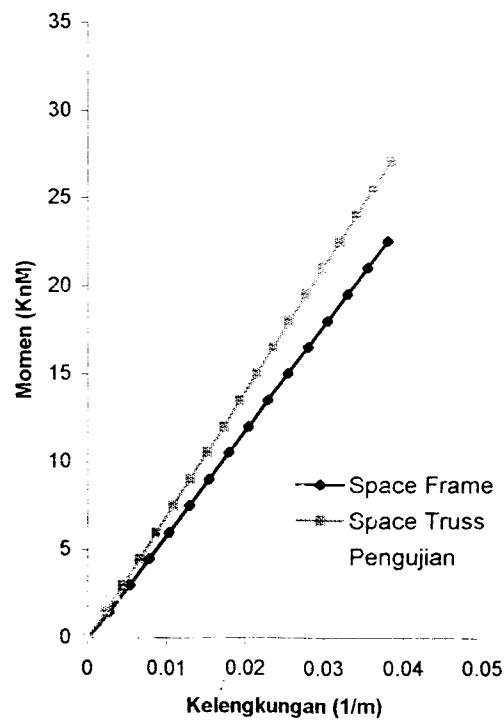
**Gambar L6.5** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 1 dan 4



**Gambar L6.6** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 2 dan 5



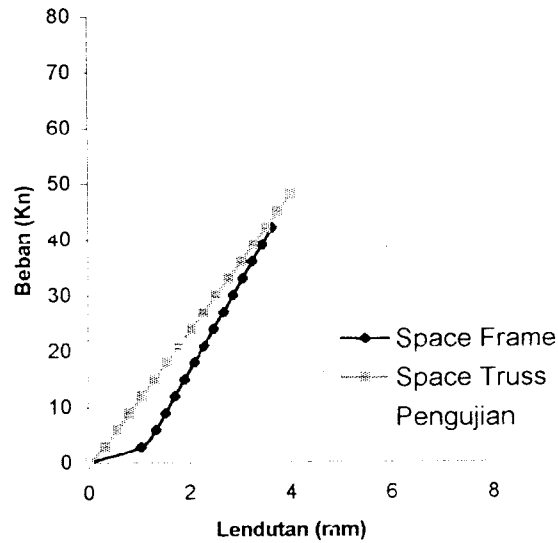
**Gambar L6.7** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 3 dari 6



**Gambar L6.8** Grafik hubungan Momen-kelengkungan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000

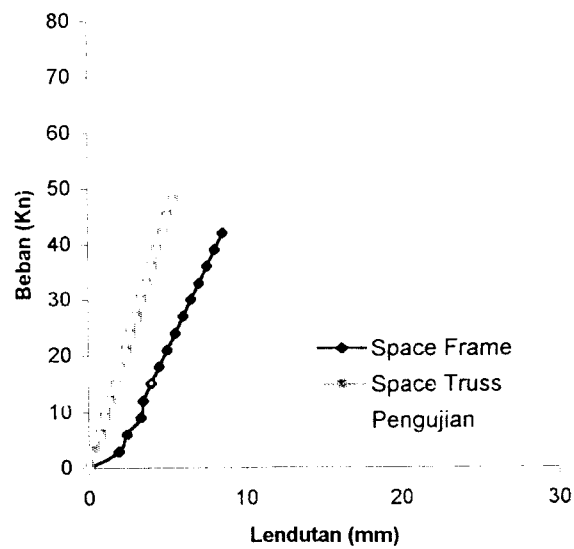
### 3. Benda Uji III

Rata-rata Dial 1 & 4

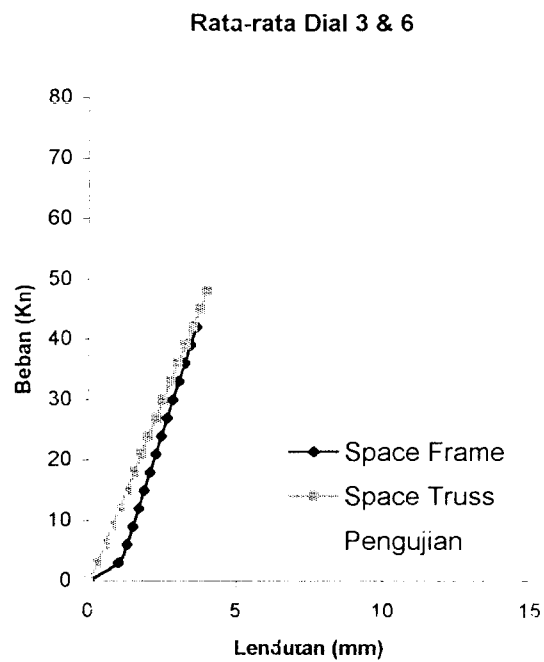


Gambar L6.9 Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 1 dan 4

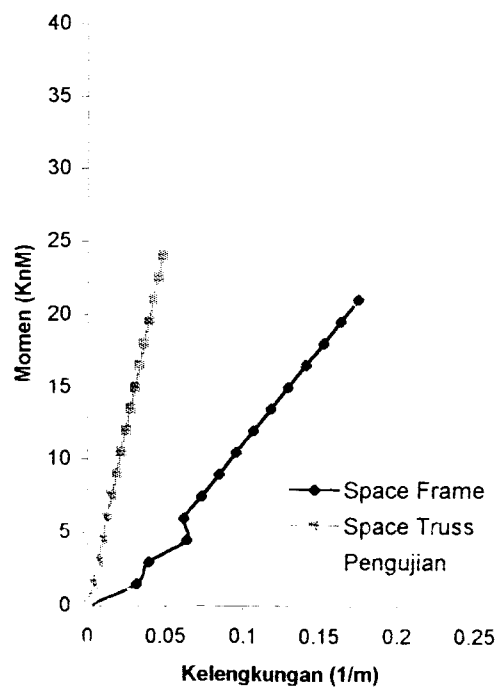
Rata-rata Dial 2 & 5



Gambar L6.10 Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 2 dan 5

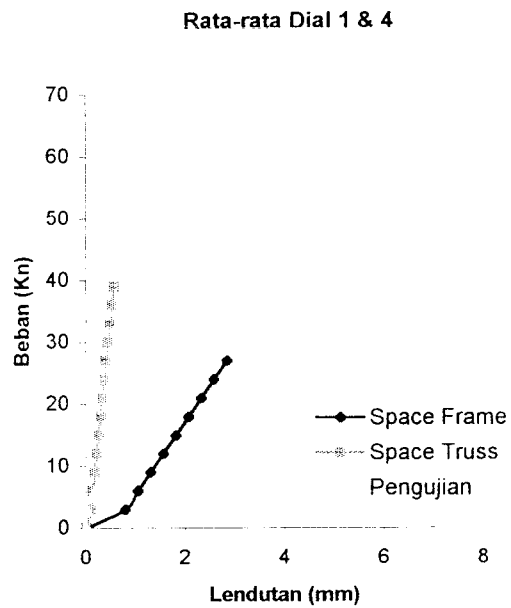


**Gambar L6.11** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 3 dan 6

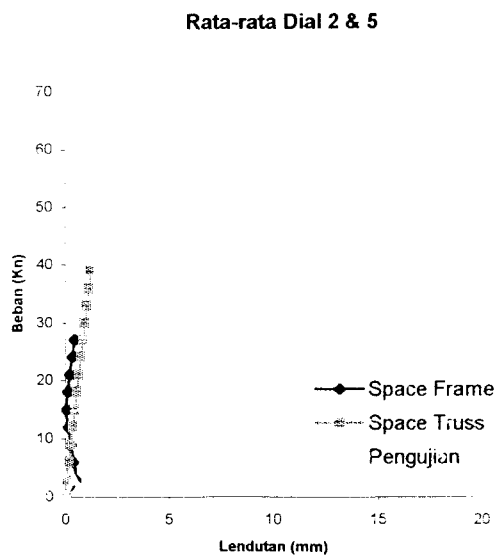


**Gambar L6.12** Grafik hubungan Momen-kelengkungan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000

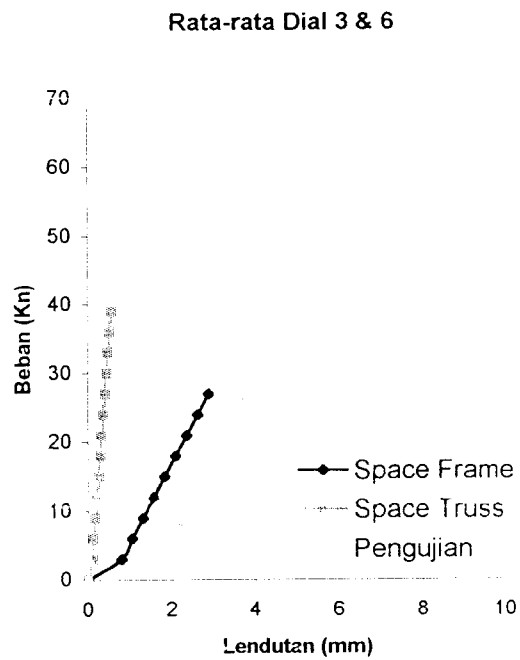
#### 4. Benda Uji IV



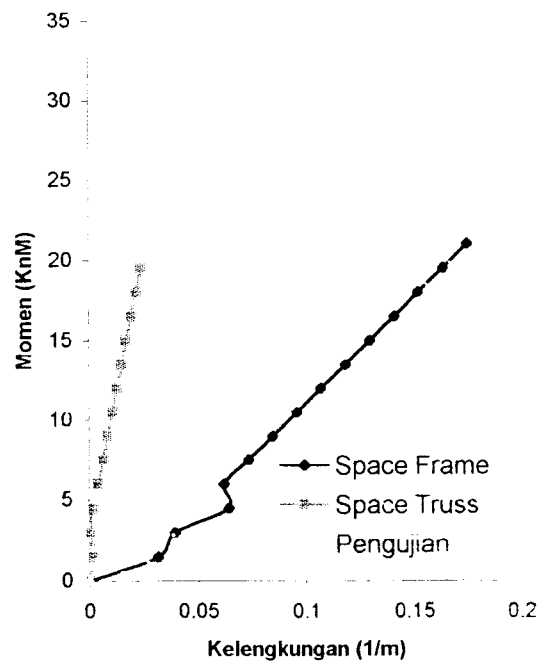
**Gambar L6.13** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 1 dan 4



**Gambar L6.14** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 2 dan 5

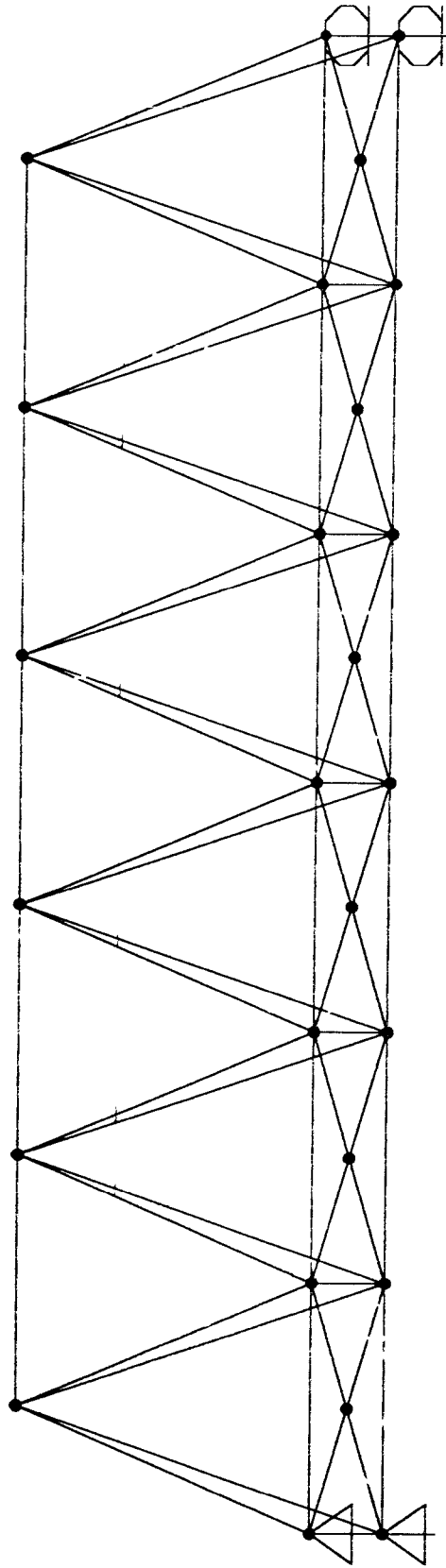


**Gambar L6.15** Grafik hubungan beban-lendutan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000 dial 3 dan 6

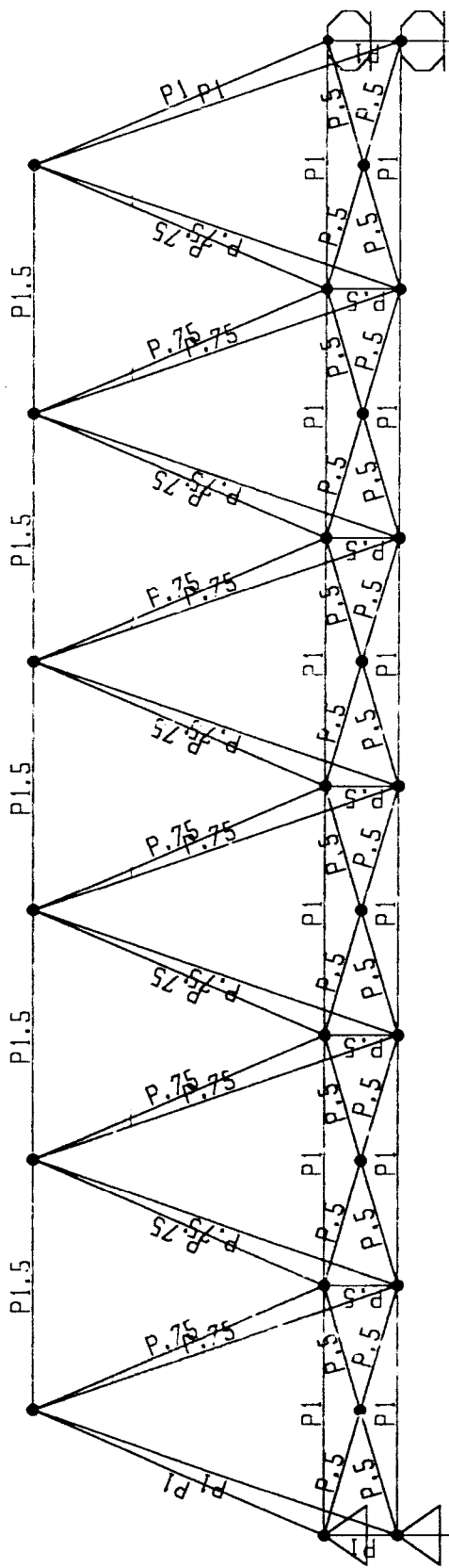


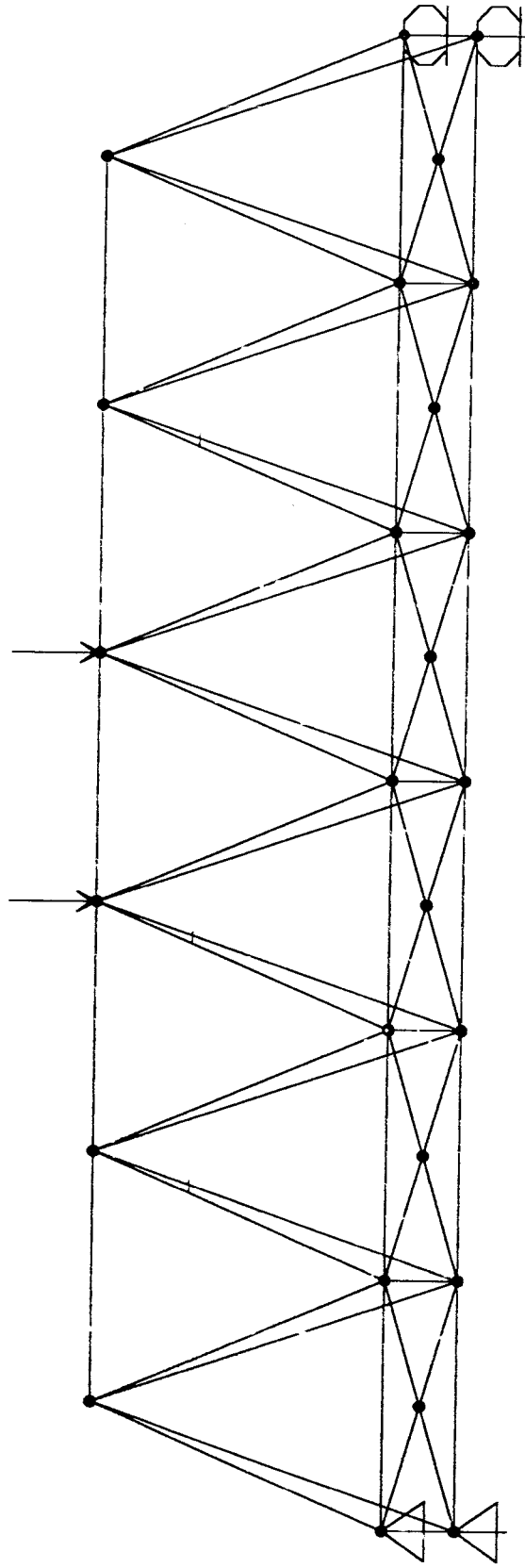
**Gambar L6.16** Grafik hubungan Momen-kelengkungan antara hasil pengujian dengan analisis SAP 2000

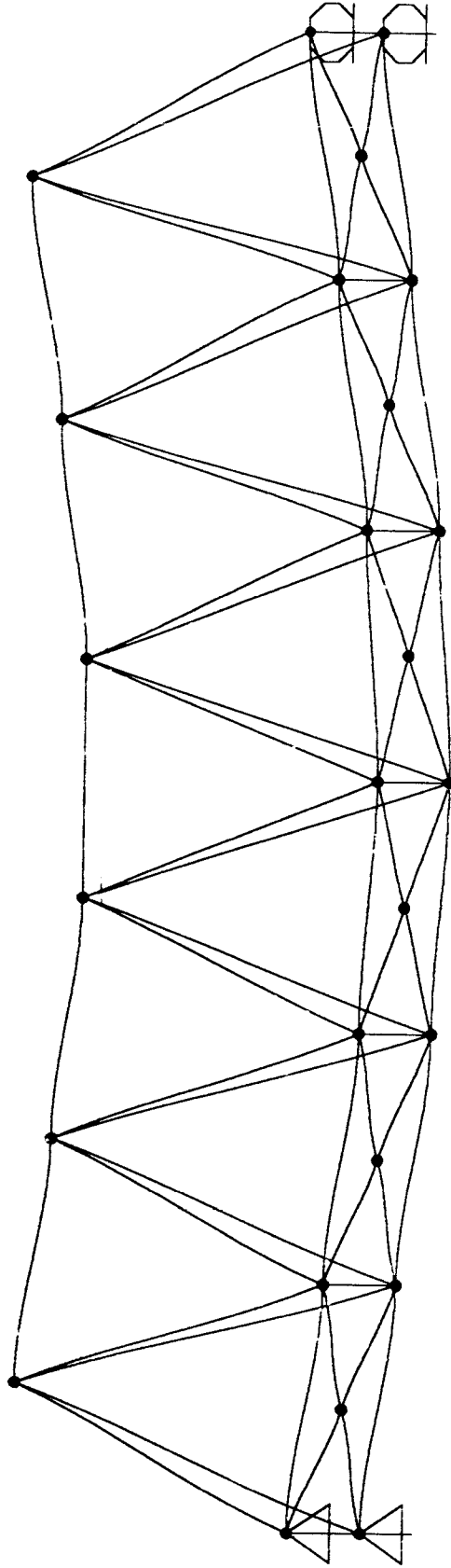
LAMPIRAN  
VII

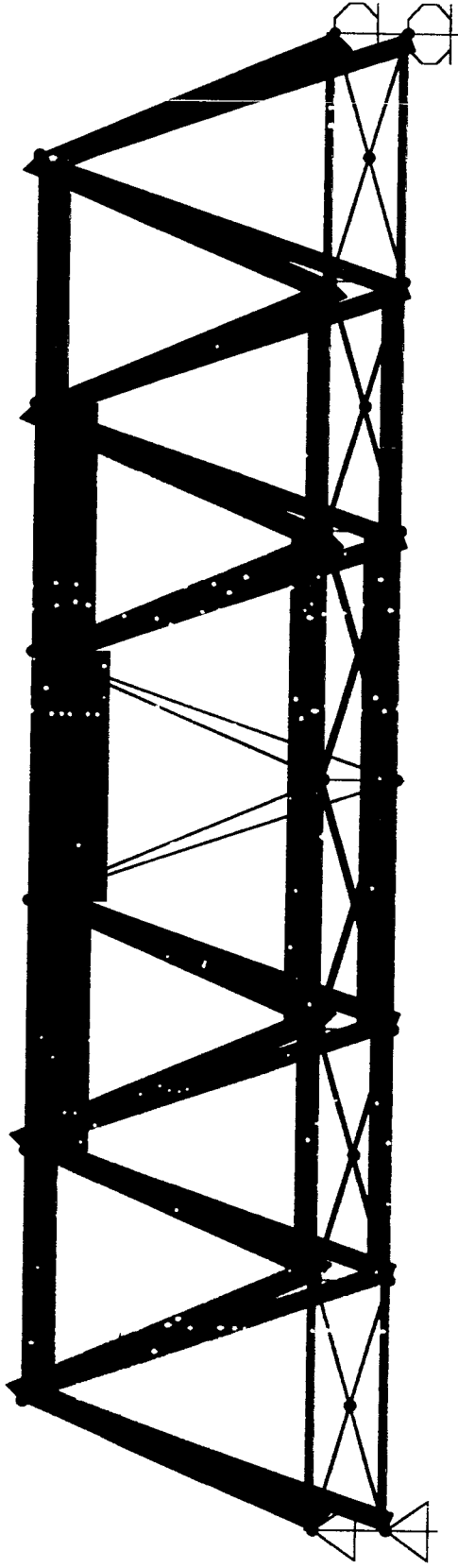


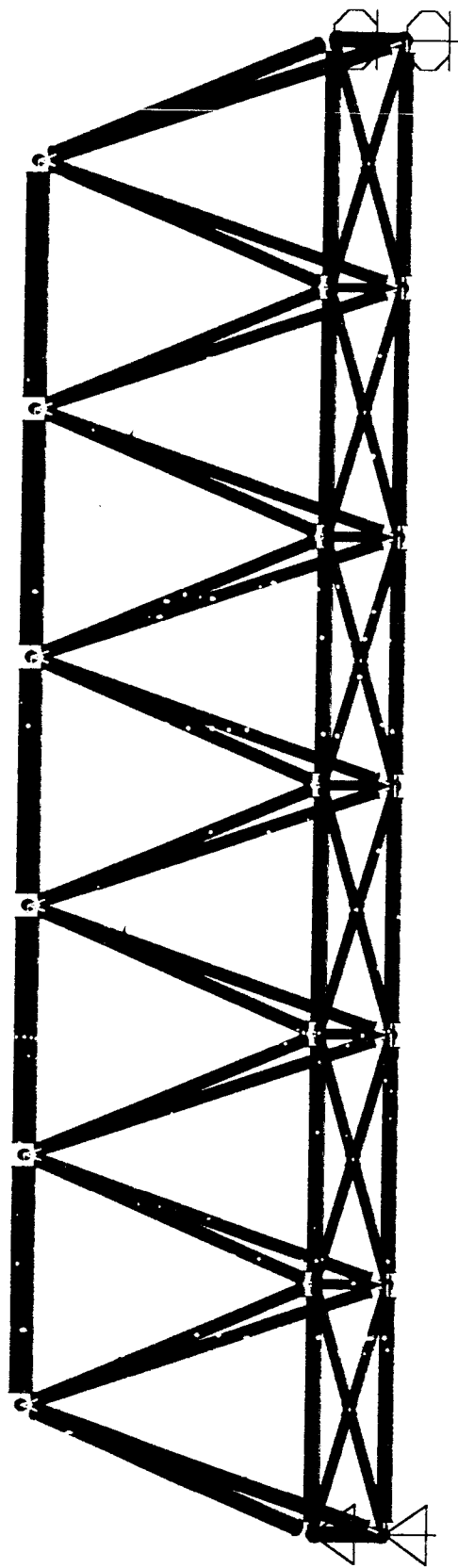


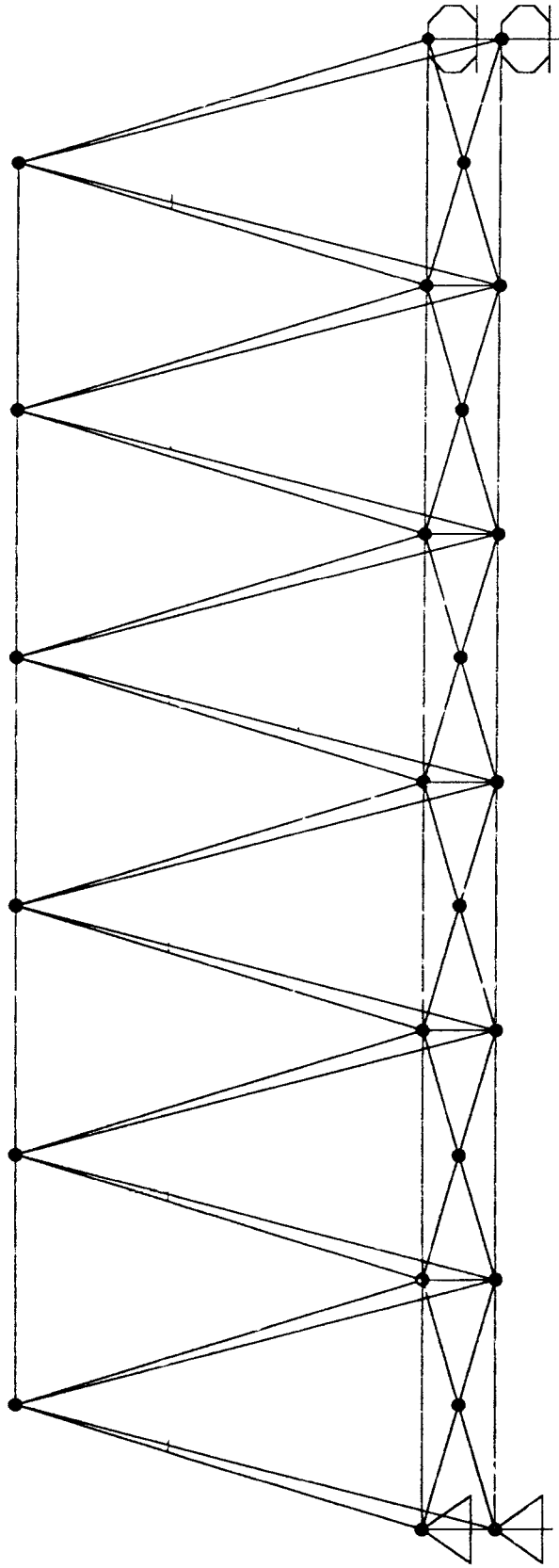




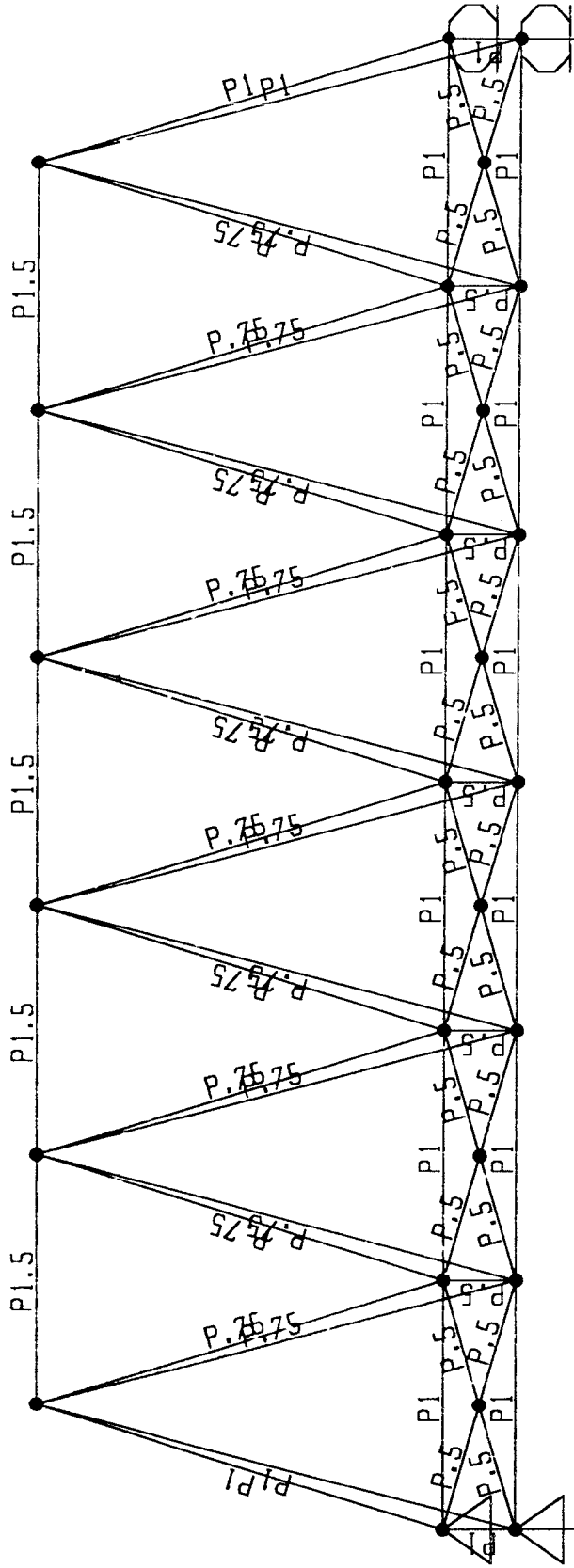




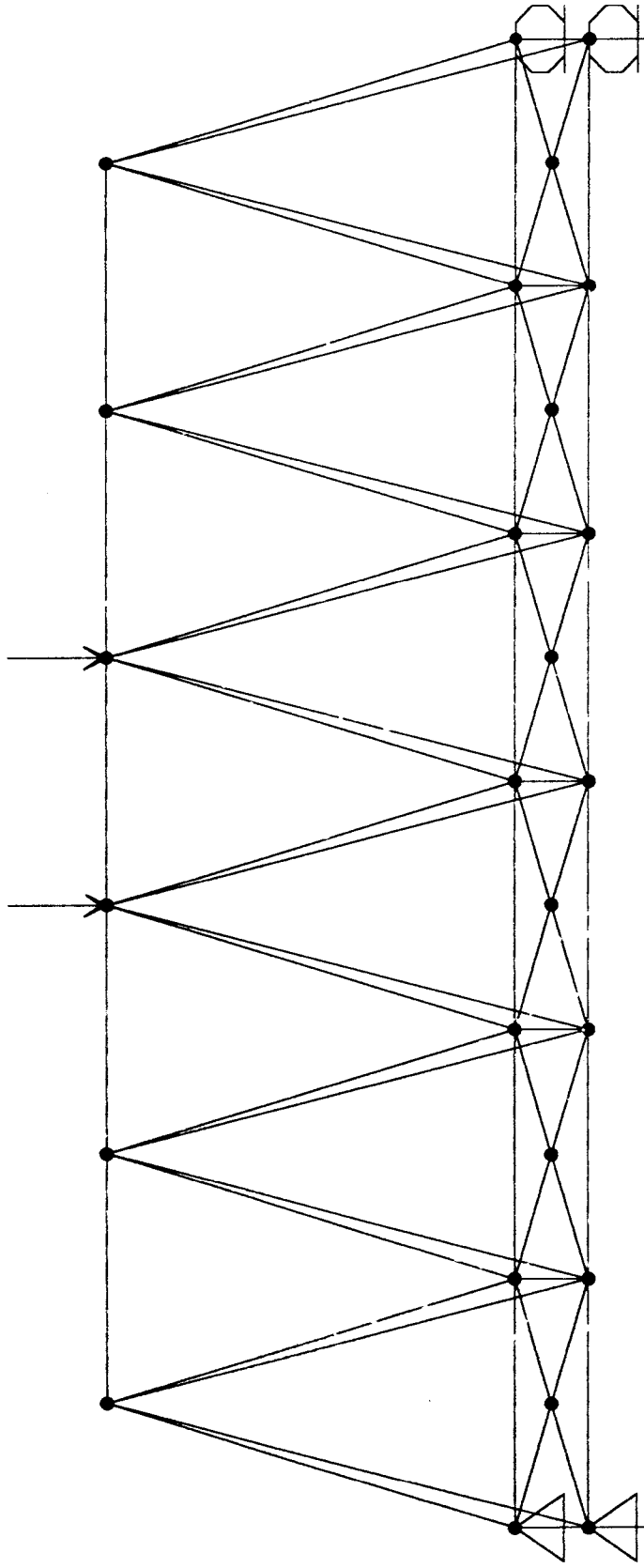




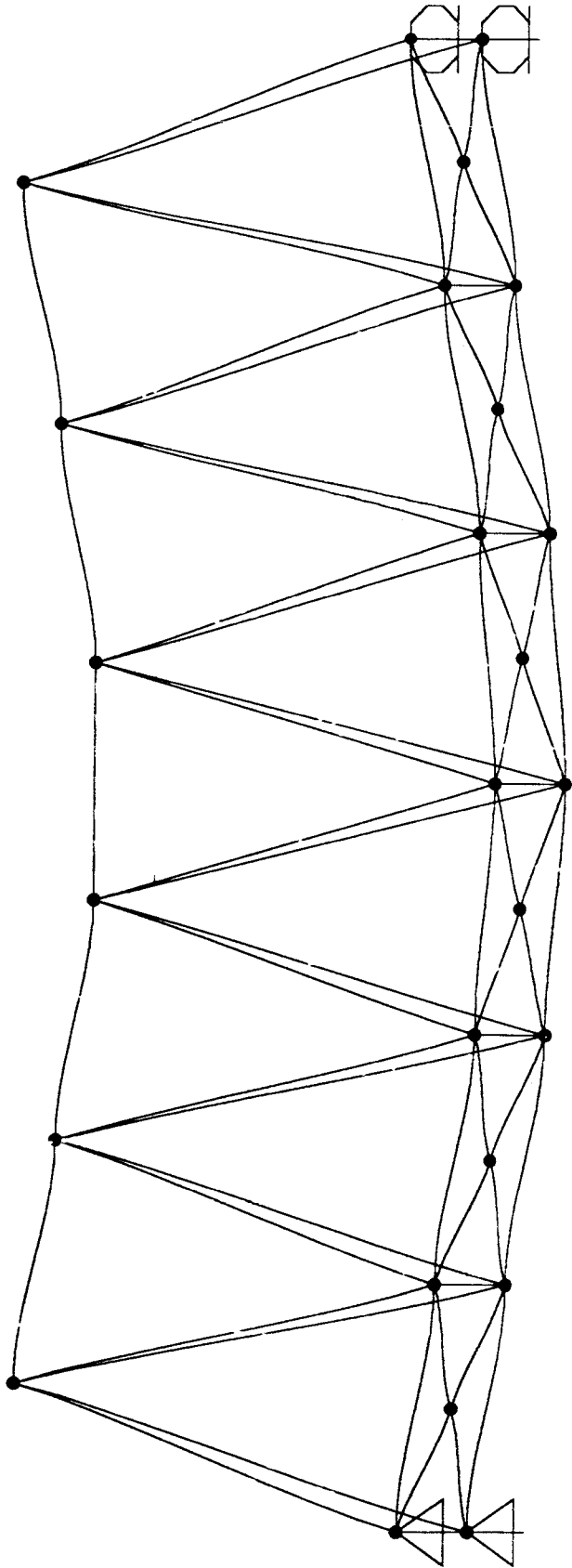
DETAILED VIEW

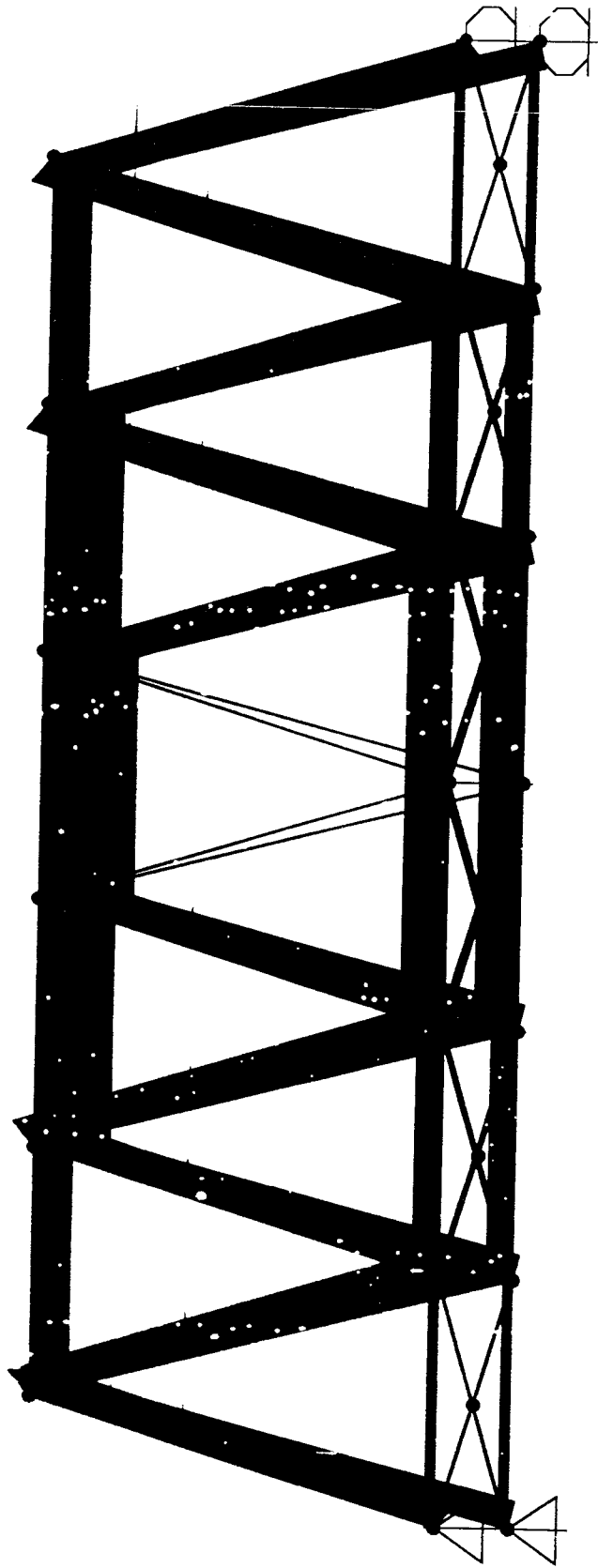


00112000

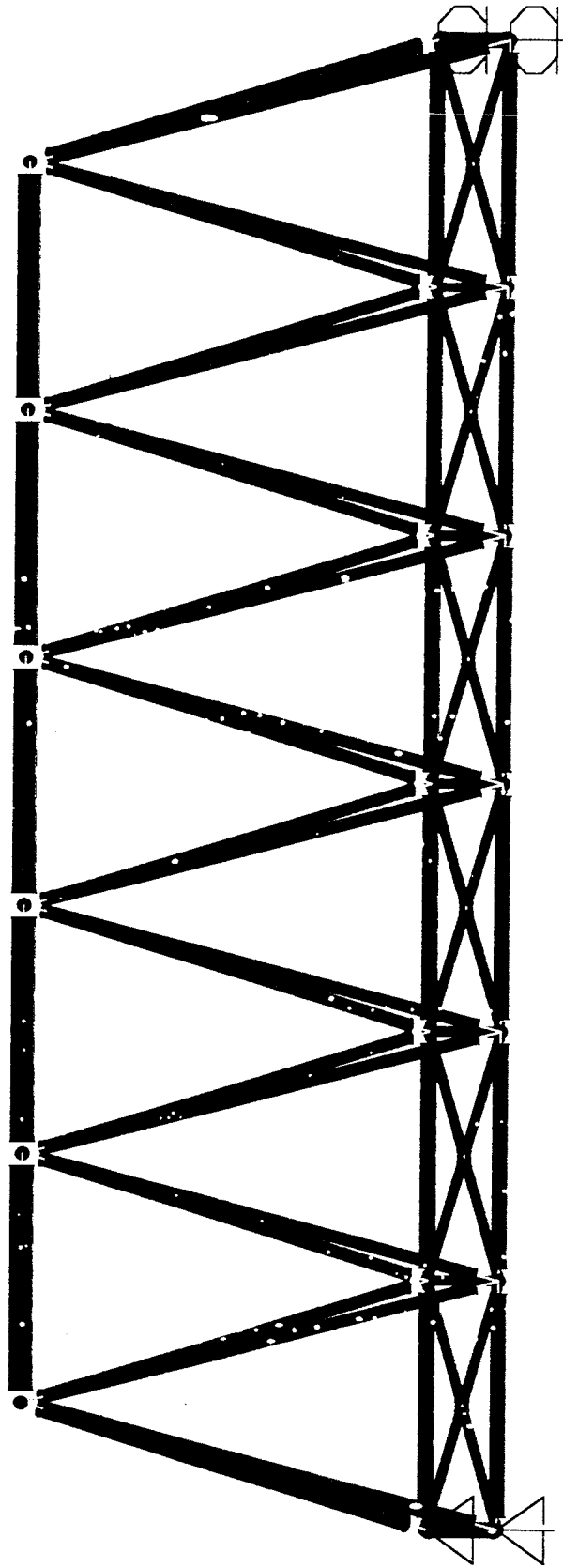


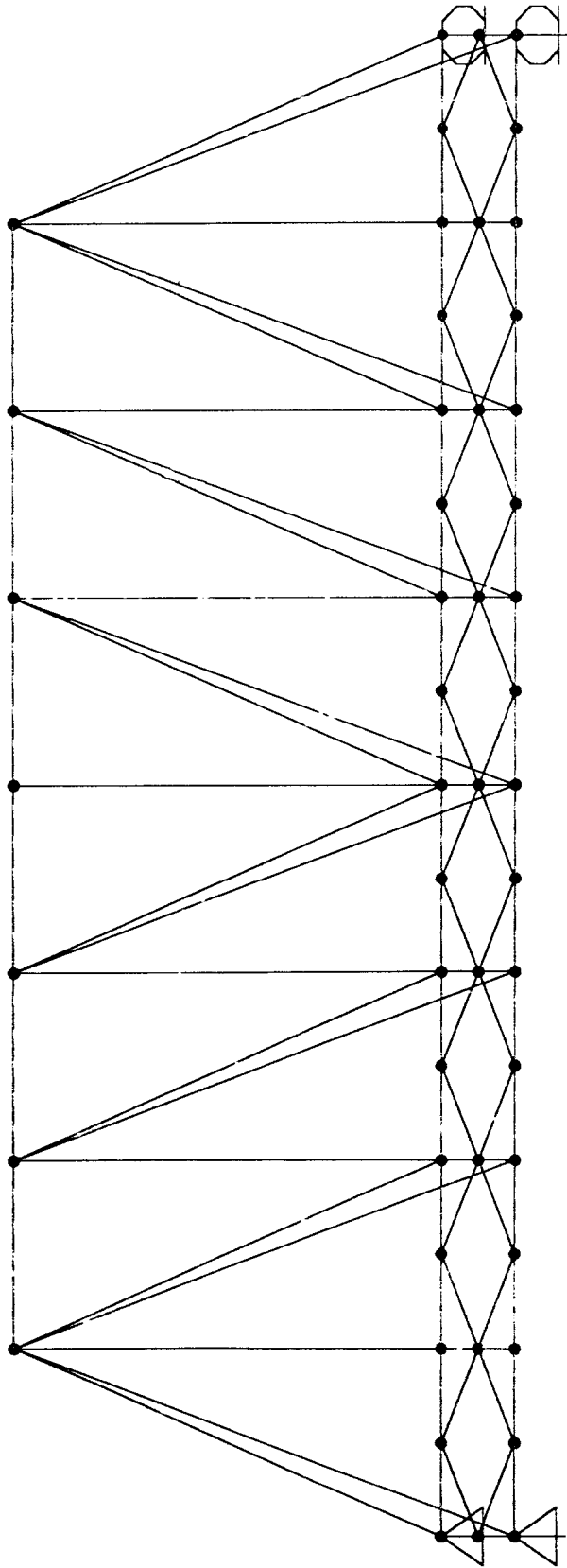


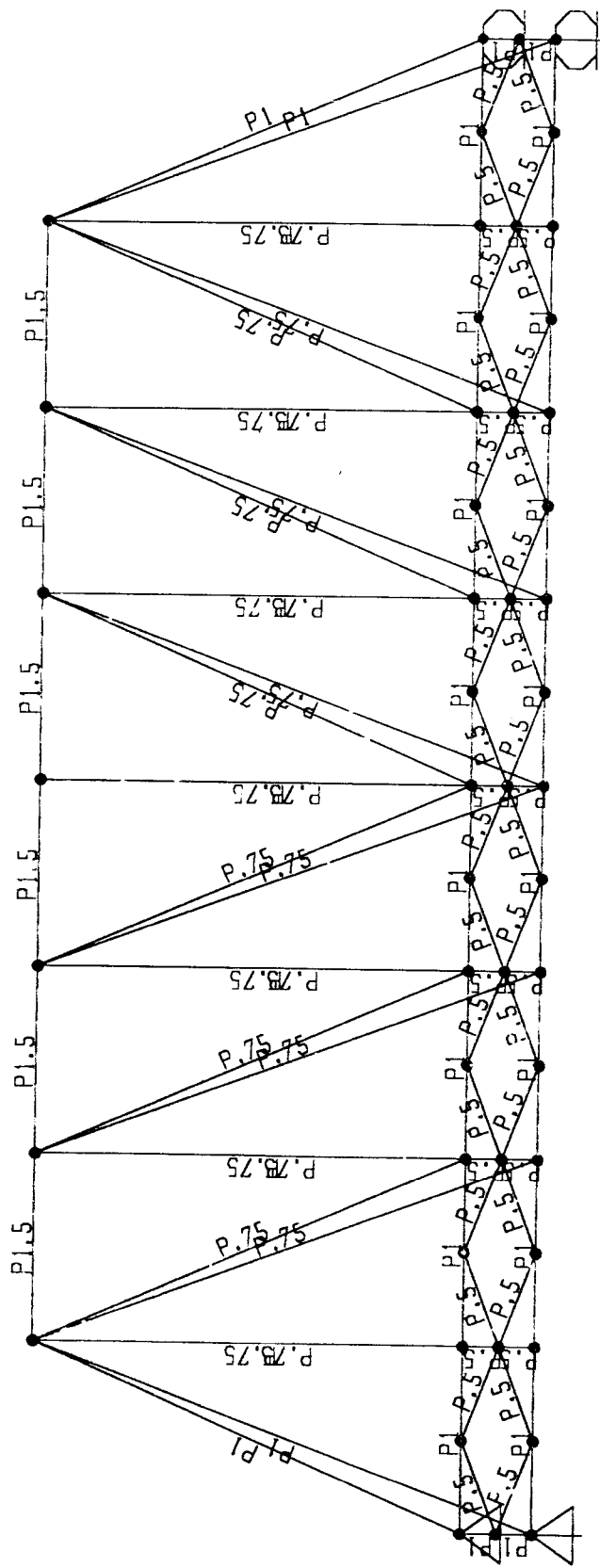


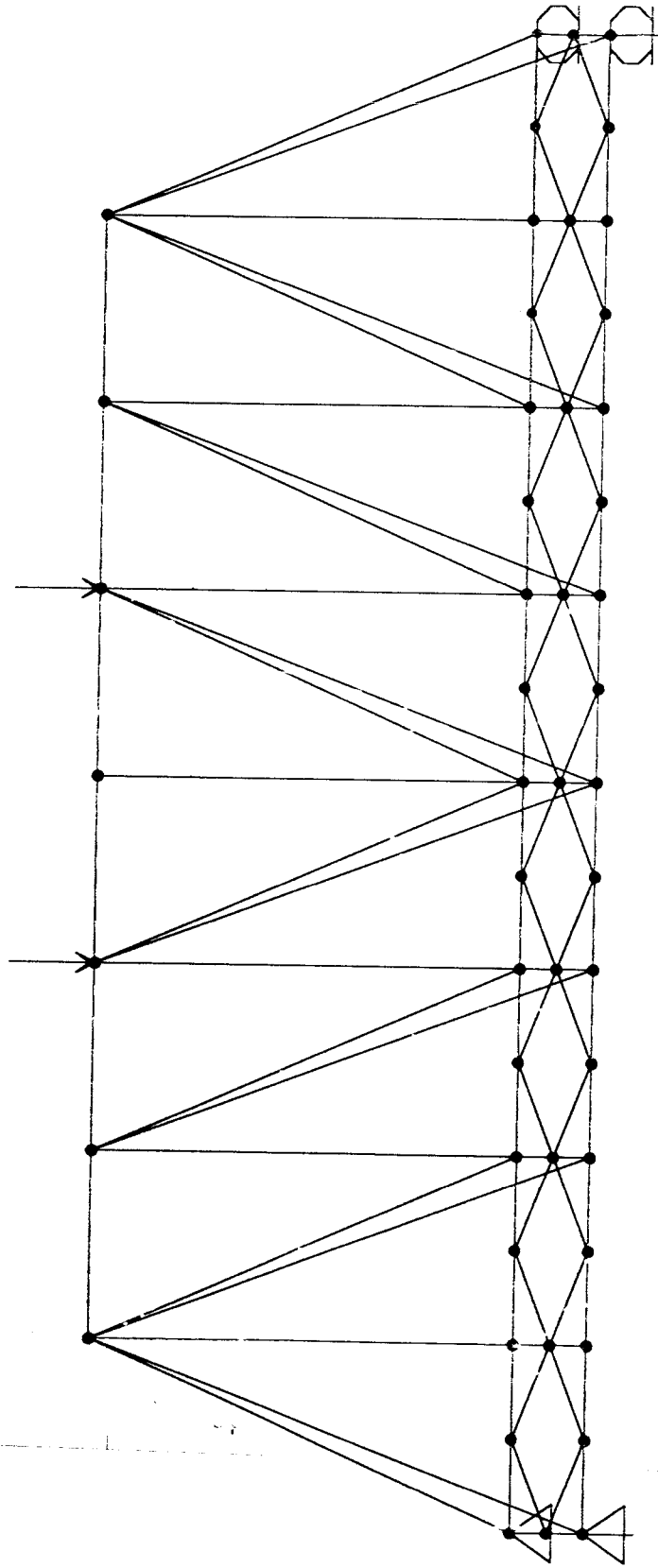


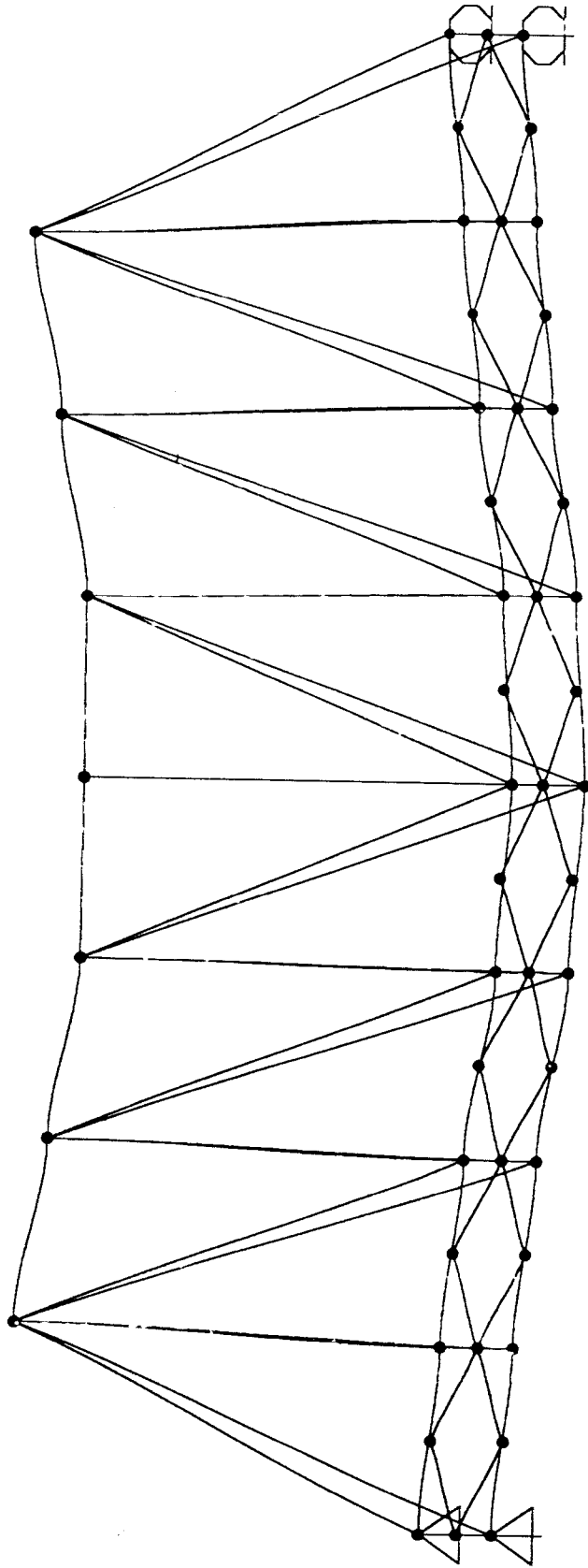
DAFZUUU

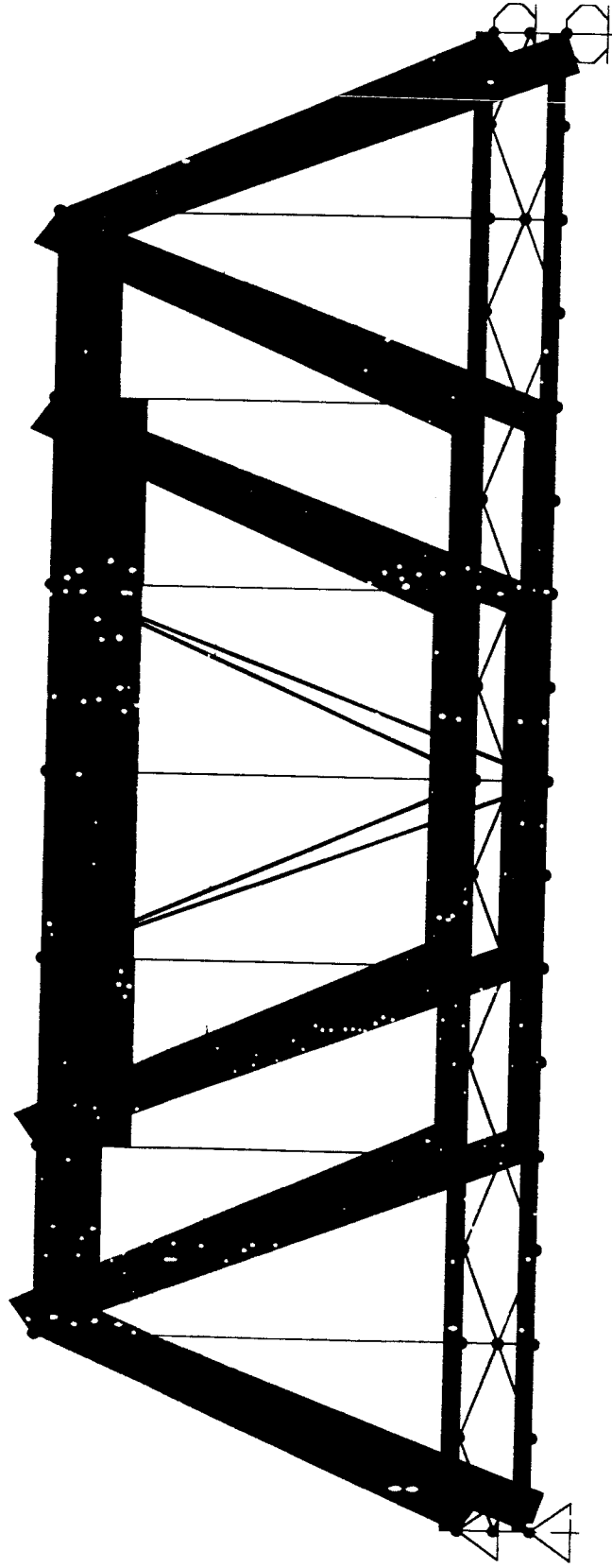




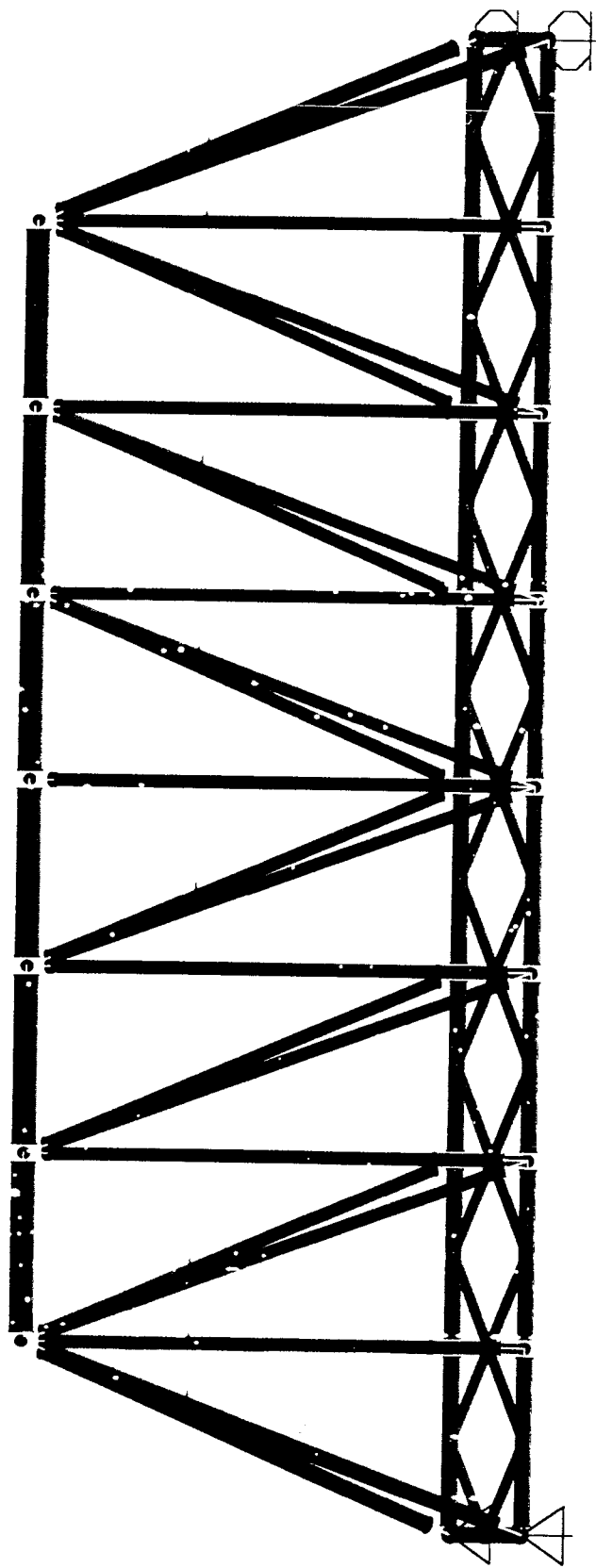


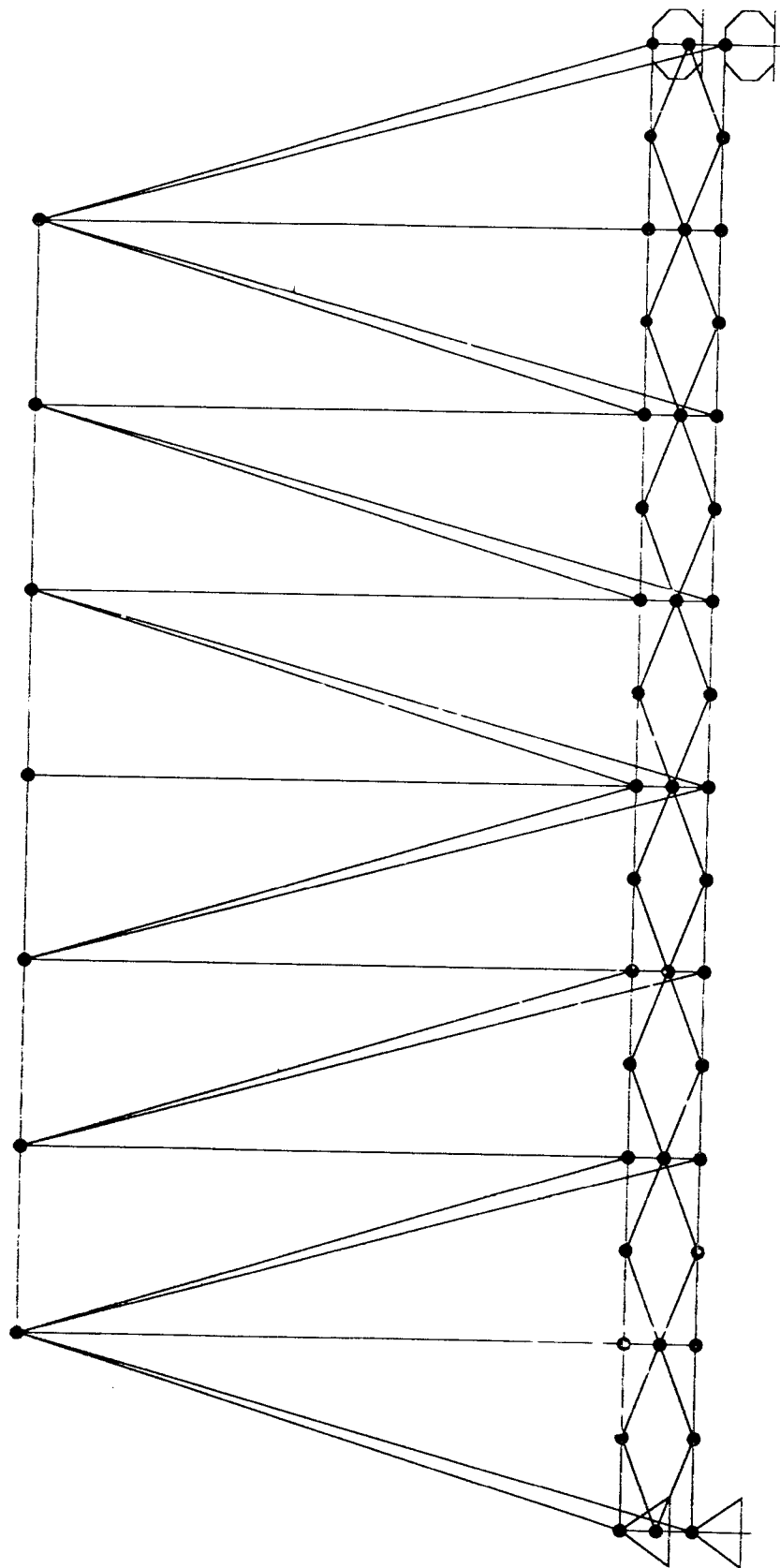


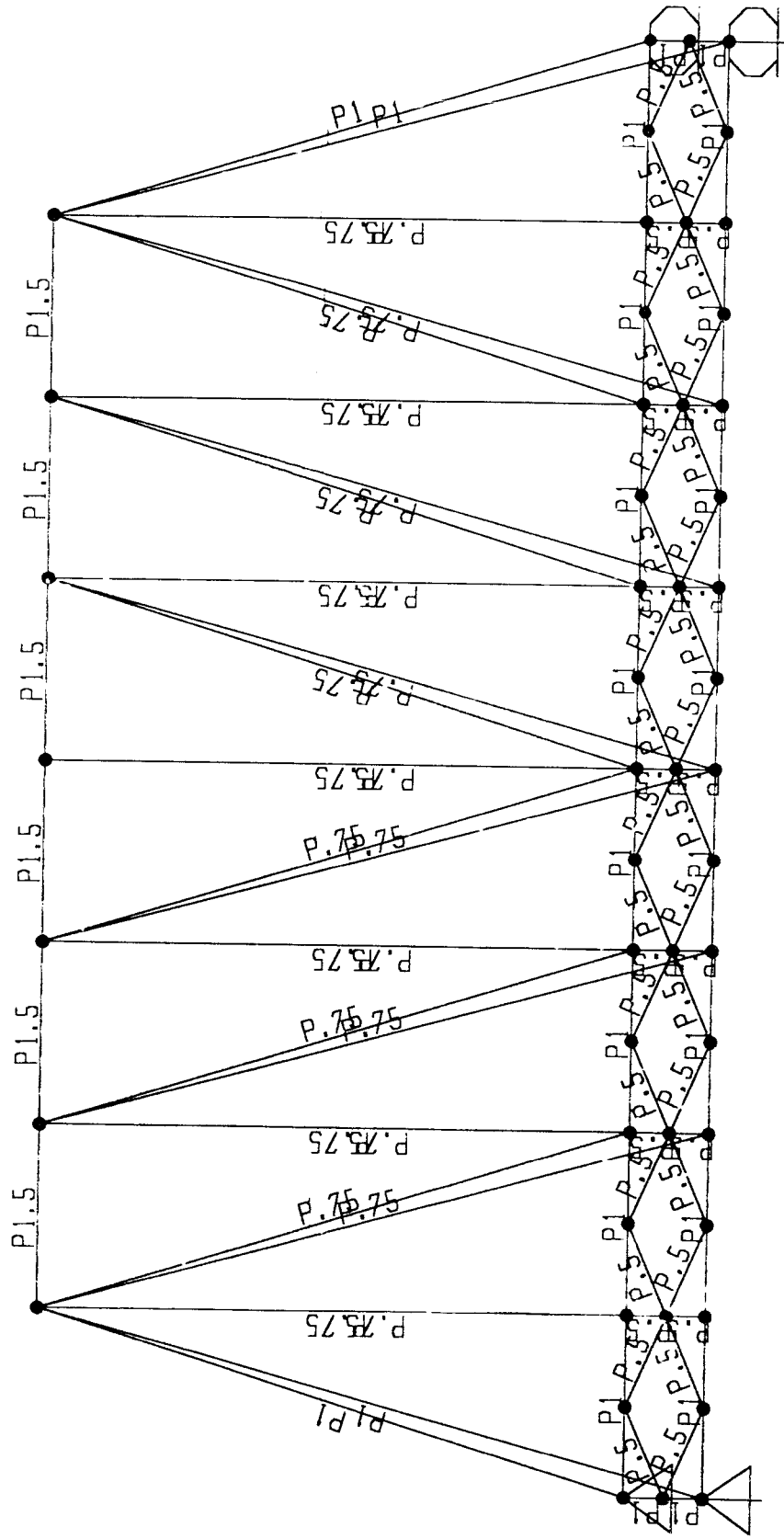


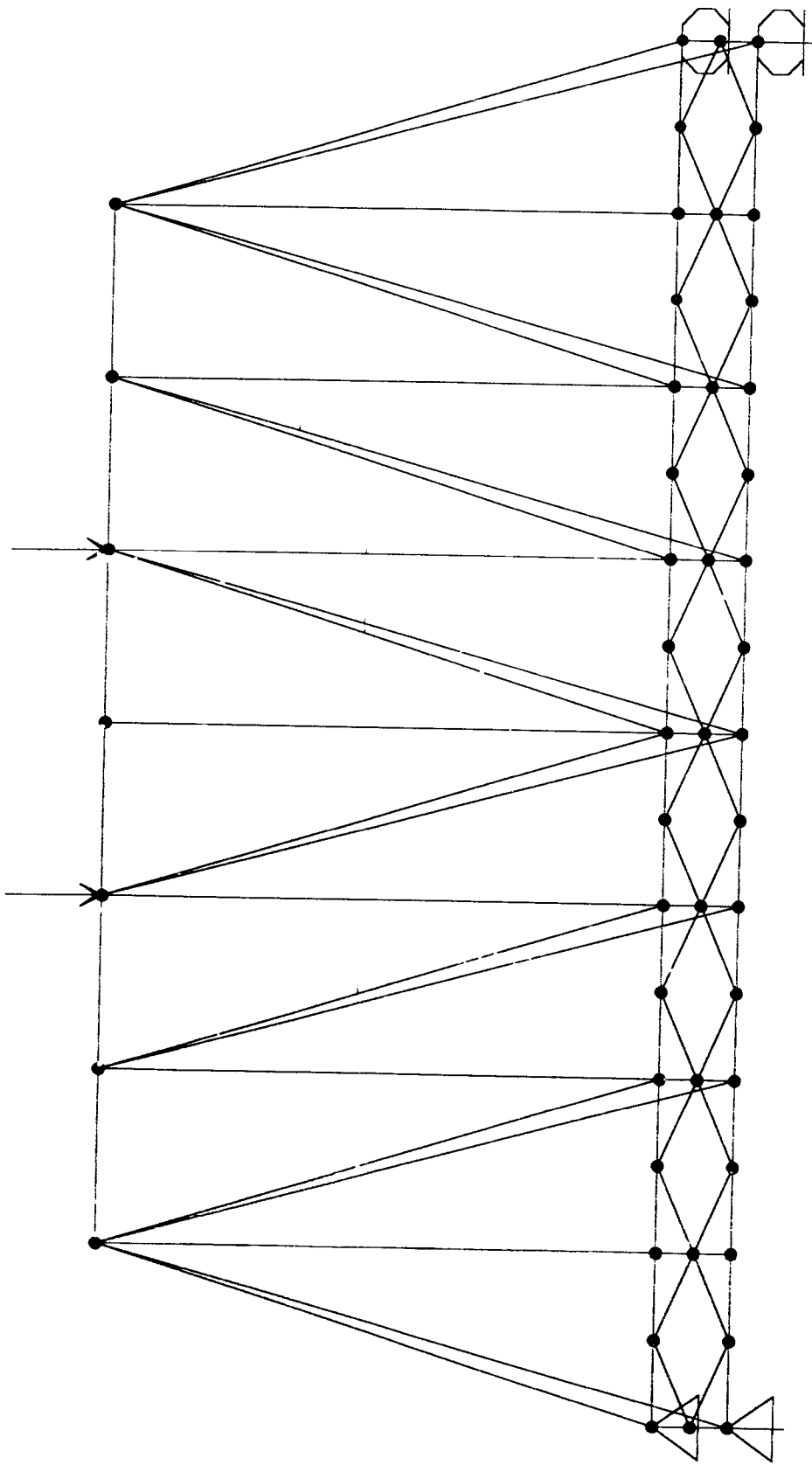


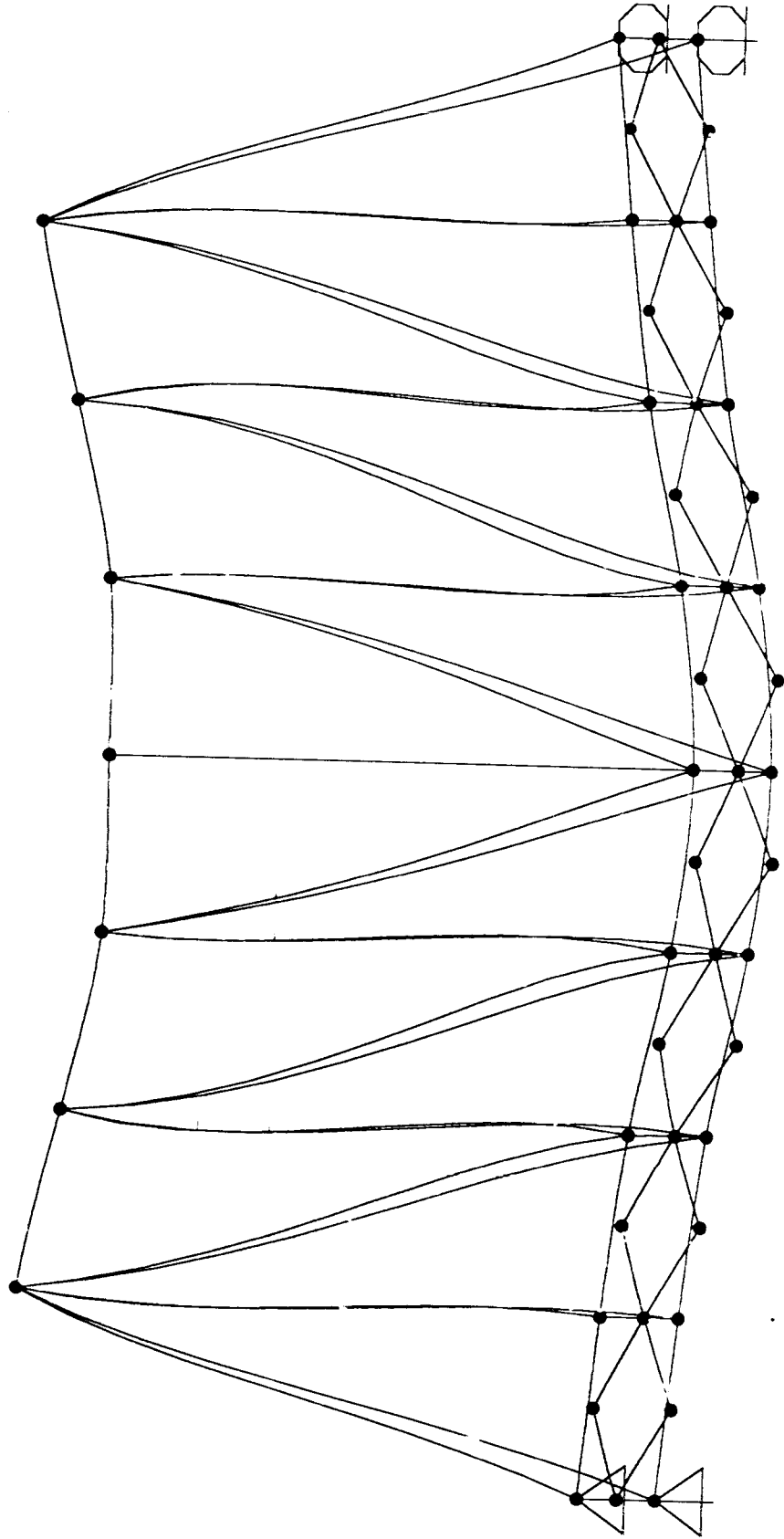


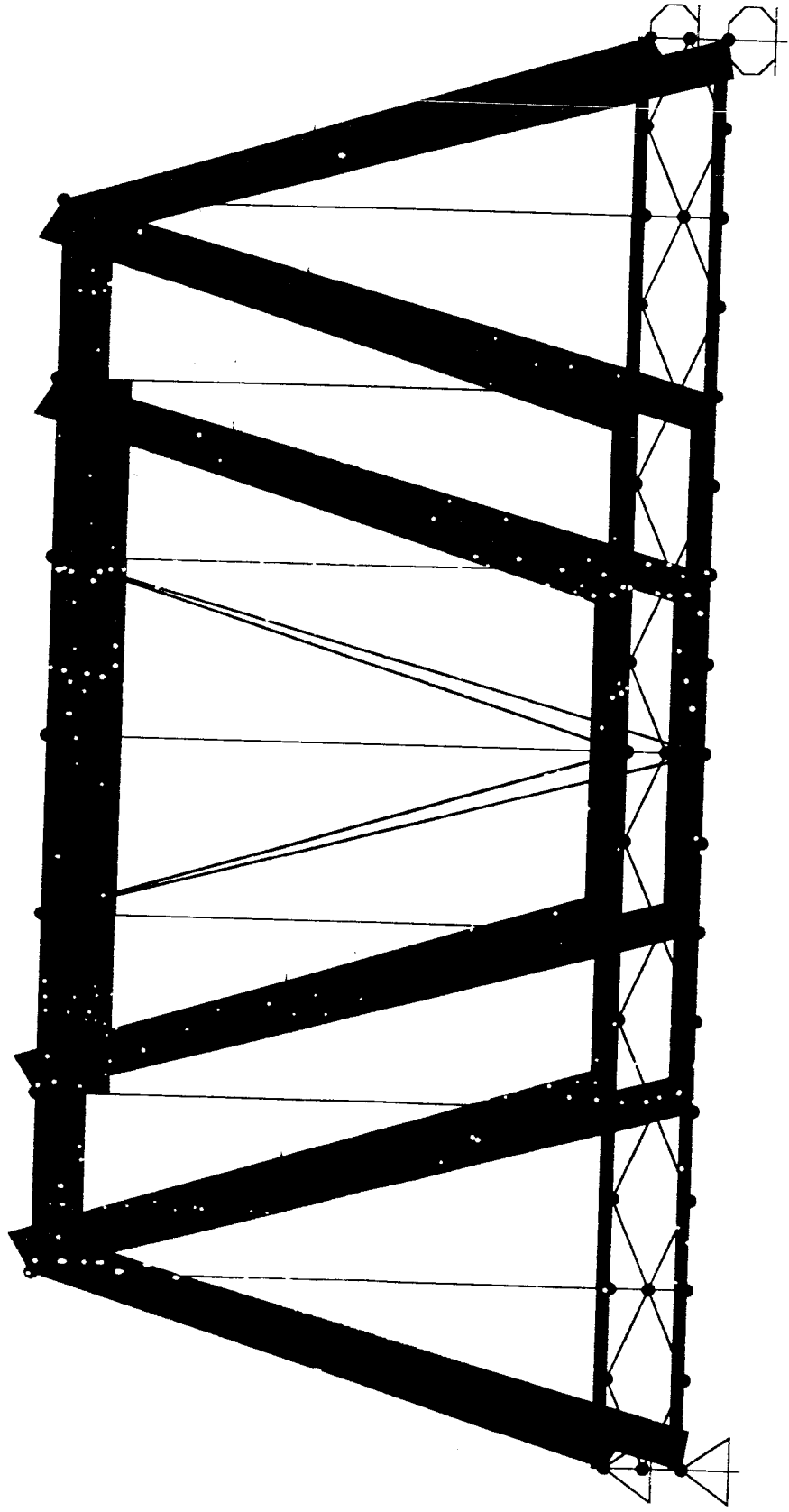




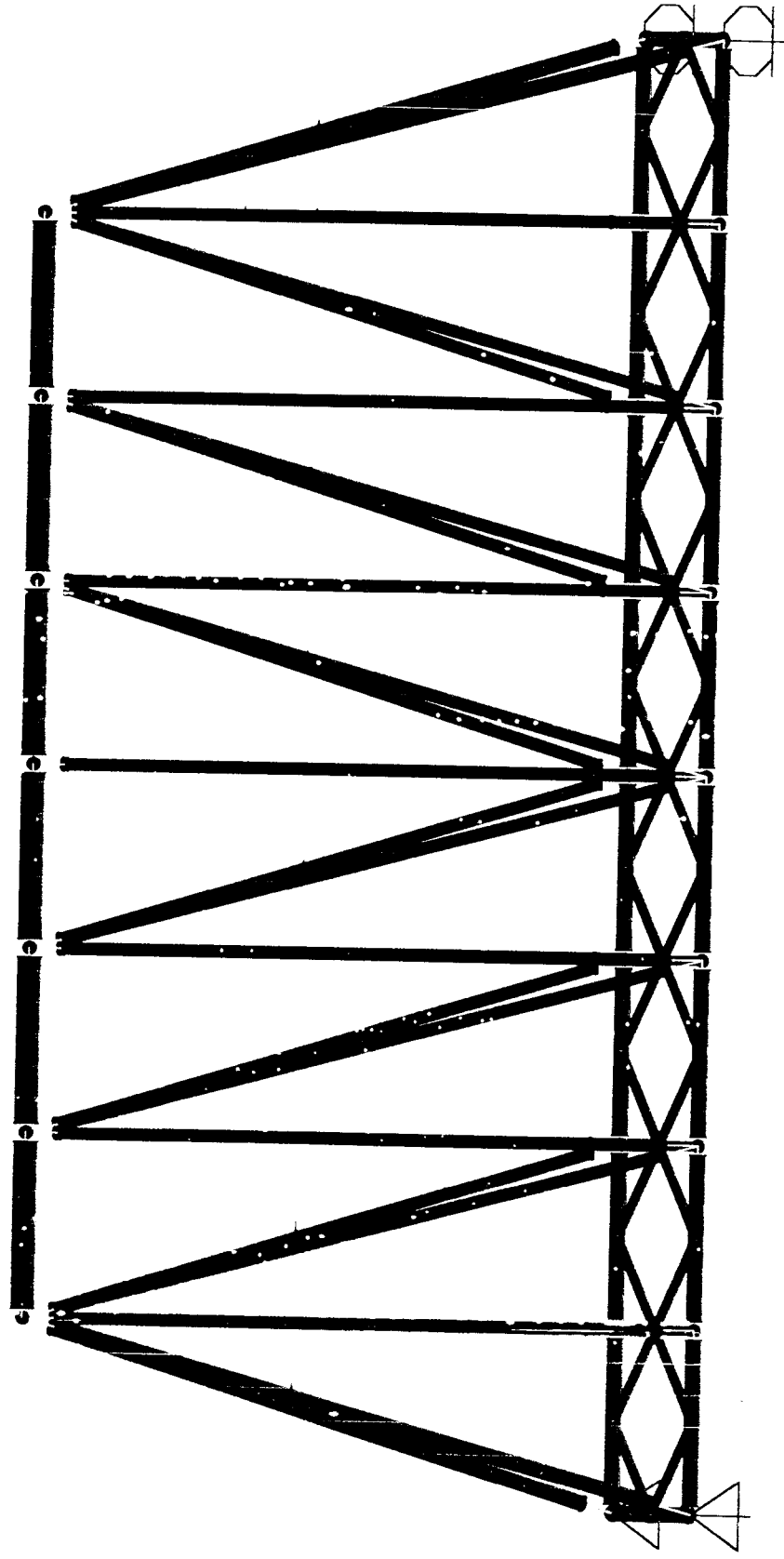








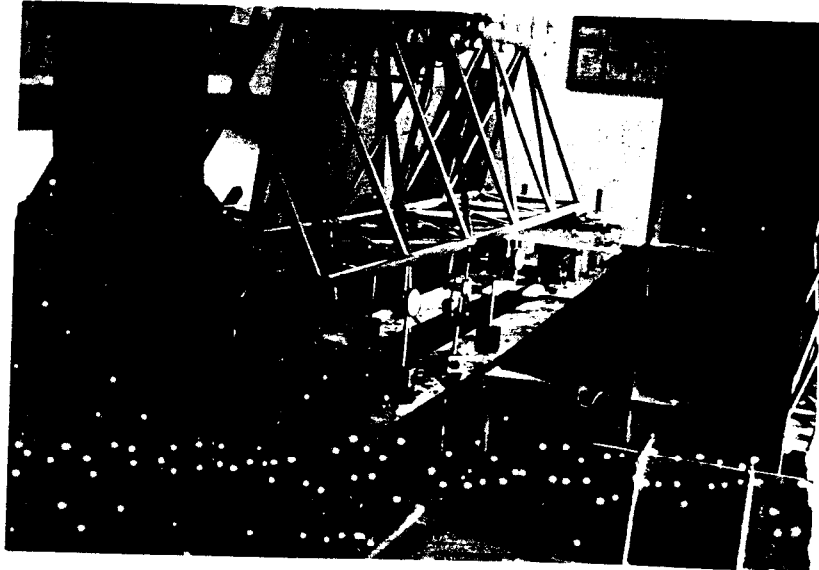
SAP2000 v7.42 - File: BENDA UJI IV - Axial Force Diagram (MATI) - KN-cm Units



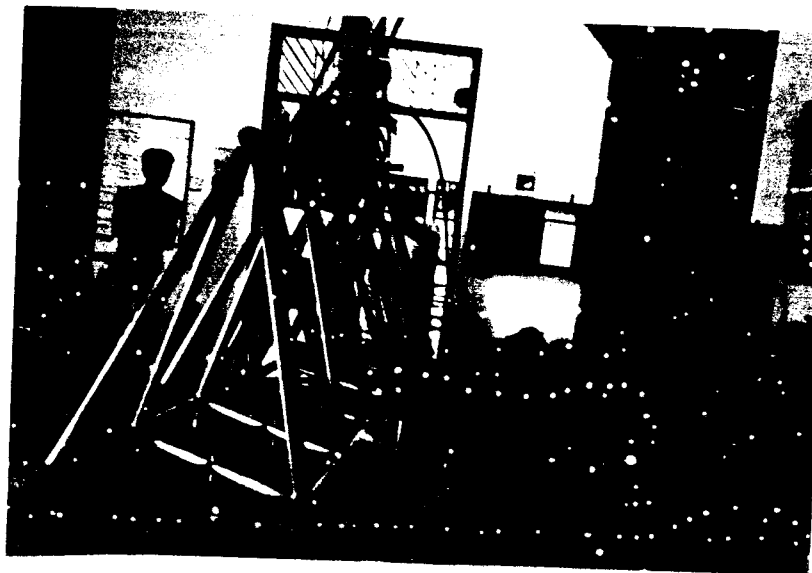
LAMPIRAN  
VIII



**DOKUMENTASI PADA WAKTU PELAKSANAAN PENGUJIAN KUAT  
LENTUR STRUKTUR RANGKA BAJA RUANG SEGITIGA DI  
LABORATORIUM STRUKTUR FTSP-UH**



**Gambar L8.1** Penyetelan Benda Uji yang akan diuji



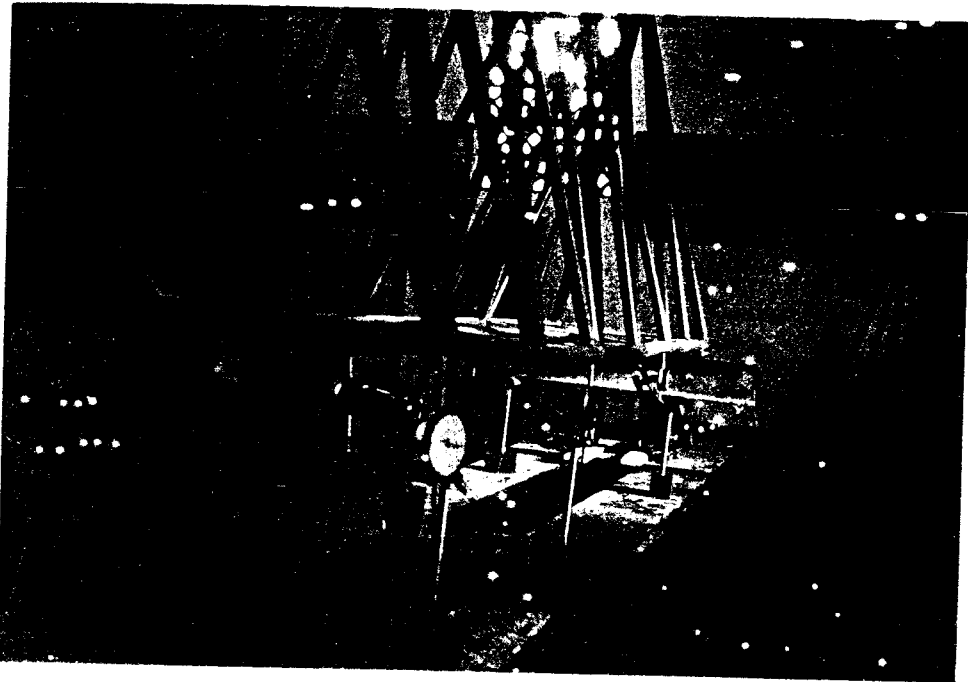
**Gambar L8.2** Benda Uji I setelah diuji dengan beban maksimum



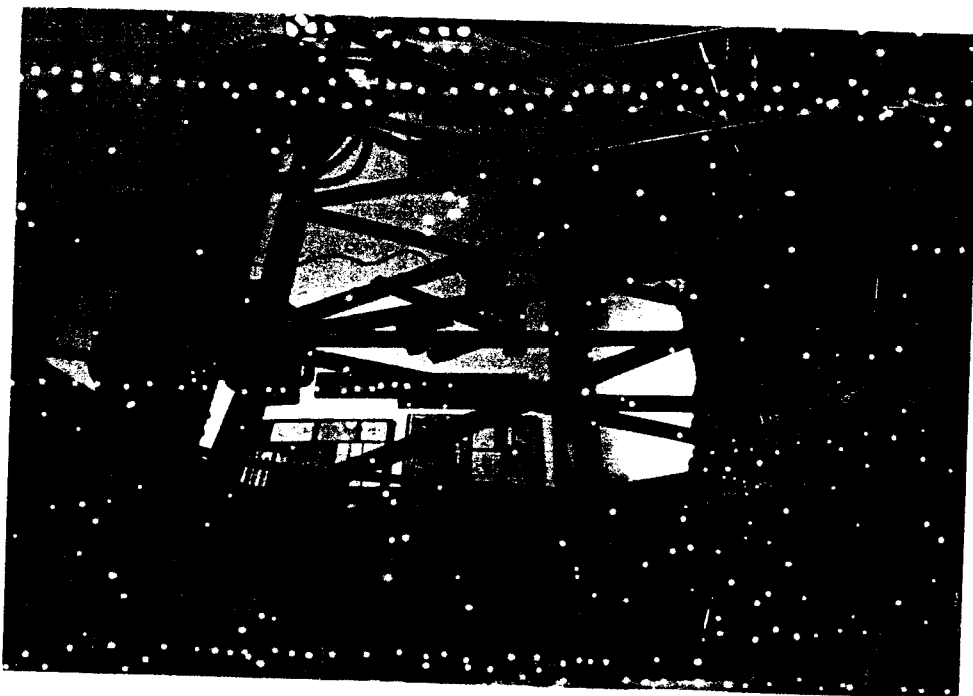
Gambar L8.3 Kerusakan pada Benda Uji I setelah diuji



Gambar L8.4 Pembebanan pada Benda Uji II yang akan diuji



Gambar L8.5 Benda Uji III setelah diuji dengan beban maksimum



Gambar L8.6 Benda Uji IV setelah diuji dengan beban maksimum